


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель направления
ДОЦ, К.Т.Н., ДОЦ.

В.К. Пonomарев
(подпись)
«20» __05__ 2019 г.,
(должность, уч. степень, звание)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Микромеханические приборы и устройства»
(название дисциплины)

Код направления	24.05.06
Наименование направления	Системы управления летательными аппаратами
Наименование направленности	Приборы систем управления летательных аппаратов
Форма обучения	очная

Лист согласования рабочей программы дисциплины

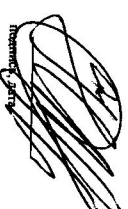
Программу составил(а)
ДОЦ, К.Т.Н.
должность, уч. степень, звание


подпись, дата

Н.А. Овчинникова
инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13
«20» __05__ 2019 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой № 13
К.Т.Н.
должность, уч. степень, звание


подпись, дата

Н.А. Овчинникова
инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 24.05.06(01)

ДОЦ, К.Т.Н., ДОЦ.
должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.К. Пonomарев
инициалы, фамилия

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

ассистент
должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.Е. Таратун
инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2019г.

Дисциплина «Микроэкономические приборы и устройства» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки студентов по направлению «24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» направленность «Приборы систем управления летательных аппаратов». Дисциплина реализуется кафедрой №13.

Целью дисциплины «Микроэкономические приборы и устройства» является изучение принципов построения, проектирования и изготовления микроэкономических приборов и устройств, обладающих уникальными массогабаритными и стоимостными характеристиками, ознакомление с областями их применения и перспективами развития.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника общепрофессиональных компетенций:

ОПК-3 «способность использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить основные теории и концепции, границы их применимости»;

профессиональных компетенций:

ПК-3 «способность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований»;

ПК-6 «способность подготовить научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований»;

ПК-7 «способность разрабатывать планы, программы и методики испытания приборов, систем и комплексов по соответствующему профилю деятельности, подготавливать отдельные задания для исполнителей»;

ПК-8 «способность на основе системного подхода разрабатывать технические условия и технические описания принципов действия и устройства проектируемых комплексов, их систем и элементов с обоснованием принятых технических решений»;

ПК-11 «способность разрабатывать варианты решения проблемы, проводить системный анализ этих вариантов, определять комплексные решения в условиях многокритериальности, неопределенности и с целью планирования реализации проекта»;

профессионально-специализированных компетенций:

ПК-4 «способность создавать методику и проводить комплекс испытаний, а также опытной эксплуатации приборов и датчиков систем управления летательных аппаратов».

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

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 дисциплины «Микроэкономические приборы и устройства» является изучение принципов построения, проектирования и изготовления микроэкономических приборов и устройств, обладающих уникальными массогабаритными и стоимостными характеристиками, ознакомление с областями их применения и перспективами развития.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соответствующих с планируемым результатам освоения образовательной программы В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

ОПК-3 «способность использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить основные теории и концепции, границы их применимости»;

знать – основные положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук;

уметь – использовать полученные знания при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить основные теории и концепции, границы их применимости; владеть навыками – в области математических расчетов, применяемых для решения профессиональных задач;

иметь опыт деятельности - в исследовании отдельных функциональных узлов микроприборов и акселерометров и приборов в целом.

ПК-3 «способность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований»;

знать – цели и задачи, решаемые в процессе проведения научных исследований;

уметь – составлять планы научных исследований и определять круг решаемых задач; владеть навыками – выполнения научных исследований;

иметь опыт деятельности разработки практических рекомендаций по использованию результатов научных исследований;

ПК-6 «способность подготовить научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований»;

знать – требования, предъявляемые к технической документации и научной публикации, определяемые государственными стандартами и издательствами научной литературы;

уметь – оформлять результаты научной работы с учетом требований, определяемых государственными стандартами и издательствами научной литературы;

владеть навыками - подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикации по результатам выполненных исследований;

иметь опыт деятельности при оформлении результатов научной работы;;

ПК-7 «способность разрабатывать планы, программы и методики испытания приборов, систем и комплексов по соответствующему профилю деятельности, подготавливать отдельные задания для исполнителей»;

знать - цели и задачи, решаемые в процессе испытания приборов, систем и комплексов; уметь - разрабатывать планы, программы и методики испытания приборов, систем и комплексов;

владеть навыками – испытания приборов и систем;

иметь опыт деятельности – в области экспериментальных исследований;;

ПК-8 «способность на основе системного подхода разрабатывать технические условия и технические описания принципов действия и устройства проектируемых комплексов, их систем и элементов с обоснованием принятых технических решений»:

знать – Государственные стандарты формирования технические условия и технических описаний принципов действия и устройств;
 уметь - разрабатывать технические условия и технические описания принципов действия и устройств гироскопической техники;
 владеть навыками - обоснования принятых технических решений;
 иметь опыт деятельности - в разработке устройств гироскопической техники;

ПК-11 «способность разрабатывать варианты решения проблемы, проводить системный анализ этих вариантов, определять комплексные решения в условиях многокритериальности, неопределенности и с целью планирования реализации проекта»:

знать – основы теории микроэлектронных гироскопов и акселерометров и существо задач подлежащих решению при их проектировании;

уметь - разрабатывать варианты решения задач проектирования, проводить системный анализ этих вариантов, определять комплексные решения;
 владеть навыками – комплексного проектирования микроэлектронных гироскопов и акселерометров;
 иметь опыт деятельности – в области проектирования гироскопических приборов и систем;

ПСК-4-4 «способность создавать методику и производить комплекс испытаний, а также опытной эксплуатации приборов и датчиков систем управления летательных аппаратов»:

знать – Государственные стандарты на нормативные документы, техническую документацию;
 уметь - разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию, а также предложения и мероприятия по реализации разработанных проектов и программ;

владеть навыками - работы с Государственными стандартами;
 иметь опыт деятельности - использования Государственных стандартов при разработке технической документации.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- Введение в специальность;
- Математика;
- Теоретическая механика;
- Физика;
- Электроника;
- Технология приборостроения;
- Гироскопические приборы и системы;
- Основы моделирования приборов и систем.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при подготовке при подготовке выпускной квалификационной работы специалиста.

3. Объем дисциплины в ЭК/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам		
		№9	3	
1	2		3	
Общая трудоемкость дисциплины, ЭК/(час)	4/ 144		4/ 144	
Аудиторные занятия, всего час., в том числе	51		51	
лекции (Л), (час)	34		34	
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)				
лабораторные работы (ЛР), (час)	17		17	
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)				
Экзамен, (час)	36		36	
Самостоятельная работа, всего, (час)	57		57	
Вид промежуточной аттестации	Экз.		Экз.	

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.
 Таблица 2 – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Семестр 9				
	Лекции (час)	ПЗ (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Раздел 1. Микроэлектронные датчики и актуаторы	4				4
Тема 1.1. Датчики давления					
Тема 1.2. МЕМС - датчики магнитного поля					
Тема 1.3. МЕМС – актуаторы					

Раздел 2. Теоретические основы микроэлектронных гироскопов (ММГ) и акселерометров (ММА)	8	6	13
Тема 2.1 Основные структуры и модели динамики ММГ, RR и R типов			
Тема 2.2 Основные схемы и принципы функционирования ММГ			
Тема 2.3 Основные схемы и принципы функционирования микроэлектронных акселерометров			
Тема 2.4 Статика и динамика ММГ и ММА.			
Тема 2.5 Основные технологические процессы производства ММГ и ММА			
Раздел 3. Микроэлектронные интегральные модули и системы ориентации и навигации	8	3	13
Тема 3.1 Микроэлектронные интегральные модули			
Тема 3.2 Микроэлектронные системы ориентации и навигации			
Раздел 4. Элементная база и основы технологии производства ММГ и ММА	10	6	16
Тема 4.1 Элементная база ММГ и ММА			
Тема 4.2 Характеристики материалов используемых при производстве ММГ и ММА			
Тема 4.3 Основные технологические процессы производства ММГ и ММА			
Раздел 5. Методики экспериментальных исследований характеристик ММГ и ММА.	4	2	11
Итого в семестре:	34	17	57
Итого:	34	17	57

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Микроэлектронные датчики и актуаторы</p> <p>Тема 1.1. Датчики давления</p> <p>Датчики давления прямого преобразования. Анизотропия электрического сопротивления полупроводниковых тензорезисторов. Топология тензорезисторов. Чувствительность тензорезистивных схем. Демпфирование колебаний. Динамика колебаний и перелаточные функции. Датчики давления компенсационного типа. Датчики с электростатической обратной связью. Датчики с магнитоэлектрической обратной связью.</p> <p>Тема 1.2 МЕМС - датчики магнитного поля</p> <p>Свойства проводимости металлических пленок. Топология магниторезисторов. Чувствительность магниторезисторов. Схемотехника преобразователей. 3 – осевые магнитометры. Преобразование базисов магнитных измерений. МЕМС – компасы.</p> <p>Тема 1.3 МЕМС – актуаторы</p> <p>Назначение. Область применения. Цифровое микрозеркальное устройство (ДМЗ). Принцип действия, топология. ДЛР – проекторы. Пьезоструйные актуаторы для принтеров. Микроэлектронные переключатели. Микротранспонтеры. Микротурбины. Микроинструменты для лазерной хирургии.</p>
2	<p>Раздел 2. Теоретические основы микроэлектронных гироскопов (ММГ) и акселерометров (ММА)</p> <p>Тема 2.1 Основные структуры и модели динамики ММГ, RR и R типов.</p> <p>Динамика взаимодействия первичных и вторичных колебаний ММГ, LL и RR типов. Волновые твердотельные гироскопы (ММГ R-типа).</p> <p>Тема 2.2. Основные схемы и принципы функционирования ММГ. Структурные схемы, передаточные функции, масштабные коэффициенты преобразования ММГ, LL, RR и R типов. Основные погрешности ММГ.</p> <p>Тема 2.3. Основные схемы и принципы функционирования микроэлектронных акселерометров (ММА).</p> <p>Классификация ММА (одномерные и двумерные, осевые и маятниковые, прямого преобразования и компенсационного типа).</p> <p>Тема 2.4 Статика и динамика ММГ и ММА.</p> <p>Модели динамики, структурные схемы, передаточные функции, масштабные коэффициенты преобразования, рабочая полоса частот, основные погрешности ММГ и ММА.</p>

	Тема 2.5. Основные технологические процессы производства ММГ и ММА. Обобщенный технологический процесс производства ММГ и ММА. Основные технологические операции производства, включающие: литографию, получение слоев различных материалов, травление, микросборочные операции, испытание изделий.
3	Раздел 3. Микромеханические инерциальные модули и системы ориентации и навигации Тема 3.1 Микромеханические инерциальные модули. Назначение, функциональность, основные элементы, основные характеристики. Тема 3.2 Микромеханические системы ориентации и навигации. Назначение, функциональность, принцип построения, основные характеристики.
4	Раздел 4. Элементная база и основы технологии производства ММГ и ММА Тема 4.1 Электростатические датчики сил и моментов, емкостные и тензометрические преобразователи микроперемещений, элементы упругих подвесов чувствительных элементов, системы возбуждения ММГ. Тема 4.2 Физико-химические свойства кремния, как основного конструкционного материала для изготовления чувствительных элементов ММГ и ММА. Материалы. Тема 4.3 Обобщенный технологический процесс производства ММГ и ММА. Основные технологические операции производства, включающие: литографию, получение слоев различных материалов, травление, микросборочные операции, испытание изделий.
5	Раздел 5. Методики экспериментальных исследований характеристик ММГ и ММА. Цели и задачи лабораторных и натурных экспериментов. Технологическое и специальное оборудование для производства испытаний. Автоматизация экспериментальных исследований. Методы обработки данных эксперимента. Оценка случайных погрешностей выходного сигнала ММГ и ММА методом вариации Алана.

4.3. Практические (семинарские) занятия
Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.
Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.
Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Семестр 9	
			№ раздела дисциплины	
1	Исследование МЕМС – датчика давления	2	2	1
2	Исследование МЕМС – компаса	2	2	1
4	Исследование статистических характеристик ММГ ЛЛ – типа	4	4	2
9	Исследование статистических характеристик двухмерного ММА осевого типа	4	4	4
11	Моделирование системы возбуждения ММГ	4	4	4
	Зачетное занятие	1	1	
Всего		17		

4.5. Курсовое проектирование (работы)

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа студентов
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 9, час
1	2	3
Самостоятельная работа, всего	57	57
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	30	30
курсовое проектирование (КП, КР)		
подготовка отчетов по лабораторным работам	10	10
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)	17	17
домашнее задание (ДЗ)		
контрольные работы заочников (КРЗ)		

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю);
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов указаны в пп. 8-10.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.
Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке
681.2 Р 24	Расплов В. Я. Микромеханические приборы. Тула, 2002, 367 с.	6
629.7 М59	Микросистемы ориентации беспилотных летательных аппаратов [Текст] / Р. В. Алагуев [и др.] ; ред. В. Я. Расплов. - М. : Машиностроение, 2011. - 184 с.	6
681.2 Р24	Приборы первичной информации : Микромеханические приборы [Текст] : учебное пособие / В. Я. Расплов ; Тул. гос. ун-т. - Тула : [б. и.], 2002. - 390 с.	6
681.58 М52	Меркурьев И.В., Подлалков В.В. Динамика микромеханического и волнового твердотельного гироскопа. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009.–228 с.	6
531 Л84	Прикладная теория гироскопов [Текст] : учебник / Д. П. Лукьянов, В. Я. Расплов, Ю. В. Филатов ; Кондрин "ЦНИИ "Электронприбор", - СПб. : Изд-во ЦНИИ "Электронприбор", 2015. - 316 с.	35

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.
Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке
	Евстифеев М.И., Панферов А.И., Пономарев В.К., Северов Л.А., Скорина С.Ф. Микромеханические инерциальные чувствительные элементы. Микромеханические гироскопы. – СПб, ГИИ РФ ЦНИИ «Электронприбор», ГУАП, 2007, 87 с. Электронное учебное пособие. Ресурс кафедры.	
	Лукьянов Д.П. Микромеханические акселерометры и микропроцессоры на ИАВ. – СПб, ГСУ «ДЭТИ», ГИИ РФ ЦНИИ «Электронприбор», 2005, 92 с.	

	Электронное учебное пособие. Ресурс кафедры.	
	Б. Вардан, К. Виной, К. Джои. ВЧ МЭМС и их применение. – М.: Техносфера, 2004. booksgid.com...vel-mems-i-ikh-primeneni.html radarhim.com/d/dr/?id=53300	
629.7 С28	Северов Л.А. Механика гироскопических систем. Учебное пособие. – М.: МАИ (ТУ), 1996. – 212 с.	45

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.
Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
3dnews.ru/600098	Алексей Дрожжин. MEMS: Микроэлектромеханические системы.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1. Перечень программного обеспечения
Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.
Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Матлаб

8.2. Перечень информационно-справочных систем
Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.
Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории
2	Мультимедийная лекционная аудитория	Б.М. а. 13-04
5	Лаборатория «Микромеханических инерциальных чувствительных элементов»	Б.М. а. 13-03а
6	Стенды	

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОПК-3 «способность использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить основные теории и концепции, границы их применимости»	
1	Физика
1	Математика. Математический анализ
1	Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра
2	Математика. Дифференциальные уравнения
2	Математика. Математический анализ
2	Физика
3	Авиационные материалы
3	Сопrotивление материалов
3	Теоретическая механика
3	Материаловедение
3	Физика
3	Математика. Теория вероятностей и математическая статистика
4	Метрология, стандартизация и сертификация
4	Математика. Теория вероятностей и математическая статистика
5	Аналитическая механика
5	Основы теории управления
6	Теория гироскопов и гиросtabilизаторов
6	Основы теории пилотажно-навигационных комплексов
6	Динамика полета
6	Надежность приборов и систем
7	Системы управления летательными аппаратами
7	Проксикопические приборы и системы

8	Системы управления летательными аппаратами
9	Микромеханические инерциальные чувствительные элементы
9	Системы управления летательными аппаратами
9	Микромеханические приборы и устройства
10	Производственная преддипломная практика
ПК-3 «способность составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований»	
7	Технические средства навигации и управления движением
8	Производственная практика научно-исследовательская работа
9	Микромеханические инерциальные чувствительные элементы
9	Производственная практика научно-исследовательская работа
9	Микромеханические приборы и устройства
10	Производственная преддипломная практика
ПК-6 «способность подготовить научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований»	
4	Метрология, стандартизация и сертификация
8	Производственная практика научно-исследовательская работа
9	Микромеханические инерциальные чувствительные элементы
9	Производственная практика научно-исследовательская работа
9	Микромеханические приборы и устройства
10	Производственная преддипломная практика
ПК-7 «способность разрабатывать планы, программы и методики испытания приборов, систем и комплексов по соответствующему профилю деятельности, подготавливать отдельные задания для исполнителей»	
4	Учебная технологическая (ознакомительная) практика
6	Надежность приборов и систем
8	Производственная практика научно-исследовательская работа
9	Микромеханические приборы и устройства
9	Эксплуатация и испытания приборов и систем управления летательных аппаратов
9	Микромеханические инерциальные чувствительные элементы
9	Производственная практика научно-исследовательская работа
10	Производственная преддипломная практика
ПК-8 «способность на основе системного подхода разрабатывать технические условия и технические описания принципов действия и устройства проектируемых комплексов, их	

систем и элементов с обоснованием принятых технических решений»	
8	Элементы гироскопических приборов и систем
8	Расчет и синтез гиросприборов
8	Основы схемотехники гиросприборов
9	Микромеханические инерциальные чувствительные элементы
9	Микромеханические приборы и устройства
10	Производственная преддипломная практика
ПК-11 «Способность разрабатывать варианты решения проблемы, проводить системный анализ этих вариантов, определять компромиссные решения в условиях многокритериальности, неопределенности и с целью планирования реализации проекта»	
8	Проектирование приборов и систем
8	Расчет и синтез гиросприборов
9	Микромеханические инерциальные чувствительные элементы
9	Микромеханические приборы и устройства
10	Производственная преддипломная практика
ПСК-4.4 «Способность создавать методику и проводить комплекс испытаний, а также опытной эксплуатации приборов и датчиков систем управления летательных аппаратов»	
9	Микромеханические инерциальные чувствительные элементы
9	Микромеханические приборы и устройства
9	Эксплуатация и испытания приборов и систем управления летательных аппаратов

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно-рейтинговой системы формирования компетенций.

Таблица 15 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100- большая шкала	4-Большая шкала	
85 ≤ K ≤ 100	«отлично» «зачтено»	
70 ≤ K ≤ 84	«хорошо» «зачтено»	

		- аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
55 ≤ K ≤ 69	«удовлетвори тельно» «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; - 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 выводы и обобщений.
K ≤ 54	«неудовлетво рительно» «не зачтено»	

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

Перечень вопросов (задач) для экзамена
1. Классификация ММГ и ММА.
2. Принципы действия ММГ различных типов.
3. Модификации и принцип действия ММА.
4. Математическая модель динамики движения чувствительного элемента ММГ ЛЛ-типа.
5. Математическая модель динамики движения чувствительного элемента ММГ RR-типа.
6. Установившейся режим работы ММГ. Связь параметров колебаний с физическими параметрами чувствительного элемента.
7. Частотные характеристики ММГ и рабочая полоса частот.
8. Связь амплитудных и фазовых соотношений вторичных колебаний ММГ в установившемся режиме.
9. Статические и динамические характеристики ММА.
10. Источники ошибок в ММГ и ММА.
11. Аналитические методы расчета механических характеристик ММГ и ММА.
12. Принцип действия емкостных датчиков перемещений чувствительного элемента в ММГ и ММА. Основные соотношения. Вопросы проектирования.
13. Электростатические датчики управляющей силы и момента. Расчет энергетических характеристик и линейности преобразования.
14. Преобразователи «емкость - напряжение». Виды преобразователей и расчетные соотношения.
15. Структуры систем автономного возбуждения первичных колебаний в ММГ. Расчет параметров установившихся колебаний.
16. Структура и принцип работы систем возбуждения первичных колебаний в ММГ с опорным генератором.
17. Формирование контура фазовой подстройки частоты опорного генератора. Выбор параметров контура.

18. Принципы формирования выходного сигнала в ММГ и ММА в приборах прямого измерения. Схемотехника измерительного канала.
19. Формирование выходного сигнала в ММГ и ММА в приборах компенсационного типа.
20. Стабилизация амплитуды первичных колебаний ММГ управлением амплитудой импульсов возбуждения.
21. Стабилизация амплитуды первичных колебаний ММГ управлением длительностью импульсов возбуждения.
22. Сопряжение частот первичных и вторичных колебаний. Схемотехника и варианты решения задачи.
23. Основные технологические процессы производства ММГ и ММА.
24. Методики экспериментальных исследований характеристик ММГ и ММА.
25. Технологическое и специальное оборудование для производства испытаний.
26. Автоматизация экспериментальных исследований. Методы обработки данных эксперимента.
27. Оценка случайных погрешностей выходного сигнала ММГ и ММА методом вариации Алана.
28. Датчики давления прямого преобразования
29. Датчики давления компенсационного типа
30. МЕМС - датчики магнитного поля
31. Преобразование базисов магнитных измерений.
32. МЕМС – компасы
33. Цифровое микрорезервальное устройство (ДМД). ДЛР – проекторы
34. Микротранспондтеры. Микротурбины

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Учебным планом не предусмотрено

3. Темы и задания для выполнения курсовой работы / выполнения проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

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

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1	Назовите основные конструктивные элементы микромеханического гироскопа.
2	На измерении какого ускорения основан принцип работы микромеханического гироскопа
3	

4	Из каких элементов состоит чувствительный элемент микромеханического гироскопа
5	Объясните принцип работы микромеханического гироскопа.
6	Объясните методы определения нелинейности.
7	Назовите области применения микромеханических акселерометров.
8	Объясните принцип работы микромеханического акселерометра
9	Приведите классификацию измерительных преобразователей
10	Перечислите основные факторы, которые учитываются при построении электронных схем емкостных преобразователей

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
	Не предусмотрено

10.5. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержится в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины «Микромеханические приборы и устройства» является изучение принципов построения, проектирования и изготовления микромеханических приборов и устройств, обладающих уникальными массогабаритными и стоимостными характеристиками, ознакомление с областями их применения и перспективами развития.

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 начального познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, даёт 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-леговых 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 ближайшее время;
 - 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:
- ознакомление студентов с физическими законами и принципами функционирования микроэлектронических тиристоров и акселерометров;
 - изложение методов математического описания динамики движения микроэлектронических тиристоров и акселерометров различных типов и оценки их метрологических характеристик;
 - ознакомление с методами возбуждения и стабилизации колебаний механических масс микроэлектронических тиристоров;
 - изложение способов регистрации движения чувствительных масс в микроэлектронических тиристорах и акселерометрах и первичной обработки измерений;
 - ознакомление с вопросами проектирования отдельных функциональных узлов микротиристоров и акселерометров – приборов в целом;
 - изложение методов и способов формирования обратных связей в микроэлектронических тиристорах и акселерометрах компенсационного типа.
- МЭМС:**
- ознакомление со средствами автоматизации исследования и проектирования приборов и устройств;
 - изучение факторов, определяющих погрешности микроэлектронических тиристоров и акселерометров и способов их компенсации.

Методические указания для обучающихся по прохождению 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 у 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

Студенты разбиваются на подгруппы, по 3-4 человека. Перед проведением лабораторной работы обучающиеся следуют внимательно ознакомиться с методическими указаниями по ее выполнению. В соответствии с заданием обучающиеся должны подготовить необходимые данные, получить от преподавателя допуск к выполнению лабораторной работы, выполнить указанную последовательность действий, получить требуемые результаты, оформить и защитить отчет по лабораторной работе.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен включать в себя: титульный лист, формулировку задания, теоретические положения, используемые при выполнении лабораторной работы, описание процесса выполнения лабораторной работы, полученные результаты и выводы.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

По каждой лабораторной работе выполняется отдельный отчет. Титульный лист оформляется в соответствии с шаблоном (образцом) приведенным на сайте ГУАП (www.guap.ru) в разделе «Сектор нормативной документации». Текстовые и графические материалы оформляются в соответствии с действующими ГОСТами и требованиями, приведенными на сайте ГУАП (www.guap.ru) в разделе «Сектор нормативной документации».

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 целостное представление о рабочем 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 обучающегося являются учебно-методический материал по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине в форме экзамена и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП», обучающихся по программам высшего

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