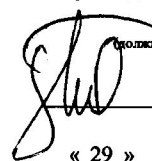


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель направления
 доц. К.Т.Н., доц.
(должность, уч. степень, звание)
В.К. Пономарев
(подпись)
« 29 » мая 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Микромеханические приборы и устройства»
(Название дисциплины)

Код направления	24.03.02
Наименование направления	Системы управления движением и навигация
Наименование направленности	Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2020 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

К.Т.Н.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

Н.А.Овчинников

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«29» мая 2020 г, протокол № 7

Заведующий кафедрой № 13

К.Т.Н.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

Н.А. Овчинникова

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 24.03.02(01)

доц., К.Т.Н., доц.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

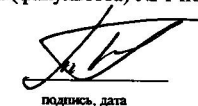
В.К. Пономарев

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

ассистент

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.Е. Таратун

инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «Микромеханические приборы и устройства» входит в образовательную программы подготовки студентов по направлению «24.03.02 «Системы управления движением и навигация» направленность «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации». Дисциплина реализуется кафедрой №13.

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.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

ПК-1 «Способен разрабатывать отдельные детали и узлы приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением принципа действия и проведением расчетов микромеханических приборов и устройств, а также и экспериментальному исследованию их характеристик.

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 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания 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.

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 образовательной программы

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 разрабатывать отдельные детали и узлы приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов	<p>ПК-1.3.1 знать основы проектирования и расчета элементов и узлов приборов и систем ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов</p> <p>ПК-1.У.1 уметь выполнять необходимые расчеты, связанные с проектированием элементов и узлов приборов и систем ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов</p> <p>ПК-1.В.1 владеть методиками проектирования, в том числе с использованием компьютерных технологий</p>

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

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

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

3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

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
		№8
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	3/ 108	3/ 108
<i>Из них часов практической подготовки</i>	20	20
<i>Аудиторные занятия, всего час., В том числе</i>	40	40
лекции (Л), (час)	20	20
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	20	20
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	36	36
<i>Самостоятельная работа, всего (час)</i>	32	32
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 3 – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Микромеханические датчики и актуаторы	4				3
Тема 1.1. Датчики давления					
Тема 1.2 MEMС - датчики магнитного поля					
Тема 1.3 MEMС – актуаторы					

<p>Раздел 2. Теоретические основы микромеханических гироскопов (ММГ) и акселерометров (ММА)</p> <p>Тема 2.1 Основные структуры и модели динамики ММГ LL, RR и R типов</p> <p>Тема 2.2. Основные схемы и принципы функционирования ММГ</p> <p>Тема 2.3 Основные схемы и принципы функционирования микромеханических акселерометров</p> <p>Тема 2.4 Статика и динамика ММГ и ММА.</p> <p>Тема 2.5 Основные технологические процессы производства ММГ и ММА</p>	6		20		20
<p>Раздел 3. Микромеханические инерциальные модули и системы ориентации и навигации</p> <p>Тема 3.1 Микромеханические инерциальные модули</p> <p>Тема 3.2 Микромеханические системы ориентации и навигации</p>	4				5
<p>Раздел 4. Элементная база и основы технологии производства микромеханических структур</p> <p>Тема 4.1 Элементная база МЕМС</p> <p>Тема 4.2 Характеристики материалов используемых при производстве МЕМС</p> <p>Тема 4.3 Основные технологические процессы производства МЕМС</p>	6		5		4
Итого в семестре:	20		20		32
Итого:	20	0	20	0	32

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 4 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p>Раздел 1. Микромеханические 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 передаточные функции. Датчики давления компенсационного типа. Датчики с электростатической обратной связью. Датчики с магнитоэлектрической обратной связью.</p> <p>Тема 1.2 MEMC - датчики магнитного поля</p> <p>Свойства проводимости металлических пленок. Топология магниторезисторов. Чувствительность магниторезисторов. Схемотехника преобразователей. 3 – осевые магнитометры. Преобразование базисов магнитных измерений. MEMC – компасы.</p> <p>Тема 1.3 MEMC – актуаторы</p> <p>Назначение. Область применения. Цифровое микрозеркальное устройство (DMD). Принцип действия, топология. DLP – проекторы. Пьезоструйные актуаторы для принтеров. Микромеханические переключатели. Микротранспортеры. Микротурбины. Микроинструменты для глазной хирургии.</p>
2	<p>Раздел 2. Теоретические основы микромеханических гироскопов (ММГ) и акселерометров (ММА)</p> <p>Тема 2.1 Основные структуры и модели динамики ММГ LL, RR и R типов. 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.</p> <p>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 микромеханических 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> <p>Тема 2.5. Основные технологические процессы производства ММГ</p>

	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 микромеханических структур Тема 4.1 Элементная база МЕМС Электростатические датчики сил и моментов, емкостные и тензометрические преобразователи микроперемещений, элементы упругих подвесов чувствительных элементов, системы возбуждения ММГ. Тема 4.2 Характеристики материалов используемых при производстве МЕМС Физико-химические свойства кремния, как основного конструкционного материала для изготовления чувствительных элементов. Другие материалы . Тема 4.3 Основные технологические процессы производства МЕМС Обобщенный технологический процесс производства МЕМС. Основные технологические операции производства, включающие: литографию, получение слоев различных материалов, травление, микросборочные операции, испытание изделий.

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)	№ раздела дисциплины
Семестр 8				
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	Трудоем кость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8			
1	Экспериментальное исследование ММГ LL – типа	4	2
2	Моделирование измерительного канала ММГ RR – типа	4	2
3	Моделирование динамики ММГ R – типа	4	2
4	Экспериментальное исследование двумерного ММА осевого типа	4	2
5	Моделирование системы возбуждения ММГ	4	2
Всего:		20	

4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7- Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
Самостоятельная работа, всего	32	32
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	20	20
курсовое проектирование (КП, КР)		
подготовка отчетов по лабораторным работам	7	7
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)	5	5
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 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	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке
681.2 Р 24	Распопов В.Я. Микромеханические приборы. Тула, 2002, 367 с.	6
629.7 М59	Микросистемы ориентации беспилотных летательных аппаратов [Текст] / Р. В. Алалуев [и др.] ; ред. В. Я. Распопов. - М. : Машиностроение, 2011. - 184 с.	6
681.2 Р24	Приборы первичной информации : Микромеханические приборы [Текст] : учебное пособие / В. Я. Распопов ; Тул. гос. ун-т. - Тула : [б. и.], 2002. - 390 с.	6
681.58 М52	Меркурьев И.В., Подалков 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. Распопов, Ю. В. Филатов ; Концерн "ЦНИИ "Электроприбор". - СПб. : Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2015. - 316 с.	35
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

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,

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории
1	Мультимедийная лекционная аудитория	Б.М. а. 13-04
2	Специализированная лаборатория «Микромеханических инерциальных чувствительных элементов»	Б.М. а. 13-03а
3	Стенд	

10. Оценочные средства 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; Экзаменационные билеты; 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-бальная 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 (таблица 15)

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Классификация ММГ и ММА.	ПК-1.3.1
2	Принцип действия ММГ различных типов.	ПК-1.У.1
3	Модификации и принцип действия ММА.	ПК-1.В.1

4	Математическая модель динамики движения чувствительного элемента ММГ LL-типа.	ПК-1.3.1
5	Математическая модель динамики движения чувствительного элемента ММГ RR-типа.	ПК-1.3.1
6	Установившейся режим работы ММГ. Связь параметров колебаний с физическими параметрами чувствительного элемента.	ПК-1.3.1
7	Частотные характеристики ММГ и рабочая полоса частот.	ПК-1.3.1; ПК-1.B.1
8	Связь амплитудных и фазовых соотношений вторичных колебаний ММГ в установившемся режиме.	ПК-1.3.1
9	Статические и динамические характеристики ММА.	ПК-1.3.1 ПК-1.Y.1; ПК-1.B.1
10	Источники ошибок в ММГ и ММА.	ПК-1.3.1
11	Аналитические методы расчета механических характеристик ММГ и ММА.	ПК-1.3.1; ПК-1.B.1
12	Принцип действия емкостных датчиков перемещений чувствительного элемента в ММГ и ММА. Основные соотношения. Вопросы проектирования.	ПК-1.3.1
13	Электростатические датчики управляющей силы и момента. Расчет энергетических характеристик и линейности преобразования.	ПК-1.3.1
14	Преобразователи «емкость - напряжение». Виды преобразователей и расчетные соотношения.	ПК-1.3.1
15	Структуры систем автогенераторного возбуждения первичных колебаний в ММГ. Расчет параметров установившихся колебаний.	ПК-1.3.1; ПК-1.Y.1 ПК-1.B.1
16	Структура и принцип работы системы возбуждения первичных колебаний в ММГ с опорным генератором.	ПК-1.3.1
17	Формирование контура фазовой подстройки частоты опорного генератора. Выбор параметров контура.	ПК-1.3.1
18	Принципы формирования выходного сигнала в ММГ и ММА в приборах прямого измерения.	ПК-1.3.1 ПК-1.Y.1; ПК-1.B.1
19	Формирования выходного сигнала в ММГ и ММА в	ПК-1.3.1;

	приборах компенсационного типа.	ПК-1.У.1
20	Стабилизация амплитуды первичных колебаний ММГ управлением амплитудой импульсов возбуждения.	ПК-1.3.1
21	Стабилизация амплитуды первичных колебаний ММГ управлением длительностью импульсов возбуждения.	ПК-1.3.1
22	Основные технологические процессы производства ММГ и ММА.	ПК-1.3.1
23	Технологическое и специальное оборудование для производства испытаний.	ПК-1.3.1
24	Датчики давления прямого преобразования.	ПК-1.3.1
25	Датчики давления компенсационного типа.	ПК-1.3.1
26	МЕМС - датчики магнитного поля.	ПК-1.3.1
27	Преобразование базисов магнитных измерений.	ПК-1.3.1
28	МЕМС – компасы.	ПК-1.3.1
29	Цифровое микрозеркальное устройство (DMD). DLP – проекторы.	ПК-1.3.1
30	Микротранспортеры. Микротурбины.	ПК-1.3.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 16)

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

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

Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 17)

Таблица 17 – 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

Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	Назовите основные конструктивные элементы микромеханического гироскопа.	ПК-1.3.1
2	На измерении какого ускорения основан принцип работы микромеханического гироскопа.	ПК-1.3.1
3	Из каких элементов состоит чувствительный элемент микромеханического гироскопа.	ПК-1.3.1
4	Объясните принцип работы микромеханического гироскопа.	ПК-1.3.1
5	Объясните методы определения нелинейности.	ПК-1.3.1
6	Назовите области применения микромеханических акселерометров.	ПК-1.3.1
7	Объясните принцип работы микромеханического акселерометра.	ПК-1.3.1
8	Приведите классификацию измерительных преобразователей.	ПК-1.3.1
9	Перечислите основные факторы, которые учитываются при построении электронных схем емкостных преобразователей.	ПК-1.3.1

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 обучающимся 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:

- ознакомление студентов с физическими законами и принципами функционирования микромеханических гироскопов и акселерометров;
- изложение методов математического описания динамики движения микромеханических гироскопов и акселерометров различных типов и оценки их метрологических характеристик;
- ознакомление с методами возбуждения и стабилизации колебаний механических масс микромеханических гироскопов;
- изложение способов регистрации движения чувствительных масс в микромеханических гироскопах и акселерометрах и первичной обработки измерений;
- ознакомление с вопросами проектирования отдельных функциональных узлов микрогироскопов и акселерометров и – приборов в целом;
- изложение методов и способов формирования обратных связей в микромеханических гироскопах и акселерометрах компенсационного типа;
- ознакомление со средствами автоматизации исследования и проектирования МЭМС;
- ознакомление с вопросами технологии изготовления микромеханических приборов и устройств;
- изучение факторов, определяющих погрешности микромеханических гироскопов и акселерометров и способов их компенсации.

11.2. 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 обучающемуся следует 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».

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.

11.4 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».

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