

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

подпись

31 мая 2025 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Б1.В.ДВ.01.03.04 МИКРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И
УСТРОЙСТВА**

(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки/специальность

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация

Проектирование и конструирование узлов и систем для БАС

(наименование направленности (профиля) / специализации)

Форма обучения _____ очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация _____ бакалавр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ. 01.03.04 «Микромеханические приборы и устройства» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.01 «Радиотехника».

Программу составил(и):

К.С. Коротков, доктор. физ.-тех. наук,
профессор кафедры радиоп физики и нанотехнологий



подпись

Рабочая программа дисциплины «Квантовая радиоп физика» утверждена на заседании кафедры радиоп физики и нанотехнологий
протокол № «4» 18.04.2025 г.

И.О Заведующего кафедрой

Доктор физ.-мат. наук, доцент.

Строганова. Е.В.

фамилия, инициалы

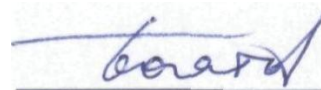


Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета
протокол № «4» 18.04.2025 г.

Председатель УМК факультета.

Богатов Н.М.

фамилия, инициалы



Рецензенты:

Исаев В.А., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры теоретической физики и компьютерных технологий ФГБОУ ВО «КубГУ»

Шевченко А.В., канд. физ.-мат. наук, ведущий специалист ООО «Южная аналитическая компания»

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. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами 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 освоенные 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 освоенные 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 микрогироскопов 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 рекомендации 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 требования, определяемые 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;

вдеть 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 компромиссные решения в условиях многокритериальности, неопределенности и с целью планирования реализации проекта»:

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

уметь - разрабатывать варианты решения задач проектирования , проводить системный анализ этих вариантов, определять компромиссные решения;

владеть навыками – комплексного проектирования микромеханических 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;
- 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 выпускной квалификационной работы специалиста.

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 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№9
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	4/ 144	4/ 144
Из них часов практической подготовки	12	12
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	Лекции (час)	ПЗ (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 9					
Раздел 1. Микромеханические датчики и актуаторы	4				4
Тема 1.1. Датчики давления					
Тема 1.2 MEMC - датчики магнитного поля					
Тема 1.3 MEMC – актуаторы					

Раздел 2. Теоретические основы микромеханических гироскопов (ММГ) и акселерометров (ММА) Тема 2.1 Основные структуры и модели динамики ММГ LL, RR и R типов Тема 2.2. Основные схемы и принципы функционирования ММГ Тема 2.3 Основные схемы и принципы функционирования микромеханических акселерометров Тема 2.4 Статика и динамика ММГ и ММА. Тема 2.5 Основные технологические процессы производства ММГ и ММА	8		6		13
Раздел 3. Микромеханические инерциальные модули и системы ориентации и навигации Тема 3.1 Микромеханические инерциальные модули Тема 3.2 Микромеханические системы ориентации и навигации	8		3		13
Раздел 4. Элементная база и основы технологии производства ММГ и ММА 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	10		6		16
Раздел 5. Методики экспериментальных исследований характеристик ММГ и ММА.	4		2		11
Итого в семестре:	34		17		57
Итого:	34	0	17	0	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	Раздел 1. Микромеханические датчики и актуаторы Тема 1.1. Датчики давления 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. Тема 1.2 MEMC - датчики магнитного поля Свойства проводимости металлических пленок. Топология магниторезисторов. Чувствительность магниторезисторов. Схемотехника преобразователей. 3 – осевые магнитометры. Преобразование базисов магнитных измерений. MEMC – компасы. Тема 1.3 MEMC – актуаторы Назначение. Область применения. Цифровое микрозеркальное устройство (DMD). Принцип действия, топология. DLP – проекторы. Пьезоструйные актуаторы для принтеров. Микромеханические переключатели. Микротранспортеры. Микротурбины. Микроинструменты для глазной хирургии.
2	Раздел 2. Теоретические основы микромеханических гироскопов (ММГ) и акселерометров (ММА) 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). 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. Тема 2.3. Основные схемы и принципы функционирования микромеханических акселерометров (ММА). Классификация ММА (одномерные и двумерные, осевые и маятниковые, прямого преобразования и компенсационного типа). Тема 2.4 Статика и динамика ММГ и ММА. Модели динамики, структурные схемы, передаточные функции, масштабные коэффициенты преобразования, рабочая полоса частот, основные погрешности ММГ и ММА.

	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)	№ раздела дисциплины
Семестр 9			
1	Исследование MEMC – датчика давления	2	1
2	Исследование MEMC – компаса	2	1
4	Исследование статистических характеристик ММГ LL – типа	4	2
9	Исследование статистических характеристик двумерного ММА осевого типа	4	4
11	Моделирование системы возбуждения ММГ	4	4
	Зачетное занятие	1	
Всего		17	

4.5. Курсовое проектирование (работа)

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 п.п. 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	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

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, ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», ГУАП, 2007, 87 с. Электронное учебное пособие. Ресурс кафедры.	
	Лукьянов Д.П. Микромеханические акселерометры и микропроцессоры на ПАВ. – СПб, ГЭУ «ЛЭТИ», ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2005, 92 с.	

	Электронное учебное пособие. Ресурс кафедры.	
	Б. Варадан, К. Виной, К. Джоли. ВЧ МЭМС и их применение. – М: Техносферы, 2004. booksgid.com...vch-mjems-i-ikh-primenenie.html d.php?id=53300">padabum.com>d.php?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
600098">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 освоенные теории и концепции, границы их применимости»	
1	Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра
1	Математика. Математический анализ
1	Физика
2	Математика. Дифференциальные уравнения
2	Математика. Математический анализ
2	Физика
3	Авиационные материалы
3	Математика. Теория вероятностей и математическая статистика
3	Материаловедение
3	Сопротивление материалов
3	Теоретическая механика
3	Физика
4	Математика. Теория вероятностей и математическая статистика
4	Метрология, стандартизация и сертификация
5	Аналитическая механика
5	Основы теории управления
6	Динамика полета
6	Надежность приборов и систем
6	Основы теории пилотажно-навигационных комплексов
6	Теория гироскопов и гиростабилизаторов
7	Гироскопические приборы и системы
7	Системы управления летательными аппаратами
8	Системы управления летательными аппаратами
9	Микромеханические инерциальные чувствительные элементы
9	Микромеханические приборы и устройства

9	Системы управления летательными аппаратами
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	Микромеханические приборы и устройства
9	Производственная практика научно-исследовательская работа
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	Микромеханические приборы и устройства
9	Производственная практика научно-исследовательская работа
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 инерциальные чувствительные элементы
9	Микромеханические приборы и устройства
9	Производственная практика научно-исследовательская работа
9	Эксплуатация и испытания приборов и систем управления летательных аппаратов
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	Основы схемотехники гиросприборов
8	Расчет и синтез гиросприборов
8	Элементы гироскопических приборов и систем
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 производить 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 университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий.
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	- обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	- обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий.
$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	- обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений.

10.4. 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. Принцип действия ММГ различных типов. 3. Модификации и принцип действия ММА. 4. Математическая модель динамики движения чувствительного элемента ММГ LL-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 автогенераторного возбуждения первичных колебаний в ММГ. Расчет параметров установившихся колебаний. 16. Структура и принцип работы системы 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. Формирования 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 микрозеркальное устройство (DMD). DLP – проекторы
34. Микротранспортеры. 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 задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового 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	Из каких элементов состоит чувствительный элемент микромеханического гироскопа
4	Объясните принцип работы микромеханического гироскопа.
5	Объясните методы определения нелинейности.
6	Назовите области применения микромеханических акселерометров.
7	Объясните принцип работы микромеханического акселерометра.
8	Приведите классификацию измерительных преобразователей
9	Перечислите основные факторы, которые учитываются при построении электронных схем емкостных преобразователей
10	

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 процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы 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 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.

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».

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 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 программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».