

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гриб Владислав Валерьевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 09.07.2025 20:59:29
Уникальный программный ключ:
637517d24e103c3db032acf37e0b9483051e2f5b0c29ac176079875407



**Образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ А.С. ГРИБОЕДОВА»
(ИМПЭ им. А.С. Грибоедова)**

ИНСТИТУТ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЭКОНОМИКИ, ЛИДЕРСТВА И МЕНЕДЖМЕНТА

УТВЕРЖДАЮ

Директор института
международной экономики,
лидерства и менеджмента
_____ А. А. Панарин
«20» июня 2025г.

**Рабочая программа дисциплины
МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

**Направление подготовки
24.03.02 Системы управления движением и навигация
(уровень бакалавриат)**

**Направленность (профиль):
«Цифровые системы управления и навигация беспилотных аппаратов»**

Форма обучения: очная

Москва

Рабочая программа дисциплины «Микроэлектромеханические системы». Направление подготовки 24.03.02 Системы управления движением и навигация, профиль: «Цифровые системы управления и навигация беспилотных аппаратов» / Р. М. Байгулов – М.: ИМПЭ им. А.С. Грибоедова. – 21с.

Рабочая программа дисциплины высшего образования составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 24.03.02 Системы управления движением и навигация, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 февраля 2018 г. № 72 (с изменениями от 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021г.); Профессионального стандарта «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 21 марта 2014 года, регистрационный № 31692)

Разработчики:	<u>Р. М. Байгулов, к. т. н.</u>
Ответственный рецензент:	<u>О. А. Левичев, кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры Дистанционного зондирования и цифровой картографии, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»</u>
Ответственный рецензент:	<u>А. М. Соколов, кандидат технических наук, преподаватель Военной академии Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого</u>

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры цифровой экономики и инновационной деятельности 20.06.2025г., протокол №9

Заведующий кафедрой _____ /А. А. Панарин, д. э. н., профессор
(подпись)

Согласовано от библиотеки _____ / О. Е. Степкина
(подпись)

Раздел 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Микроэлектромеханические системы» является: обучение студентов основам создания микроприборов и микросистем, используемых для целей навигации, ориентации и стабилизации.

К основным задачам освоения дисциплины следует отнести: изучение современного состояния микросистемного приборостроения, теоретических основ работы и конструирования микроакселерометров, датчиков давления и гироскопов; формирование навыков расчета чувствительных элементов микромеханических гироскопов и акселерометров; формирование умений по составлению уравнений движения чувствительных элементов акселерометров, датчиков давления и гироскопов, анализу динамики чувствительных элементов, составлению структурных схем и определению параметров передаточных функций измерительных цепей акселерометров, датчиков давления, гироскопов.

Раздел 2. Планирование результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Индикаторы достижения компетенции (для планирования результатов обучения по элементам образовательной программы и соответствующих оценочных средств)
ПК-2	Способен разрабатывать математические модели узлов, модулей и приборов в составе систем управления движением и навигации	ПК-2.1 Знает методы построения математических моделей; Знает математические модели метрологического обеспечения узлов, модулей и приборов в составе систем управления движением и навигации; принципы построения систем ориентации и навигации; методы анализа и синтеза параметров систем управления движением и навигации ПК-2.2 Умеет проводить расчет параметров математических моделей; разрабатывать модели погрешностей навигационных систем; моделировать алгоритмы инерциальных систем ориентации и навигации; проводить расчет параметров систем управления движением и навигации ПК-2.3 Владеет навыками составления математических моделей и структурных схем; навыками проектирования систем управления движением и навигации

Раздел 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Микроэлектромеханические системы» изучается в 8 семестре, относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока Б.1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы по направлению подготовки 24.03.02 Системы управления движением и навигация, профиль: «Цифровые системы управления и навигация беспилотных аппаратов».

Раздел 4. Объем (трудоемкость) дисциплины (общая, по видам учебной работы, видам промежуточной аттестации)

Трудоемкость дисциплины и виды учебной нагрузки

на очной форме обучения

з.е.	Итого	Лекции	Практические занятия	Курсовое проектирование	Самостоятельная работа	Текущий контроль	Контроль, промежуточная аттестация
8 семестр							

4	144	28	28		52		36 экзамен
---	-----	----	----	--	----	--	---------------

Тематический план дисциплины

Очная форма обучения

Разделы / Темы	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Текущий контроль	Контроль, промежуточная аттестация	Всего часов
8 семестр						
Тема 1. Терминология, история, применение, технологии микромеханических систем	2	2	4			8
Тема 2. Прямые преобразователи	2	2	4			8
Тема 3. Обратные преобразователи	2	2	4			8
Тема 4. Принципы построения и конструкция акселерометров	2	2	4			8
Тема 5. Уравнения движения и динамика чувствительных элементов акселерометров	2	2	4			8
Тема 6. Измерительные цепи и передаточные функции акселерометров прямого преобразования. Акселерометры компенсационного преобразования	2	2	4			8
Тема 7. Принципы построения датчиков давления, и топология тензорезисторов	2	2	4			8
Тема 8. Датчики давления прямого и компенсационного преобразования	2	2	4			8
Тема 9. Принципы построения, конструкция, характеристики гироскопов	2	2	4			8
Тема 10. Расчетные схемы и базовые уравнения движения микромеханических гироскопов	2	2	4			8
Тема 11. Электронная настройка и измерительная цепь микромеханического гироскопа прямого измерения	4	4	6			14
Тема 12. Динамические характеристики микромеханических гироскопов	4	4	6			14
зачет					36	36
итого за 8 семестр	28	28	52		36	144

Структура и содержание дисциплины

Наименование разделов и тем	Содержание темы
Тема 1. Терминология, история, применение, технологии микромеханических систем	Основные понятия: MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), микроактуаторы, микродатчики. История развития MEMS-технологий. Области применения: авиация, космос, автомобилестроение, медицина, БПЛА. Технологии производства MEMS: поверхностный и объемный микромонтаж, фотолитография, травление, герметизация.
Тема 2. Прямые преобразователи	Классификация преобразователей в MEMS. Принцип действия прямых преобразователей: механическое воздействие → электрический сигнал. Емкостные, пьезоэлектрические и тензорезистивные типы. Примеры: MEMS-акселерометры, гироскопы, датчики давления.
Тема 3. Обратные преобразователи	Принцип действия обратных преобразователей: электрический сигнал → механическое движение. Применение в микроактуаторах. Физические принципы: электростатические, электромагнитные, пьезоэлектрические. Конструктивные особенности обратных MEMS-преобразователей.
Тема 4. Принципы построения и конструкция акселерометров	Общая схема построения MEMS-акселерометра. Чувствительный элемент: инерционная масса, упругие подвесы, демпферы. Виды конструкций: одномерные, двухмерные, трёхмерные датчики. Особенности корпусирования и защиты от внешних воздействий.
Тема 5. Уравнения движения и динамика чувствительных элементов акселерометров	Модель колебательной системы: масса-пружина-демпфер. Дифференциальное уравнение движения чувствительного элемента. Частотные характеристики, резонансные явления. Амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики.
Тема 6. Измерительные цепи и передаточные функции акселерометров прямого преобразования. Акселерометры компенсационного преобразования	Архитектура измерительной цепи. Передаточная функция акселерометра. Цифровая обработка сигнала. Принцип действия и преимущества компенсационных MEMS-акселерометров. Стабилизация и управление положением инерционной массы.
Тема 7. Принципы построения датчиков давления, и топология тензорезисторов	Классификация MEMS-датчиков давления. Принципы работы: деформация мембраны → изменение сопротивления. Топология тензорезисторов на мембране: полупроводниковые и металлические. Виды давления: абсолютное, относительное, дифференциальное.
Тема 8. Датчики давления прямого и компенсационного преобразования	Прямые датчики: емкостные, тензорезистивные, пьезоэлектрические. Компенсационные датчики: принцип обратной связи, стабилизация формы мембраны. Преимущества и недостатки каждого типа. Применение в системах высотометрии и стабилизации БПЛА.

Тема 9. Принципы построения, конструкция, характеристики гироскопов	Общая схема MEMS-гироскопа. Резонансные и вибрационные гироскопы. Чувствительный элемент: колебательная система с двумя степенями свободы. Основные параметры: диапазон измерений, точность, потребляемая мощность, уровень шума.
Тема 10. Расчетные схемы и базовые уравнения движения микромеханических гироскопов	Модель динамики чувствительного элемента. Уравнения движения в условиях кориолисова эффекта. Анализ собственных частот и режимов колебаний. Влияние нелинейностей и технологических отклонений на работу гироскопа.
Тема 11. Электронная настройка и измерительная цепь микромеханического гироскопа прямого измерения	Архитектура электронной схемы: возбуждение, детектирование, усиление. Методы автоматической настройки резонансной частоты. Цифровая обработка выходного сигнала. Коррекция ошибок и компенсация дрейфа.
Тема 12. Динамические характеристики микромеханических гироскопов	Частотные и переходные характеристики. Время установления, полоса пропускания. Влияние внешних факторов: температура, вибрации, перегрузки. Методы повышения устойчивости и точности MEMS-гироскопов.

Занятия семинарского типа (Практические занятия)

Общие рекомендации по подготовке к семинарским занятиям. При подготовке к работе во время проведения занятий семинарского типа следует обратить внимание на следующие моменты: на процесс предварительной подготовки, на работу во время занятия, обработку полученных результатов, исправление полученных замечаний. Предварительная подготовка к учебному занятию семинарского типа заключается в изучении теоретического материала в отведенное для самостоятельной работы время, ознакомление с инструктивными материалами с целью осознания задач занятия.

Работа во время проведения занятия семинарского типа включает несколько моментов: а) консультирование обучающихся преподавателями с целью предоставления исчерпывающей информации, необходимой для самостоятельного выполнения предложенных преподавателем задач, б) самостоятельное выполнение заданий согласно обозначенной учебной программой тематики.

Тема 1. Терминология, история, применение, технологии микромеханических систем

1. Основные термины и определения: MEMS, МЭМС, микроактуаторы, микродатчики.
2. История развития MEMS-технологий.
3. Области применения MEMS в авиации, космосе, автомобилестроении, БПЛА.
4. Обзор технологий производства MEMS: фотолитография, травление, поверхностный и объемный микромонтаж.

Тема 2. Прямые преобразователи

1. Классификация прямых преобразователей.
2. Емкостные, пьезоэлектрические и тензорезистивные MEMS-датчики.
3. Принцип действия и примеры применения.
4. Расчёт выходного сигнала при заданном механическом воздействии.

Тема 3. Обратные преобразователи

1. Принцип работы обратных преобразователей: электрический сигнал → механическое перемещение.
2. Электростатические, электромагнитные и пьезоэлектрические актуаторы.

3. Примеры использования в MEMS (например, микрозеркала, насосы).
4. Анализ зависимости силы/перемещения от управляющего напряжения.

Тема 4. Принципы построения и конструкция акселерометров

1. Общая структура MEMS-акселерометра.
2. Чувствительный элемент: инерционная масса, упругие подвесы, демпферы.
3. Виды конструкций: одномерные, двумерные, трёхмерные.
4. Особенности корпусирования и защиты от внешних факторов.

Тема 5. Уравнения движения и динамика чувствительных элементов акселерометров

1. Модель масса–пружина–демпфер.
2. Вывод дифференциального уравнения движения чувствительного элемента.
3. Резонансные частоты, амплитудно-частотные характеристики.
4. Практический расчет динамических параметров для типового MEMS-акселерометра.

Тема 6. Измерительные цепи и передаточные функции акселерометров прямого преобразования.

1. Акселерометры компенсационного преобразования
2. Архитектура измерительной цепи: предварительное усиление, фильтрация, аналого-цифровое преобразование.
3. Передаточная функция системы.
4. Принцип действия компенсационных акселерометров.
5. Стабилизация положения инерционной массы с помощью обратной связи.

Тема 7. Принципы построения датчиков давления, и топология тензорезисторов

1. Классификация MEMS-датчиков давления.
2. Принцип работы: деформация мембраны → изменение сопротивления.
3. Размещение тензорезисторов на мембране: полупроводниковые и металлические.
4. Схемы подключения и обработка сигнала.

Тема 8. Датчики давления прямого и компенсационного преобразования

1. Прямые датчики: емкостные, тензорезистивные, пьезоэлектрические.
2. Компенсационные датчики: принцип обратной связи, управление формой мембраны.
3. Сравнение характеристик и областей применения.
4. Примеры использования в системах высотомерии и стабилизации БПЛА.

Тема 9. Принципы построения, конструкция, характеристики гироскопов

1. Общая схема MEMS-гироскопа.
2. Резонансные и вибрационные гироскопы.
3. Конструкция чувствительного элемента: колебательная система с двумя степенями свободы.
4. Основные параметры: диапазон измерений, точность, уровень шума, потребляемая мощность.

Тема 10. Расчетные схемы и базовые уравнения движения микромеханических гироскопов

1. Модель динамики чувствительного элемента.
2. Уравнения движения с учетом кориолисова эффекта.
3. Анализ собственных частот и режимов колебаний.
4. Влияние нелинейностей и технологических отклонений.

Тема 11. Электронная настройка и измерительная цепь микромеханического гироскопа прямого измерения

1. Структура электронной схемы: возбуждение, детектирование, усиление.
2. Методы автоматической настройки резонансной частоты.

3. Цифровая обработка выходного сигнала.
4. Коррекция ошибок и компенсация дрейфа.

Тема 12. Динамические характеристики микромеханических гироскопов

1. Частотные и переходные характеристики.
2. Время установления, полоса пропускания.
3. Влияние внешних факторов: температура, вибрации, перегрузки.
4. Методы повышения устойчивости и точности MEMS-гироскопов.

Раздел 5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Наряду с чтением лекций и проведением семинарских занятий неотъемлемым элементом учебного процесса является *самостоятельная работа*. При самостоятельной работе достигается конкретное усвоение учебного материала, развиваются теоретические способности, столь важные для успешной подготовки и защиты выпускной работы бакалавра. Формы самостоятельной работы, обучаемых могут быть разнообразными. Самостоятельная работа включает: изучение литературы, веб-ресурсов, оценку, обсуждение и рецензирование публикуемых статей; ответы на контрольные вопросы; решение задач; самотестирование. Выполнение всех видов самостоятельной работы увязывается с изучением конкретных тем.

Самостоятельная работа

Наименование разделов/тем	Виды занятий для самостоятельной работы
Тема 1. Терминология, история, применение, технологии микромеханических систем	- усвоение изучаемого материала по рекомендуемой учебной, учебно-методической и научной литературе и/или по конспекту лекции; - выполнение устных упражнений; - выполнение письменных упражнений и практических работ; - выполнение творческих работ; - участие в проведении научных экспериментов, исследований
Тема 2. Прямые преобразователи	
Тема 3. Обратные преобразователи	
Тема 4. Принципы построения и конструкция акселерометров	
Тема 5. Уравнения движения и динамика чувствительных элементов акселерометров	
Тема 6. Измерительные цепи и передаточные функции акселерометров прямого преобразования. Акселерометры компенсационного преобразования	
Тема 7. Принципы построения датчиков давления, и топология тензорезисторов	
Тема 8. Датчики давления прямого и компенсационного преобразования	
Тема 9. Принципы построения, конструкция, характеристики гироскопов	- усвоение изучаемого материала по рекомендуемой учебной, учебно-методической и научной литературе и/или по конспекту лекции; - выполнение устных упражнений; - выполнение письменных упражнений и практических работ; - выполнение творческих работ; - участие в проведении научных экспериментов, исследований
Тема 10. Расчетные схемы и базовые уравнения движения микромеханических гироскопов	
Тема 11. Электронная настройка и измерительная цепь микромеханического гироскопа прямого измерения	
Тема 12. Динамические характеристики микромеханических гироскопов	

5.1. Примерная тематика эссе¹

1. Роль MEMS-датчиков в современных системах ориентации и навигации БПЛА
2. Эволюция MEMS-технологий: от научной идеи к массовому производству
3. Сравнительный анализ различных типов преобразователей в MEMS
4. Особенности проектирования MEMS-акселерометров для высокоточных инерциальных измерений
5. Моделирование динамики чувствительных элементов MEMS в CAD-системах
6. Измерительные цепи MEMS-датчиков: особенности построения и анализа
7. Компенсационные MEMS-акселерометры: преимущества и технические ограничения
8. Применение MEMS-датчиков давления в авиационных системах
9. Топология тензорезисторов на мембране: влияние на точность измерений давления
10. Сравнение MEMS-датчиков давления прямого и компенсационного преобразования
11. Перспективы использования MEMS-гироскопов в интегрированных навигационных системах
12. Устройство и принцип действия резонансного MEMS-гироскопа
13. Динамические характеристики MEMS-гироскопов: частотные и переходные функции
14. Электронная настройка MEMS-гироскопов: автоматическая подстройка резонансной частоты
15. Влияние внешних факторов (температура, вибрации, перегрузки) на работу MEMS
16. Проблемы метрологического обеспечения MEMS-датчиков
17. Алгоритмы компенсации дрейфа MEMS-гироскопов
18. Применение MEMS в малогабаритных инерциальных измерительных блоках (IMU)
19. Будущее MEMS-датчиков: новые материалы, конструкции и технологии
20. MEMS-сенсоры в системах распознавания движений и управления БПЛА
21. Проблемы долговременной стабильности MEMS-датчиков
22. Методы верификации математических моделей MEMS-устройств
23. Интеграция MEMS с цифровыми системами управления и обработки данных
24. Применение MEMS в наземных и подводных беспилотных системах
25. Экономическая выгода от внедрения MEMS-технологий в авиацию и робототехнику

5.2. Примерные задания для самостоятельной работы

Наименование разделов/тем	Тип задания
Тема 1. Терминология, история, применение, технологии микромеханических систем	Подготовьте краткий глоссарий из 15 терминов, связанных с MEMS (например: MEMS, МЭМС, тензорезистор, гироскоп, акселерометр и др.). Приведите примеры использования MEMS в различных отраслях (авиация, автомобилестроение, медицина, БПЛА).
Тема 2. Прямые преобразователи	Опишите принцип действия емкостного, пьезоэлектрического и тензорезистивного MEMS-датчика. Приведите графики зависимости выходного сигнала от входного механического воздействия для каждого типа.
Тема 3. Обратные преобразователи	Изучите устройство электростатического микроактюатора. Рассчитайте силу притяжения между обкладками конденсатора при заданном напряжении и зазоре.

¹ Перечень тем не является исчерпывающим. Обучающийся может выбрать иную тему по согласованию с преподавателем.

Тема 4. Принципы построения и конструкция акселерометров	Нарисуйте упрощённую схему MEMS-акселерометра. Охарактеризуйте основные элементы конструкции и их функции.
Тема 5. Уравнения движения и динамика чувствительных элементов акселерометров	Выведите дифференциальное уравнение движения чувствительного элемента акселерометра. Постройте АЧХ и ФЧХ системы при заданных параметрах массы, жёсткости и демпфирования.
Тема 6. Измерительные цепи и передаточные функции акселерометров прямого преобразования. Акселерометры компенсационного преобразования	Нарисуйте структурную схему измерительной цепи акселерометра. Объясните, как работает система компенсации в акселерометре с обратной связью.
Тема 7. Принципы построения датчиков давления, и топология тензорезисторов	Нарисуйте схему мембраны с расположенными на ней тензорезисторами. Объясните, почему расположение резисторов влияет на чувствительность датчика.
Тема 8. Датчики давления прямого и компенсационного преобразования	Сравните характеристики емкостного и тензорезистивного датчиков давления. Приведите таблицу сравнения по точности, диапазону измерений, энергопотреблению.
Тема 9. Принципы построения, конструкция, характеристики гироскопов	Опишите устройство и принцип действия вибрационного MEMS-гироскопа. Приведите основные технические характеристики современного MEMS-гироскопа.
Тема 10. Расчетные схемы и базовые уравнения движения микромеханических гироскопов	Запишите уравнения движения чувствительного элемента гироскопа. Объясните роль кориолисова ускорения в процессе измерения угловой скорости.
Тема 11. Электронная настройка и измерительная цепь микромеханического гироскопа прямого измерения	Опишите структуру электронной схемы MEMS-гироскопа. Объясните, как осуществляется автоматическая подстройка резонансной частоты.
Тема 12. Динамические характеристики микромеханических гироскопов	Рассчитайте полосу пропускания и время установления MEMS-гироскопа по заданным параметрам. Постройте график переходного процесса.

Раздел 6. Оценочные и методические материалы по образовательной программе (фонд оценочных средств) для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

6.1. Форма промежуточной аттестации обучающегося по учебной дисциплине

В процессе освоения учебной дисциплины для оценивания сформированности требуемых компетенций используются оценочные материалы (фонды оценочных средств), представленные в таблице

Планируемые результаты, характеризующие этапы формирования компетенции	Содержание учебного материала	Примеры контрольных вопросов и заданий для оценки знаний, умений, владений
ПК-2 Способен разрабатывать математические модели узлов, модулей и приборов в составе систем управления движением и навигации		
ПК-2.1.	П. 6.2 настоящей рабочей программы дисциплины	П. 6.3 настоящей рабочей программы дисциплины
ПК-2.2.	П. 6.2 настоящей рабочей программы дисциплины	П. 6.3 настоящей рабочей программы дисциплины
ПК-2.3	П. 6.2 настоящей рабочей программы дисциплины	П. 6.3 настоящей рабочей программы дисциплины

6.2. Типовые вопросы и задания

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (к зачету)

1. Основные понятия и термины в области микроэлектромеханических систем.
2. Историческое развитие MEMS-технологий и их роль в современной технике.
3. Области применения MEMS: авиация, автомобилестроение, медицина, БПЛА.
4. Технологии производства MEMS: фотолитография, травление, поверхностный и объемный микромонтаж.
5. Принцип действия прямых MEMS-преобразователей.
6. Емкостные, пьезоэлектрические и тензорезистивные типы преобразователей.
7. Характеристики прямых преобразователей и их применение в инерциальных системах.
8. Принцип действия обратных MEMS-преобразователей.
9. Электростатические, электромагнитные и пьезоэлектрические микроактуаторы.
10. Конструктивные особенности обратных преобразователей и их применение.
11. Общая структура MEMS-акселерометра.
12. Чувствительный элемент: инерционная масса, упругие подвесы, демпферы.
13. Особенности конструкции одномерных, двухмерных и трёхмерных MEMS-акселерометров.
14. Модель масса–пружина–демпфер для анализа динамики MEMS-акселерометра.
15. Дифференциальное уравнение движения чувствительного элемента.
16. Частотные характеристики и резонансные явления в MEMS-акселерометрах.
17. Архитектура измерительной цепи MEMS-акселерометра прямого преобразования.
18. Передаточная функция MEMS-акселерометра.
19. Принцип работы и преимущества акселерометров с компенсационным преобразованием.
20. Классификация MEMS-датчиков давления.
21. Принцип работы датчика давления на основе деформации мембраны.
22. Размещение и влияние тензорезисторов на чувствительность датчика давления.
23. Прямые датчики давления: емкостные, тензорезистивные, пьезоэлектрические.
24. Компенсационные датчики давления: принцип обратной связи и управление.
25. Сравнение характеристик и областей применения различных типов датчиков давления.
26. Общая схема MEMS-гироскопа и его назначение.
27. Резонансные и вибрационные MEMS-гироскопы: устройство и принцип действия.
28. Основные параметры MEMS-гироскопов: диапазон измерений, точность, уровень шума.
29. Модель динамики чувствительного элемента MEMS-гироскопа.
30. Уравнения движения с учетом кориолисова эффекта.
31. Анализ собственных частот и режимов колебаний MEMS-гироскопа.
32. Структура электронной схемы MEMS-гироскопа.
33. Методы автоматической настройки резонансной частоты.

34. Цифровая обработка выходного сигнала MEMS-гироскопа.
35. Частотные и переходные характеристики MEMS-гироскопов.
36. Время установления, полоса пропускания и быстродействие устройства.
37. Влияние внешних факторов (температура, вибрации, перегрузки) на работу MEMS-гироскопа.

6.3. Примерные тестовые задания

Полный банк тестовых заданий для проведения компьютерного тестирования находятся в электронной информационной образовательной среде и включает более 60 заданий, из которых в случайном порядке формируется тест, состоящий из 20 заданий.

Компетенции	Типовые вопросы и задания
ПК-2	1. Какой из перечисленных элементов является основным чувствительным элементом MEMS-акселерометра? А) Пружина Б) Инерционная масса В) Транзистор Г) Катушка индуктивности 2. Какой физический эффект используется в MEMS-гироскопах для измерения угловой скорости? А) Эффект Холла Б) Кориолисово ускорение В) Пьезоэлектрический эффект Г) Электромагнитная индукция 3. Какой тип преобразователя используется в MEMS-датчике, где механическое воздействие преобразуется в электрический сигнал? А) Обратный Б) Прямой В) Интегральный Г) Дифференциальный 4. Какой технологический процесс используется для создания микроструктур в MEMS? А) Лазерная сварка Б) Фотолитография В) Сварка трением Г) Магнитно-импульсная обработка 5. Что определяет резонансную частоту MEMS-гироскопа? А) Температурный режим Б) Геометрия и масса колебательной системы В) Цвет корпуса Г) Уровень освещённости 6. Какой параметр MEMS-акселерометра влияет на его чувствительность при малых ускорениях? А) Размер корпуса Б) Жёсткость пружины В) Напряжение питания Г) Частота дискретизации 7. Для чего применяются тензорезисторы в MEMS-датчиках давления? А) Для увеличения массы Б) Для преобразования деформации мембраны в изменение сопротивления В) Для защиты от влаги Г) Для повышения температуры 8. Какой тип MEMS-гироскопа наиболее часто используется в системах

	навигации БПЛА? А) Оптический Б) Вибрационный В) Роторный Г) Маятниковый 9. Какой метод позволяет повысить точность MEMS-гироскопа за счёт обратной связи? А) Компенсационное преобразование Б) Амплитудная модуляция В) Частотная коррекция Г) Фазовая автоподстройка 10. Какой закон лежит в основе моделирования динамики MEMS-акселерометра? А) Закон Ома Б) Второй закон Ньютона В) Закон сохранения энергии Г) Закон Бойля–Мариотта 11. Какой тип MEMS-датчика используется для измерения высоты полёта БПЛА? А) Акселерометр Б) Датчик давления В) Магнетометр Г) Датчик температуры 12. Какой вид сигнала формируется на выходе емкостного MEMS-датчика? А) Аналоговый Б) Дискретный В) Импульсный Г) Все перечисленные 13. Какой фактор наиболее сильно влияет на погрешность MEMS-гироскопа при длительной работе? А) Вибрация Б) Дрейф нуля В) Цвет корпуса Г) Скорость передачи данных 14. Что представляет собой математическая модель MEMS-устройства? А) Совокупность программных кодов Б) Уравнения, описывающие поведение устройства В) Перечень технических характеристик Г) График зависимости массы от размеров 15. Какой подход используется для верификации математической модели MEMS-датчика? А) Сравнение с эталонным образцом Б) Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными В) Упрощение уравнений Г) Изменение начальных условий
--	---

6.4. Оценочные шкалы

6.4.1. Оценивание текущего контроля

Целью проведения текущего контроля является достижение уровня результатов обучения в соответствии с индикаторами компетенций.

Текущий контроль может представлять собой письменные индивидуальные задания состоящие из 3-5 вопросов или в форме тестовых заданий по изученным темам до проведения промежуточной аттестации. Рекомендованный планируемый период проведения текущего контроля за 3 недели до промежуточной аттестации.

Шкала оценивания при тестировании

Оценка	Критерии выставления оценки
Зачтено	Количество верных ответов в интервале: 71-100%
Не зачтено	Количество верных ответов в интервале: 0-70%

Шкала оценивания при письменной работе

Оценка	Критерии выставления оценки
Зачтено	обучающийся должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Не зачтено	обучающийся демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу

6.4.2. Оценивание самостоятельной письменной работы (контрольной работы, эссе)

При оценке учитывается:

1. Правильность оформления
2. Уровень сформированности компетенций.
3. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
4. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
5. Логика, структура и грамотность изложения письменной работы.
6. Полнота изложения материала (раскрытие всех вопросов)
7. Использование необходимых источников.
8. Умение связать теорию с практикой.
9. Умение делать обобщения, выводы.

Шкала оценивания контрольной работы и эссе

Оценка	Критерии выставления оценки
Зачтено	Обучающийся должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Не зачтено	Обучающийся демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины;

	- существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу
--	--

6.4.3. Оценивание ответов на вопросы и выполнения заданий промежуточной аттестации

При оценке знаний учитывается уровень сформированности компетенций:

1. Уровень усвоения теоретических положений дисциплины, правильность формулировки основных понятий и закономерностей.
2. Уровень знания фактического материала в объеме программы.
3. Логика, структура и грамотность изложения вопроса.
4. Умение связать теорию с практикой.
5. Умение делать обобщения, выводы.

Шкала оценивания на экзамене, зачете с оценкой

Оценка	Критерии выставления оценки
Отлично	Обучающийся должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо	Обучающийся должен: - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; - достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно	Обучающийся должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно	Обучающийся демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу.

Шкала оценивания на зачете

Оценка	Критерии выставления оценки
--------	-----------------------------

Зачтено	Обучающийся должен: уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; продемонстрировать прочное, достаточно полное усвоение знаний программного материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; правильно формулировать определения; последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Не зачтено	Обучающийся демонстрирует: незнание значительной части программного материала; не владение понятийным аппаратом дисциплины; существенные ошибки при изложении учебного материала; неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумение делать выводы по излагаемому материалу.

6.4.4. Тестирование

Шкала оценивания

Оценка	Критерии выставления оценки
Отлично	Количество верных ответов в интервале: 71-100%
Хорошо	Количество верных ответов в интервале: 56-70%
Удовлетворительно	Количество верных ответов в интервале: 41-55%
Неудовлетворительно	Количество верных ответов в интервале: 0-40%
Зачтено	Количество верных ответов в интервале: 41-100%
Не зачтено	Количество верных ответов в интервале: 0-40%

6.5. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания сформированных компетенций в соответствии с ООП

Качество знаний характеризуется способностью обучающегося точно, структурированно и уместно воспроизводить информацию, полученную в процессе освоения дисциплины, в том виде, в котором она была изложена в учебном издании или преподавателем.

Умения, как правило, формируются на занятиях семинарского типа. Задания, направленные на оценку умений, в значительной степени требуют от обучающегося проявления стереотипности мышления, т.е. способности выполнить работу по образцам, с которыми он работал в процессе обучения. Преподаватель же оценивает своевременность и правильность выполнения задания.

Навыки можно трактовать как автоматизированные умения, развитые и закрепленные осознанным самостоятельным трудом. Навыки формируются при самостоятельном выполнении обучающимися практико-ориентированных заданий, моделирующих решение им производственных и социокультурных задач в соответствующей области профессиональной деятельности, как правило, при выполнении домашних заданий, курсовых проектов (работ), научно-исследовательских работ, прохождении практик, при работе индивидуально или в составе группы и т.д.

Устный опрос – это процедура, организованная как специальная беседа преподавателя с группой обучающихся (фронтальный опрос) или с отдельными обучающимися (индивидуальный опрос) с целью оценки сформированности у них основных понятий и усвоения учебного материала. Устный опрос может использоваться как вид контроля и метод оценивания формируемых компетенций (как и качества их формирования) в рамках самых разных форм контроля, таких как: собеседование, коллоквиум, зачет, экзамен по дисциплине. Устный опрос (УО) позволяет оценить знания и кругозор обучающегося, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки. УО обладает большими

возможностями воспитательного воздействия преподавателя. Воспитательная функция УО имеет ряд важных аспектов: профессионально-этический и нравственный аспекты, дидактический (систематизация материала при ответе, лучшее запоминание материала при интеллектуальной концентрации), эмоциональный (радость от успешного прохождения собеседования) и др. Обучающая функция УО состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту или экзамену. УО обладает также мотивирующей функцией: правильно организованное собеседование, коллоквиум, зачёт и экзамен могут стимулировать учебную деятельность студента, его участие в научной работе.

Тесты являются простейшей формой контроля, направленной на проверку владения терминологическим аппаратом, современными информационными технологиями и конкретными знаниями в области фундаментальных и прикладных дисциплин. Тест может предоставлять возможность выбора из перечня ответов (один или несколько правильных ответов).

Семинарские занятия. Основное назначение семинарских занятий по дисциплине – обеспечить глубокое усвоение обучающимися материалов лекций, прививать навыки самостоятельной работы с литературой, воспитывать умение находить оптимальные решения в условиях изменяющихся отношений, формировать современное профессиональное мышление обучающихся. На семинарских занятиях преподаватель проверяет выполнение самостоятельных заданий и качество усвоения знаний, умений, определяет уровень сформированности компетенций.

Коллоквиум может служить формой не только проверки, но и повышения производительности труда студентов. На коллоквиумах обсуждаются отдельные части, разделы, темы, вопросы изучаемого курса, обычно не включаемые в тематику семинарских и других практических учебных занятий, а также рефераты, проекты и иные работы обучающихся.

Доклад, сообщение – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

Контрольная работа – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Профессионально-ориентированное эссе – это средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием аналитического инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной профессионально-ориентированной проблеме.

Реферат – продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.

Ситуационный анализ (кейс) – это комплексный анализ ситуации, имевший место в реальной практике профессиональной деятельности специалистов. Комплексный анализ включает в себя следующие составляющие: причинно-следственный анализ (установление причин, которые привели к возникновению данной ситуации, и последствий ее развертывания), системный анализ (определение сущностных предметно-содержательных характеристик, структуры ситуации, ее функций и др.), ценностно-мотивационный анализ (построение системы оценок ситуации, ее составляющих, выявление мотивов, установок, позиций действующих лиц); прогностический анализ (разработка перспектив развития событий по позитивному и негативному сценарию), рекомендательный анализ (выработка рекомендаций относительно поведения действующих лиц ситуации), программно-целевой анализ (разработка программ деятельности для разрешения данной ситуации).

Творческое задание – это частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения интегрировать знания различных научных областей, аргументировать собственную точку зрения, доказывать правильность своей позиции. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Деловая и/или ролевая игра – совместная деятельность группы обучающихся и преподавателя под управлением преподавателя с целью решения учебных и профессионально-ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.

«Круглый стол», дискуссия – интерактивные оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения. Занятие может проводить по традиционной (контактной) технологии, либо с использованием телекоммуникационных технологий.

Проект – конечный профессионально-ориентированный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Раздел 7. Методические указания для обучающихся по основанию дисциплины

Освоение обучающимся учебной дисциплины предполагает изучение материалов дисциплины на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проходят в форме лекций, семинаров и практических занятий. Самостоятельная работа включает разнообразный комплекс видов и форм работы обучающихся.

Для успешного освоения учебной дисциплины и достижения поставленных целей необходимо внимательно ознакомиться с настоящей рабочей программы учебной дисциплины. Следует обратить внимание на список основной и дополнительной литературы, которая имеется в электронной библиотечной системе Университета. Эта информация необходима для самостоятельной работы обучающегося.

При подготовке к аудиторным занятиям необходимо помнить особенности каждой формы его проведения.

Подготовка к учебному занятию лекционного типа. С целью обеспечения успешного обучения обучающийся должен готовиться к лекции, поскольку она является важнейшей формой организации учебного процесса, поскольку: знакомит с новым учебным материалом; разъясняет учебные элементы, трудные для понимания; систематизирует учебный материал; ориентирует в учебном процессе.

С этой целью: внимательно прочитайте материал предыдущей лекции; ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям с темой прочитанной лекции; внесите дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради; запишите возможные вопросы, которые вы зададите лектору на лекции по материалу изученной лекции; постарайтесь уяснить место изучаемой темы в своей подготовке; узнайте тему предстоящей лекции (по тематическому плану, по информации лектора) и запишите информацию, которой вы владеете по данному вопросу

Предварительная подготовка к учебному занятию семинарского типа заключается в изучении теоретического материала в отведенное для самостоятельной работы время, ознакомление с инструктивными материалами с целью осознания задач занятия.

Самостоятельная работа. Для более углубленного изучения темы задания для самостоятельной работы рекомендуется выполнять параллельно с изучением данной темы. При выполнении заданий по возможности используйте наглядное представление материала.

Подготовка к зачету, экзамену. К зачету, экзамену необходимо готовится целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине. Попытки освоить учебную дисциплину в период зачетно-экзаменационной сессии, как правило, приносят не слишком удовлетворительные результаты. При подготовке к зачету обратите внимание на защиту практических заданий на основе теоретического материала. При подготовке к экзамену по теоретической части выделите в вопросе главное, существенное (понятия,

признаки, классификации и пр.), приведите примеры, иллюстрирующие теоретические положения.

7.1. Методические рекомендации по написанию эссе

Эссе (от французского *essai* – опыт, набросок) – жанр научно-публицистической литературы, сочетающей подчеркнуто-индивидуальную позицию автора по конкретной проблеме.

Главными особенностями, которые характеризуют эссе, являются следующие положения:

- собственная позиция обязательно должна быть аргументирована и подкреплена ссылками на источники, авторитетные точки зрения и базироваться на фундаментальной науке. Небольшой объем (4–6 страниц), с оформленным списком литературы и сносками на ее использование;
- стиль изложения – научно-исследовательский, требующий четкой, последовательной и логичной системы доказательств; может отличаться образностью, оригинальностью, афористичностью, свободным лексическим составом языка;
- исследование ограничивается четкой, лаконичной проблемой с выявлением противоречий и разрешением этих противоречий в данной работе.

7.2. Методические рекомендации по использованию кейсов

Кейс-метод (Case study) – метод анализа реальной ситуации, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Кейс как метод оценки компетенций должен удовлетворять следующим требованиям:

- соответствовать четко поставленной цели создания;
- иметь междисциплинарный характер;
- иметь достаточный объем первичных и статистических данных;
- иметь соответствующий уровень сложности, иллюстрировать типичные ситуации,

иметь актуальную проблему, позволяющую применить разнообразные методы анализа при поиске решения, иметь несколько решений.

Кейс-метод оказывает содействие развитию умения решать проблемы с учетом конкретных условий и при наличии фактической информации. Он развивает такие квалификационные характеристики, как способность к проведению анализа и диагностики проблем, умение четко формулировать и высказывать свою позицию, умение общаться, дискутировать, воспринимать и оценивать информацию, которая поступает в вербальной и невербальной форме.

7.3. Требования к компетентностно-ориентированным заданиям для демонстрации выполнения профессиональных задач

Компетентностно-ориентированное задание – это всегда практическое задание, выполнение которого нацелено на демонстрацию доказательств наличия у обучающихся общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, знаний, умений, необходимых для будущей профессиональной деятельности.

Компетентностно-ориентированные задания бывают разных видов:

- направленные на подготовку конкретного практико-ориентированного продукта (анализ документов, текстов, критика, разработка схем и др.);
- аналитического и диагностического характера, направленные на анализ различных аспектов и проблем;
- связанные с выполнением основных профессиональных функций (выполнение конкретных действий в рамках вида профессиональной деятельности, например, формулирование целей миссии, и т. п.).

Раздел 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература²

1. Широбокова, О. Е. Метрология, стандартизация и сертификация: учебно-методическое пособие к изучению дисциплины и выполнению практических работ по дисциплине «Метрология стандартизация и сертификация» / О. Е. Широбокова, А. М. Никитин. — Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. — 90 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/147631.html>

2. Бабенко, М. Г. Метрология, стандартизация и сертификация. Лабораторные работы: практикум / М. Г. Бабенко, Л. Г. Бокова. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 123 с. — ISBN 978-5-4497-2359-8. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/133410.html>

Дополнительная литература³

1. Остертак, Д. И. Микроэлектромеханика: учебное пособие / Д. И. Остертак. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 121 с. — ISBN 978-5-7782-2901-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91603.html>

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине: интернет-ресурсы, современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы

Интернет-ресурсы

URL: <https://www.IPRsmarthop.ru/> – электронно-библиотечная система IPRsmart.

Информационно-справочные и поисковые системы

Справочная правовая система «КонсультантПлюс»: <http://www.con-sultant.ru>

Современные профессиональные базы данных

URL:<http://www.edu.ru/> – библиотека федерального портала «Российское образование»

URL:<http://www.prilib.ru> – Президентская библиотека

URL:<http://www.rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека

URL:<http://elibrary.rsl.ru/> – сайт Российской государственной библиотеки (раздел «Электронная библиотека»)

URL:<http://elib.gnpbu.ru/> – сайт Научной педагогической электронной библиотеки им. К.Д. Ушинского

Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Комплект лицензионного программного обеспечения

Операционная система "Атлант" - Atlant Academ от 24.01.2024 г. (бессрочно)

Антивирусное программное обеспечение ESET NOD32 Antivirus Business Edition договор № ИС00-006348 от 14.10.2022 г. (срок действия до 13.10.2025 г.)

Программное обеспечение «Мираполис» система вебинаров - Лицензионный договор №107/06/24-к от 27.06.2024 (Спецификация к Лицензионному договору №107/06/24-к от 27.06.2024, от 27.06.2024 г., срок действия с 01.07.2024 по 31.07.2025 г.)

Электронная информационно-образовательная среда «1С: Университет» договор от 10.09.2018 г. №ПРКТ-18281 (бессрочно)

Система тестирования Indigo лицензионное соглашение (Договор) от 07.11.2018 г. №Д-54792 (бессрочно)

Информационно-поисковая система «Консультант Плюс» - Договор №МИ-ВИП-79717-56/2022 (бессрочно)

Электронно-библиотечная система IPRsmart лицензионный договор от 01.09.2024 г.

² Из ЭБС

³ Из ЭБС

№11652/24С (срок действия до 31.08.2027 г.)

Научная электронная библиотека eLIBRARY лицензионный договор SCIENC INDEX № SIO -3079/2025 от 28.01.2025 г. (срок действия до 27.01.2026 г.)

Программное обеспечение отечественного производства:

Операционная система "Атлант" - Atlant Academ от 24.01.2024 г. (бессрочно)

Электронная информационно-образовательная среда «1С: Университет» договор от 10.09.2018 г. №ПРКТ-18281 (бессрочно)

Система тестирования Indigo лицензионное соглашение (Договор) от 07.11.2018 г. №Д-54792 (бессрочно)

Информационно-поисковая система «Консультант Плюс» - Договор №МИ-ВИП-79717-56/2022 (бессрочно)

Электронно-библиотечная система IPRsmart лицензионный договор от 01.09.2024 г. №11652/24С (срок действия до 31.08.2027 г.)

Научная электронная библиотека eLIBRARY лицензионный договор SCIENC INDEX № SIO -3079/2025 от 28.01.2025 г. (срок действия до 27.01.2026 г.)

Электронно-библиотечная система:

Электронная библиотечная система (ЭБС): <http://www.iprbookshop.ru/>

Раздел 9. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	<u>Оборудование:</u> специализированная мебель (мебель аудиторная (11 столов, 22 стула, доска аудиторная навесная), стол преподавателя, стул преподавателя, измеритель шероховатости TR200, скоба цифровая рычажная СРЦ-25, скобы цифровые рычажные СРЦ-50, штангенциркуль цифровой ШЦЦ-I-150-0,01, штангенциркуль цифровой ШЦЦ-II-250-0,01, микрометр гладкий цифровой МК Ц 50, микрометр гладкий цифровой МК Ц 25, нутромер цифровой, оптиметры вертикальный и горизонтальный. <u>Технические средства обучения:</u> персональный компьютер; мультимедийное оборудование (проектор, экран).
Помещение для самостоятельной работы	Специализированная мебель (9 столов, 9 стульев), персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета