

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:
637517d24e103c3db032acf37e0b9488a51e215e10c29ac1760798754d7



**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
ТЕОРИЯ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

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

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

Форма обучения: очная

Рабочая программа дисциплины «Теория гироскопических систем». Направление подготовки 24.03.02 Системы управления движением и навигация, профиль: «Цифровые системы управления и навигация беспилотных аппаратов» / В. Н. Назаров– М.: ИМПЭ им. А.С. Грибоедова. – 28с.

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>В. Н. Назаров, 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 «Теория гироскопических систем» является: формирование у студентов теоретической базы и практических навыков по разработке и анализу математических моделей гироскопических систем, используемых в задачах ориентации, стабилизации и навигации подвижных объектов, а также развитие способности применять полученные знания к решению инженерных задач проектирования и исследования цифровых систем управления для беспилотных аппаратов.

Основные задачи дисциплины: ознакомить студентов с физическими основами работы гироскопических систем; изучить методы математического описания поведения гироскопов: кинематика, динамика, прецессия, нутация; научить строить модели механических и МЭМС-гироскопов с использованием аналитических и численных методов; развить умение исследовать динамическое поведение гироскопов в условиях внешних воздействий; применять математические модели гироскопов в задачах управления движением БПЛА, роботов и летательных аппаратов; исследовать влияние параметров гироскопа на точность определения ориентации объекта; развить навыки сравнения различных типов гироскопов на основе их моделей и характеристик.

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 «Теория гироскопических систем» изучается в 5, 6, 7 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
5 семестр							
4	144	32	32		44		36 экзамен
6 семестр							
4	144	32	32		44		36 экзамен
7 семестр							
4	144	32	32		44		36 экзамен
Итого по дисциплине							
12	432	96	96		132		108

**Тематический план дисциплины
Очная форма обучения**

Разделы / Темы	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Текущий контроль	Контроль, промежуточная аттестация	Всего часов
5 семестр						
Раздел 1. Механика гироскопических систем						
Тема 1.1 Динамика вращательного движения твердого тела	4	4	4			12
Тема 1.2. Параметры ориентации и описание вращений твердого тела	4	4	6			14
Тема 1.3. Методы составления уравнений движения динамических систем	4	4	6			14
Раздел 2. Гироскопические инерциальные чувствительные элементы						
Тема 2.1. Гироскопы в кардановом подвесе.	4	4	4			12
Тема 2.2. Гироскопы со сферическим подвесом ротора	4	4	6			14
Тема 2.3. Динамически настраиваемые гироскопы.	4	4	6			14
Тема 2.4. Оптические гироскопы.	4	4	6			14
Тема 2.5. Волновые твердотельные гироскопы	4	4	6			14

экзамен					36	36
итого за 5 семестр	32	32	44		36	144
6 семестр						
Раздел 3. Датчики угловой скорости.						
Тема 3.1. Датчики угловой скорости прямого преобразования.	4	4	4			12
Тема 3.2. Датчики угловой скорости компенсационного типа.	4	4	6			14
Тема 3.3. Датчики угловой скорости на основе динамически настраиваемого гироскопа.	4	4	6			14
Тема 3.4. Датчики угловой скорости на основе волнового твердотельного гироскопа	4	4	6			14
Раздел 4. Инерциальные измерительные блоки и их калибровка.						
Тема 4.1. Архитектура инерциальных измерительных блоков	4	4	4			12
Тема 4.2. Основные погрешности инерциальных измерительных блоков	4	4	6			14
Тема 4.3. Методы калибровки инерциальных измерительных блоков	4	4	6			14
Тема 4.4. Практические аспекты использования ИИБ в реальных системах	4	4	6			14
экзамен					36	36
итого за 6 семестр	32	32	44		36	144
7 семестр						
Раздел 5. Применение гироскопических систем в БПЛА						
Тема 5.1. Роль гироскопических систем в обеспечении устойчивости и управления БПЛА	4	4	4			12
Тема 5.2. Алгоритмы фильтрации и оценки ориентации	4	4	4			12
Тема 5.3. Интеграция гироскопов с другими датчиками	4	4	4			12

Тема 5.4. Особенности применения гироскопов в различных типах БПЛА	4	4	6			14
Раздел 6. Перспективы развития гироскопических систем						
Тема 6.1. Современные тенденции в развитии гироскопических технологий	4	4	4			12
Тема 6.2. Искусственный интеллект и машинное обучение в обработке гироскопической информации	4	4	4			12
Тема 6.3. Интеграция гироскопов в многофункциональные сенсорные модули	4	4	4			12
Тема 6.4. Будущее гироскопических систем в беспилотных и автономных технологиях	4	4	4			12
Курсовая работа			10			10
экзамен					36	36
итого за 7 семестр	32	32	44		36	144
Итого по дисциплине	96	96	132		108	432

Структура и содержание дисциплины

Наименование разделов и тем	Содержание темы
Раздел 1. Механика гироскопических систем	
Тема 1.1 Динамика вращательного движения твердого тела	Основные законы динамики вращательного движения. Тензор инерции, главные оси инерции. Уравнения Эйлера для свободного и вынужденного вращения. Гироскопический эффект и его физическая природа.
Тема 1.2. Параметры ориентации и описание вращений твердого тела	Углы Эйлера и их применение. Кватернионное представление ориентации. Матрица направляющих косинусов. Преобразования между различными параметрами ориентации.
Тема 1.3. Методы составления уравнений движения динамических систем	Обобщенные координаты и силы. Уравнения Лагранжа второго рода. Применение вариационных принципов механики. Моделирование движения гироскопических систем.
Раздел 2. Гироскопические инерциальные чувствительные элементы	
Тема 2.1. Гироскопы в кардановом подвесе.	Конструктивные особенности. Принцип действия двух- и трёхстепенных гироскопов. Достоинства и недостатки карданного подвеса. Возможности применения в инерциальных системах.
Тема 2.2. Гироскопы со сферическим подвесом ротора	Особенности конструкции и работы. Устойчивость вращения ротора. Влияние внешних воздействий на точность измерений.

Тема 2.3. Динамически настраиваемые гироскопы.	Принцип динамической настройки. Компенсация внешних возмущений. Сферы применения и перспективы развития.
Тема 2.4. Оптические гироскопы.	Интерферометрический лазерный гироскоп (ИЛГ). Фотонно-волновой гироскоп (ФВГ). Принцип Сагннака. Преимущества и ограничения оптических технологий.
Тема 2.5. Волновые твердотельные гироскопы	Принцип волновой инерциальной чувствительности. Конструкция и режимы работы. Особенности эксплуатации и точностные характеристики.
Раздел 3. Датчики угловой скорости.	
Тема 3.1. Датчики угловой скорости прямого преобразования.	Принцип действия и конструкция. Выходной сигнал и методы его обработки. Типичные ошибки и способы их минимизации.
Тема 3.2. Датчики угловой скорости компенсационного типа.	Принцип компенсации. Использование обратной связи. Высокая точность и стабильность показаний.
Тема 3.3. Датчики угловой скорости на основе динамически настраиваемого гироскопа.	Интеграция ДНГ в сенсорные модули. Схемы измерения и обработки сигнала. Применение в высокоточных системах.
Тема 3.4. Датчики угловой скорости на основе волнового твердотельного гироскопа	Методы регистрации изменения колебаний. Алгоритмы цифровой обработки сигналов. Перспективы использования в мобильных системах.
Раздел 4. Инерциальные измерительные блоки и их калибровка.	
Тема 4.1. Архитектура инерциальных измерительных блоков	Состав и функциональная структура. Типы используемых датчиков. Взаимное расположение осей измерения.
Тема 4.2. Основные погрешности инерциальных измерительных блоков	Систематические и случайные ошибки. Нестабильность нуля, масштабный фактор, неортогональность. Температурные и динамические погрешности.
Тема 4.3. Методы калибровки инерциальных измерительных блоков	Этапы калибровки: статическая и динамическая. Методы поворотных столов и алгоритмическая коррекция. Автоматизация процесса калибровки.
Тема 4.4. Практические аспекты использования ИИБ в реальных системах	Учет условий эксплуатации. Влияние вибраций, ударов, температуры. Сопряжение с другими системами БПЛА.
Раздел 5. Применение гироскопических систем в БПЛА	
Тема 5.1. Роль гироскопических систем в обеспечении устойчивости и управления БПЛА	Задачи оценки ориентации и стабилизации. Влияние гироскопов на качество управления. Требования к точности и быстродействию.
Тема 5.2. Алгоритмы фильтрации и оценки ориентации	Фильтр Калмана и его модификации. Кватернионные фильтры. Совместная обработка данных с нескольких датчиков.
Тема 5.3. Интеграция гироскопов с другими датчиками	Связь с акселерометрами, магнитометрами, GPS. Мультисенсорная фузия. Повышение надежности и отказоустойчивости.
Тема 5.4. Особенности применения гироскопов в различных типах БПЛА	Вертолёты, мультикоптеры, самолёты. Особенности динамики и требования к

	навигации. Адаптация гироскопических систем под конкретный класс аппаратов.
Раздел 6. Перспективы развития гироскопических систем	
Тема 6.1. Современные тенденции в развитии гироскопических технологий	Миниатюризация, снижение энергопотребления. Повышение точности и долговечности. Новые материалы и технологии производства.
Тема 6.2. Искусственный интеллект и машинное обучение в обработке гироскопической информации	Применение нейронных сетей для исправления ошибок. Предиктивная аналитика и адаптивная фильтрация. Самообучающиеся системы оценки состояния.
Тема 6.3. Интеграция гироскопов в многофункциональные сенсорные модули	Создание МЭМС-сенсоров нового поколения. Встроенные процессоры и цифровые интерфейсы. Программируемые датчики и совместимость с IoT.
Тема 6.4. Будущее гироскопических систем в беспилотных и автономных технологиях	Развитие автономного управления и навигации. Использование в робототехнике, наземном и подводном транспорте. Влияние на развитие умных городов и Industry 4.0.

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.

Раздел 1. Механика гироскопических систем

Тема 1.1 Динамика вращательного движения твердого тела

1. Решение задач на применение основного закона динамики вращательного движения.
2. Вычисление момента сил, момента импульса, момента инерции относительно различных осей.
3. Анализ движения тела под действием внешних моментов сил.
4. Исследование влияния начальных условий на характер вращения твёрдого тела.

Тема 1.2. Параметры ориентации и описание вращений твердого тела

1. Преобразования между углами Эйлера (крен, тангаж, рыскание) и матрицей направляющих косинусов.
2. Перевод параметров ориентации из кватернионного представления в углы Эйлера и обратно.
3. Вычисление производных параметров ориентации при заданных угловых скоростях.
4. Практические расчёты изменения ориентации тела при вращении вокруг различных осей.

Тема 1.3. Методы составления уравнений движения динамических систем

1. Применение принципа Даламбера–Лагранжа и уравнений Лагранжа второго рода.
2. Составление уравнений движения для моделей с несколькими степенями свободы.
3. Включение в уравнения обобщённых координат, скоростей, сил и связей.

4. Учёт гироскопических моментов в уравнениях движения.

Раздел 2. Гироскопические инерциальные чувствительные элементы

Тема 2.1. Гироскопы в кардановом подвесе.

1. Анализ кинематики и динамики движения гироскопа в кардановом подвесе.
2. Расчёт гироскопических моментов при различных ориентациях осей.
3. Исследование влияния внешних возмущений на точность измерения угловых скоростей.
4. Построение упрощённых моделей движения двух- и трёхосных гироскопов.

Тема 2.2. Гироскопы со сферическим подвесом ротора

1. Определение условий свободного вращения ротора в сферическом подвесе.
2. Анализ взаимодействия внутренних и внешних моментов сил.
3. Моделирование реакции гироскопа на вращение основания.
4. Сравнение точностных и динамических характеристик с другими типами гироскопов.

Тема 2.3. Динамически настраиваемые гироскопы.

1. Анализ режимов работы ДНГ при различных условиях внешнего воздействия.
2. Исследование зависимости выходного сигнала от параметров настройки.
3. Расчёт компенсации внешних возмущений в режиме автонулевки.
4. Моделирование переходных процессов в ДНГ при изменении внешней угловой скорости.

Тема 2.4. Оптические гироскопы.

1. Анализ интерференционных эффектов в кольцевых лазерах и волоконно-оптических гироскопах.
2. Расчёт разности фаз между встречными волнами.
3. Исследование факторов, влияющих на точность измерения угловой скорости (шум, дрейф, масштабный фактор).
4. Сравнение преимуществ и недостатков оптических гироскопов относительно механических аналогов.

Тема 2.5. Волновые твердотельные гироскопы

1. Изучение механизма возбуждения и распространения упругих волн в осесимметричных телах.
2. Анализ влияния вращения основания на форму и ориентацию упругих колебаний.
3. Расчёт параметров выходного сигнала ВТГ.
4. Сравнение ВТГ с другими типами гироскопов по надёжности, массогабаритным показателям и точности.

Раздел 3. Датчики угловой скорости.

Тема 3.1. Датчики угловой скорости прямого преобразования.

1. Анализ физических основ преобразования угловой скорости в электрический сигнал.
2. Расчёт выходного напряжения или тока при заданных значениях угловой скорости.
3. Исследование влияния нелинейностей, дрейфа нуля и шумов на точность измерений.
4. Построение передаточных функций типовых датчиков.

Тема 3.2. Датчики угловой скорости компенсационного типа.

1. Изучение принципа компенсации возникающих моментов при вращении.
2. Расчёт управляющего сигнала, необходимого для поддержания нулевого положения чувствительного элемента.
3. Моделирование динамики замкнутой системы с обратной связью.
4. Анализ влияния параметров контура регулирования на точность и быстродействие.

Тема 3.3. Датчики угловой скорости на основе динамически настраиваемого гироскопа.

1. Определение режимов работы ДНГ как датчика угловой скорости.

2. Расчёт выходного сигнала при различных входных воздействиях.
3. Исследование влияния параметров настройки на точность и диапазон измерений.
4. Анализ ошибок, вызванных температурными и вибрационными воздействиями.

Тема 3.4. Датчики угловой скорости на основе волнового твердотельного гироскопа

1. Анализ зависимости амплитуды и фазы упругих колебаний от угловой скорости вращения.
2. Расчёт выходного сигнала датчика на основе параметров колебаний.
3. Исследование факторов, влияющих на стабильность и точность измерений.
4. Сравнение ВТГ с другими типами датчиков по надёжности и массогабаритным показателям.

Раздел 4. Инерциальные измерительные блоки и их калибровка.

Тема 4.1. Архитектура инерциальных измерительных блоков

1. Обзор компонентов ИИБ: акселерометры, гироскопы, магнитометры.
2. Принципы работы МЭМС-датчиков и лазерных гироскопов.
3. Топология размещения осей чувствительности.
4. Виды выходных сигналов и интерфейсы подключения.

Тема 4.2. Основные погрешности инерциальных измерительных блоков

1. Систематические и случайные погрешности.
2. Нулевой сдвиг (смещение), масштабный коэффициент, несоосность.
3. Температурная зависимость параметров.
4. Дрейф показаний во времени.

Тема 4.3. Методы калибровки инерциальных измерительных блоков

1. Калибровка акселерометров: определение смещения и масштабного коэффициента.
2. Калибровка гироскопов: определение смещения и температурной зависимости.
3. Алгоритмы автоматической калибровки в полевых условиях.
4. Использование эталонных положений и поворотных столов.

Тема 4.4. Практические аспекты использования ИИБ в реальных системах

1. Влияние вибраций и внешних помех на показания датчиков.
2. Временные задержки и частота обновления данных.
3. Взаимодействие ИИБ с другими подсистемами БПЛА.
4. Выбор ИИБ для конкретной задачи (навигация, стабилизация, управление).

Раздел 5. Применение гироскопических систем в БПЛА

Тема 5.1. Роль гироскопических систем в обеспечении устойчивости и управления БПЛА

1. Участие гироскопов в контуре обратной связи.
2. Формирование управляющих команд на основе угловых скоростей.
3. Реализация режимов стабилизации и автономного полёта.
4. Примеры использования гироскопов в различных типах БПЛА.

Тема 5.2. Алгоритмы фильтрации и оценки ориентации

1. Фильтр Махони, Мэдджвик, Махони.
2. Комплементарный фильтр.
3. Расширенный фильтр Калмана для оценки ориентации.
4. Сравнение эффективности различных алгоритмов.

Тема 5.3. Интеграция гироскопов с другими датчиками

1. Физический и информационный уровни интеграции датчиков.
2. Синхронизация и согласование шкал измерений.
3. Объединение данных от гироскопов, акселерометров, GPS, магнитометров.
4. Примеры аппаратных и программных решений.

Тема 5.4. Особенности применения гироскопов в различных типах БПЛА

1. Различия в динамике и требованиях к системе управления.
2. Особенности установки и ориентации датчиков.
3. Влияние конструктивных особенностей на работу гироскопов.
4. Анализ требований к точности, быстродействию и надежности.

Раздел 6. Перспективы развития гироскопических систем

Тема 6.1. Современные тенденции в развитии гироскопических технологий

1. Развитие МЭМС-гироскопов, волоконно-оптических, лазерных.
2. Миниатюризация, снижение энергопотребления, повышение точности.
3. Новые материалы и технологии производства.
4. Обзор рынка гироскопов и тенденции развития.

Тема 6.2. Искусственный интеллект и машинное обучение в обработке гироскопической информации

1. Предварительная обработка данных, удаление шума, коррекция дрейфа.
2. Применение нейронных сетей для оценки ориентации и движения.
3. Обнаружение аномалий и отказов датчиков.
4. Автоматическая адаптация моделей к условиям эксплуатации.

Тема 6.3. Интеграция гироскопов в многофункциональные сенсорные модули

1. Мультисенсорные модули.
2. Преимущества интеграции и миниатюризации.
3. Примеры промышленных решений.
4. Проблемы совместимости и взаимодействия датчиков.

Тема 6.4. Будущее гироскопических систем в беспилотных и автономных технологиях

1. Роль гироскопов в системах автономного управления и навигации.
2. Гироскопы в робототехнике, беспилотных автомобилях, AR/VR.
3. Эволюция стандартов и протоколов передачи данных.
4. Этические и правовые аспекты применения автономных систем.

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
Раздел 1. Механика гироскопических систем Тема 1.1 Динамика вращательного движения твёрдого тела Тема 1.2. Параметры ориентации и описание вращений твёрдого тела	- усвоение изучаемого материала по рекомендуемой учебной, учебно- методической и научной литературе и/или по конспекту лекции; - выполнение письменных упражнений и практических работ; - выполнение творческих работ;

Наименование разделов/тем	Виды занятий для самостоятельной работы
Тема 1.3. Методы составления уравнений движения динамических систем	- участие в проведении научных экспериментов, исследований
Раздел 2. Гироскопические инерциальные чувствительные элементы Тема 2.1. Гироскопы в кардановом подвесе. Тема 2.2. Гироскопы со сферическим подвесом ротора Тема 2.3. Динамически настраиваемые гироскопы. Тема 2.4. Оптические гироскопы. Тема 2.5. Волновые твердотельные гироскопы	- усвоение изучаемого материала по рекомендуемой учебной, учебно- методической и научной литературе и/или по конспекту лекции; - выполнение письменных упражнений и практических работ; - выполнение творческих работ; - участие в проведении научных экспериментов, исследований
Раздел 3. Датчики угловой скорости. Тема 3.1. Датчики угловой скорости прямого преобразования. Тема 3.2. Датчики угловой скорости компенсационного типа. Тема 3.3. Датчики угловой скорости на основе динамически настраиваемого гироскопа. Тема 3.4. Датчики угловой скорости на основе волнового твердотельного гироскопа	- усвоение изучаемого материала по рекомендуемой учебной, учебно- методической и научной литературе и/или по конспекту лекции; - выполнение письменных упражнений и практических работ; - выполнение творческих работ; - участие в проведении научных экспериментов, исследований
Раздел 4. Инерциальные измерительные блоки и их калибровка. Тема 4.1. Архитектура инерциальных измерительных блоков Тема 4.2. Основные погрешности инерциальных измерительных блоков Тема 4.3. Методы калибровки инерциальных измерительных блоков Тема 4.4. Практические аспекты использования ИИБ в реальных системах	- усвоение изучаемого материала по рекомендуемой учебной, учебно- методической и научной литературе и/или по конспекту лекции; - выполнение письменных упражнений и практических работ; - выполнение творческих работ; - участие в проведении научных экспериментов, исследований
Раздел 5. Применение гироскопических систем в БПЛА Тема 5.1. Роль гироскопических систем в обеспечении устойчивости и управления БПЛА Тема 5.2. Алгоритмы фильтрации и оценки ориентации Тема 5.3. Интеграция гироскопов с другими датчиками Тема 5.4. Особенности применения гироскопов в различных типах БПЛА	- усвоение изучаемого материала по рекомендуемой учебной, учебно- методической и научной литературе и/или по конспекту лекции; - выполнение письменных упражнений и практических работ; - выполнение творческих работ; - участие в проведении научных экспериментов, исследований
Раздел 6. Перспективы развития гироскопических систем Тема 6.1. Современные тенденции в развитии гироскопических технологий	- усвоение изучаемого материала по рекомендуемой учебной, учебно- методической и научной литературе и/или по конспекту лекции;

Наименование разделов/тем	Виды занятий для самостоятельной работы
Тема 6.2. Искусственный интеллект и машинное обучение в обработке гироскопической информации Тема 6.3. Интеграция гироскопов в многофункциональные сенсорные модули Тема 6.4. Будущее гироскопических систем в беспилотных и автономных технологиях	- выполнение письменных упражнений и практических работ; - выполнение творческих работ; - участие в проведении научных экспериментов, исследований

5.1. Примерная тематика эссе¹

1. Гироскопы в науке и технике: от классических моделей до МЭМС.
2. Почему гироскопы остаются актуальными в век цифровых технологий?
3. Физические основы работы гироскопа: момент импульса, прецессия и нутация.
4. Как гироскопы помогают стабилизировать платформы в сложных условиях.
5. Механический гироскоп: история, устройство, ограничения практического применения.
6. Волоконно-оптические и лазерные гироскопы: принцип действия и перспективы развития.
7. МЭМС-гироскопы: миниатюризация и её влияние на робототехнику и БПЛА.
8. Сравнение точности, надежности и стоимости различных типов гироскопов.
9. Как обработать данные с гироскопа: комплементарный фильтр или фильтр Калмана?
10. Дрейф гироскопа: проблема или неизбежная плата за измерение угловой скорости?
11. Роль кватернионов в вычислении ориентации объекта в трёхмерном пространстве.
12. Интеграция гироскопа с акселерометром и магнитометром: преимущества и ограничения.
13. Как гироскопы обеспечивают устойчивость квадрокоптера в полете.
14. Гироскопическая стабилизация камеры: от военной техники до любительских дронов.
15. Применение гироскопов в подводной навигации: особенности и вызовы.
16. Инерциальная навигация без GPS: можно ли обойтись только гироскопами?
17. Искусственный интеллект в обработке данных гироскопов: возможно ли это?
18. Перспективы применения квантовых и фотонных гироскопов в будущих системах.
19. Гироскопы в составе спутниковых систем ориентации: требования и реализация.
20. Как проверить работоспособность гироскопической системы на действующем макете?
21. Гироскопы в системах автоматического управления летательных аппаратов.
22. Как гироскопы помогают строить системы навигации в условиях отсутствия GPS.

5.2. Примерные задания для самостоятельной работы

Наименование разделов и тем	Тип задания
Раздел 1. Механика гироскопических систем Тема 1.1 Динамика вращательного движения твердого тела Тема 1.2. Параметры ориентации и описание вращений твердого тела Тема 1.3. Методы составления уравнений движения динамических систем	1. Решить задачу на составление уравнений Эйлера для свободного вращения тела. Рассчитать момент импульса и кинетическую энергию вращающегося тела. Построить графики зависимости угловых скоростей от времени при различных начальных условиях. 2. Выполнить преобразование между углами Эйлера, кватернионами и матрицей направляющих косинусов. Реализовать численный алгоритм поворота твердого тела в трехмерном пространстве. 3. Составить уравнения Лагранжа второго рода для модели двухстепенного гироскопа. Смоделировать движение системы под действием внешних сил и

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

	моментов. Сравнить результаты моделирования с аналитическим решением.
Раздел 2. Гироскопические инерциальные чувствительные элементы Тема 2.1. Гироскопы в кардановом подвесе. Тема 2.2. Гироскопы со сферическим подвесом ротора Тема 2.3. Динамически настраиваемые гироскопы. Тема 2.4. Оптические гироскопы. Тема 2.5. Волновые твердотельные гироскопы	1. Описать устройство и принцип работы карданного подвеса. Рассчитать моменты инерции для каждого кольца подвески. Проанализировать влияние трения в шарнирах на точность измерений. 2. Изучить особенности конструкции и физические принципы функционирования. Рассчитать стабильность вращения ротора при различных нагрузках. 3. Объясните принцип динамической настройки и компенсации внешних воздействий. Рассчитать параметры балансировки гироскопа. Построить график зависимости погрешности измерения от изменения внешних условий. 4. Изучить принцип Сагннака и его реализацию в ИЛГ и ФВГ. Рассчитать разность фаз световых лучей при вращении. Оценить влияние лазерного шума на точность измерений. 5. Объясните механизм волновой инерциальной чувствительности. Опишите форму колебаний резонатора при вращении. Построить диаграмму распределения напряжений в резонаторе.
Раздел 3. Датчики угловой скорости. Тема 3.1. Датчики угловой скорости прямого преобразования. Тема 3.2. Датчики угловой скорости компенсационного типа. Тема 3.3. Датчики угловой скорости на основе динамически настраиваемого гироскопа. Тема 3.4. Датчики угловой скорости на основе волнового твердотельного гироскопа	1. Изучить принцип работы МЭМС-гироскопа. Построить выходную характеристику датчика в зависимости от угловой скорости. Оценить влияние температуры на показания датчика. Выполнить калибровку датчика на основе экспериментальных данных. 2. Построить схему компенсационного контура. Рассчитать коэффициент усиления и диапазон измеряемых скоростей. Провести сравнительный анализ с прямыми датчиками. 3. Описать схему включения ДНГ в состав датчика угловой скорости. Построить модель взаимодействия ДНГ с электронной системой. Изучить влияние возмущений на выходной сигнал. Подготовить технический отчет о применении таких датчиков в авиации. 4. Опишите метод регистрации изменений колебаний. Построить схему обработки сигнала. Рассчитать погрешности измерений при различных условиях. Выполнить анализ перспектив применения в мобильных системах.
Раздел 4. Инерциальные измерительные блоки и их калибровка. Тема 4.1. Архитектура инерциальных измерительных блоков Тема 4.2. Основные погрешности инерциальных измерительных блоков	1. Составить структурную схему ИИБ. Опишите назначение каждого модуля. Подобрать реальные чипы для создания ИИБ (например, MPU6050, ADIS16495). Выполнить расчёт потребляемой мощности и точности измерений. 2. Перечислить основные виды погрешностей (нулевой сдвиг, масштабный фактор, неортогональность). Рассчитать влияние каждой из них на точность ориентации. Построить график

Тема 4.3. Методы калибровки инерциальных измерительных блоков Тема 4.4. Практические аспекты использования ИИБ в реальных системах	зависимости ошибки от времени. Предложить способы минимизации этих ошибок. 3. Построить графики до и после калибровки. Реализовать автоматизированный алгоритм калибровки. Сравнить эффективность различных методов калибровки. 4. Подготовить рекомендации по установке ИИБ в БПЛА. Выполнить анализ влияния температуры и давления на точность. Предложить методы снижения влияния внешних факторов.
Раздел 5. Применение гироскопических систем в БПЛА Тема 5.1. Роль гироскопических систем в обеспечении устойчивости и управления БПЛА Тема 5.2. Алгоритмы фильтрации и оценки ориентации Тема 5.3. Интеграция гироскопов с другими датчиками Тема 5.4. Особенности применения гироскопов в различных типах БПЛА	1. Объясните роль гироскопов в системе стабилизации полёта. Построить схему взаимодействия с автопилотом. Выполнить анализ влияния дрейфа гироскопа на управление. Подготовить обзор современных систем стабилизации. 2. Реализовать фильтр Калмана для оценки ориентации. Построить графики оценки ориентации при различных входных данных. Выполнить анализ устойчивости алгоритмов к шуму. 3. Реализовать мультисенсорную фузию с акселерометром и магнитометром. Опишите протокол обмена данными. Выполнить синхронизацию данных с разных датчиков. Подготовить отчет о повышении точности за счет фузии. 4. Провести сравнительный анализ требований к гироскопам в мультироторных системах, самолётах и вертолётах. Подготовить таблицу с выбором гироскопа в зависимости от типа БПЛА. Опишите влияние динамики полета на выбор гироскопа. Предложить схему размещения ИИБ на платформе.
Раздел 6. Перспективы развития гироскопических систем Тема 6.1. Современные тенденции в развитии гироскопических технологий Тема 6.2. Искусственный интеллект и машинное обучение в обработке гироскопической информации Тема 6.3. Интеграция гироскопов в многофункциональные сенсорные модули Тема 6.4. Будущее гироскопических систем в беспилотных и автономных технологиях	1. Подготовить обзор новых МЭМС-сенсоров 2023–2024 годов. Сравнить характеристики гироскопов старого и нового поколений. Составить прогноз развития технологии на ближайшие 5 лет. Подготовить презентацию с анализом рынка. 2. Реализовать предиктивную модель ошибок на основе LSTM. Сравнить классический и нейросетевой подходы. Подготовить отчет о применимости ИИ в реальном времени. 3. Изучить возможности интеграции гироскопа с процессором и интерфейсами. Построить схему цифрового сенсорного модуля. Провести анализ преимуществ интеграции. Подготовить чертеж печатной платы с модулем. 4. Опишите роль гироскопов в автономных автомобилях и дронах-такси. Подготовить обзор систем навигации без GPS. Выполнить SWOT-анализ перспектив применения гироскопов в автономных системах.

5.3. Тематика курсовых работ (проектов)

1. Моделирование вращательного движения твердого тела с использованием уравнений Эйлера.
2. Исследование гироскопического эффекта в условиях внешних возмущений.
3. Сравнительный анализ параметров ориентации: углы Эйлера, кватернионы, матрица направляющих косинусов.
4. Реализация алгоритма перехода между различными системами параметров ориентации.
5. Составление уравнений движения гироскопической системы методом Лагранжа.
6. Исследование устойчивости свободного вращения твердого тела.
7. Анализ влияния момента инерции на поведение гироскопа.
8. Моделирование динамически настраиваемого гироскопа в среде MATLAB/Simulink.
9. Исследование особенностей волнового твердотельного гироскопа.
10. Разработка программной модели лазерного интерферометрического гироскопа.
11. Сравнение характеристик точности различных типов гироскопов.
12. Исследование конструктивных особенностей карданного подвеса.
13. Анализ преимуществ и недостатков оптических гироскопов.
14. Моделирование работы волнового твердотельного гироскопа (ВТГ).
15. Разработка программно-аппаратного стенда для исследования гироскопов.
16. Исследование влияния внешней динамики на показания МЭМС-гироскопов.
17. Сравнение динамических характеристик оптических и механических гироскопов.
18. Разработка модели компенсационного датчика угловой скорости.
19. Исследование принципа работы ДНГ (динамически настраиваемого гироскопа).
20. Оценка влияния трения в подвесах на стабильность гироскопа.
21. Калибровка МЭМС-гироскопа без использования поворотного стола.
22. Разработка алгоритма автоматической калибровки ИИБ.
23. Исследование влияния температурных факторов на точность ИИБ.
24. Оценка систематических погрешностей трехосного гироскопа.
25. Создание программного обеспечения для обработки данных ИИБ.
26. Исследование взаимного влияния осей в инерциальных модулях.
27. Разработка модели шумов и ошибок в гироскопических датчиках.
28. Анализ влияния вибраций на работу инерциального измерительного блока.
29. Исследование долговременной стабильности МЭМС-гироскопов.
30. Оценка эффективности различных методов фильтрации сигналов ИИБ.
31. Интеграция гироскопа в бортовую систему управления БПЛА.
32. Разработка алгоритма оценки ориентации БПЛА на основе гироскопа.
33. Исследование влияния гироскопа на устойчивость полета мультикоптера.
34. Создание программного модуля для оценки ориентации с использованием фильтра Калмана.
35. Сравнение алгоритмов оценки ориентации: Махони, Мэдджвик, Калман.
36. Разработка системы коррекции ошибок гироскопа в реальном времени.
37. Исследование влияния дрейфа гироскопа на навигацию БПЛА.
38. Интеграция гироскопа с GPS и акселерометром в составе навигационного комплекса.
39. Исследование применения гироскопов в наземных автономных роботах.
40. Разработка программного обеспечения для тестирования гироскопических систем в режиме реального времени.
41. Проектирование и сборка простого инерциального измерительного блока на базе МЭМС-гироскопа.
42. Исследование влияния размещения датчика внутри конструкции БПЛА на его показания.
43. Измерение характеристик дрейфа МЭМС-гироскопа в условиях реального полета.
44. Разработка мобильного стенда для тестирования гироскопических систем.
45. Создание беспроводного модуля передачи данных с гироскопа по Bluetooth/Wi-Fi.
46. Исследование влияния электромагнитных помех на работу гироскопического датчика.
47. Тестирование МЭМС-гироскопа в условиях повышенной вибрации.
48. Разработка программного обеспечения для визуализации данных гироскопа в реальном времени.

49. Исследование зависимости точности гироскопа от напряжения питания.
50. Реализация комплементарного фильтра для оценки ориентации на основе гироскопа и акселерометра.
51. Сравнение эффективности различных модификаций фильтра Калмана.
52. Разработка алгоритма адаптивной фильтрации гироскопических сигналов.
53. Исследование влияния параметров ковариационных матриц на работу фильтра Калмана.
54. Построение модели шума датчика для корректной настройки фильтра.
55. Оценка ориентации с использованием нелинейного фильтра частиц (particle filter).
56. Применение метода максимального правдоподобия для коррекции дрейфа гироскопа.
57. Создание программного модуля для прогнозирования дрейфа гироскопа во времени.
58. Исследование применимости фильтра Чебышева в задачах оценки ориентации.
59. Разработка алгоритма обнаружения аномалий в сигналах гироскопа.
60. Оценка возможности использования низкочастотного МЭМС-гироскопа в составе системы стабилизации БПЛА.

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 экзамену 5 семестр)

1. Основные понятия и законы вращательного движения твердого тела.
2. Тензор инерции и его физический смысл в задачах ориентации.
3. Главные оси инерции и их роль в упрощении уравнений движения.
4. Уравнения Эйлера и их применение в моделировании гироскопических систем.
5. Гироскопический момент и его влияние на поведение вращающихся тел.
6. Гироскопический эффект и его проявления в реальных системах.
7. Параметры ориентации: углы Эйлера и их практическое применение.
8. Кватернионное представление ориентации и его преимущества перед углами Эйлера.
9. Матрица направляющих косинусов как способ описания ориентации.
10. Преобразования между различными параметрами ориентации.
11. Методы составления уравнений движения с использованием принципа Даламбера.

12. Применение уравнений Лагранжа второго рода при моделировании гироскопических систем.
13. Конструкция и особенности работы гироскопов в карданном подвесе.
14. Недостатки карданного подвеса и способы их устранения.
15. Преимущества карданного подвеса в современных системах.
16. Принцип работы гироскопов со сферическим подвесом ротора.
17. Стабильность вращения ротора в условиях внешних воздействий.
18. Особенности конструкции и функционирования динамически настраиваемых гироскопов (ДНГ).
19. Компенсация внешних возмущений в динамически настраиваемых гироскопах.
20. Принцип работы лазерного интерферометрического гироскопа (ИЛГ).
21. Фотонно-волновой гироскоп: устройство и основные характеристики.
22. Явление Саньяка и его применение в оптических гироскопах.
23. Волновые твердотельные гироскопы: принцип волновой чувствительности.

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (к экзамену 6 семестр)

1. Устройство и работа датчиков угловой скорости прямого преобразования.
2. Анализ выходного сигнала и ошибок датчиков прямого типа.
3. Принцип компенсационного измерения угловой скорости.
4. Использование обратной связи в компенсационных датчиках.
5. Интеграция динамически настраиваемого гироскопа в модуль измерения угловой скорости.
6. Обработка сигналов в датчиках на основе ДНГ.
7. Регистрация изменений колебаний в волновых твердотельных гироскопах.
8. Цифровые методы обработки сигналов в современных датчиках угловой скорости.
9. Сравнение точностных характеристик различных типов датчиков угловой скорости.
10. Выбор датчика угловой скорости в зависимости от условий эксплуатации.
11. Архитектура современного инерциального измерительного блока.
12. Состав и взаимодействие компонентов ИСБ.
13. Систематические погрешности инерциальных датчиков: причины и последствия.
14. Случайные погрешности и способы их минимизации.
15. Статическая калибровка ИИБ: методы и этапы.
16. Динамическая калибровка: условия применения и эффективность.
17. Алгоритмы автоматической калибровки ИИБ.
18. Влияние температурных факторов на работу ИИБ.
19. Влияние вибраций и ударов на показания инерциальных датчиков.
20. Практические рекомендации по установке и эксплуатации ИИБ в реальных системах.

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (к экзамену 7 семестр)

1. Роль гироскопических систем в обеспечении устойчивости и управления БПЛА.
2. Задачи стабилизации и ориентации при управлении полетом БПЛА.
3. Алгоритмы оценки ориентации: сравнение фильтра Калмана и других подходов.
4. Применение кватернионов в задачах оценки ориентации БПЛА.
5. Мультисенсорная фузия данных от гироскопа, акселерометра и магнитометра.
6. Повышение отказоустойчивости навигационных систем за счет интеграции датчиков.
7. Особенности применения гироскопов в вертолетах и мультироторных системах.
8. Адаптация гироскопических систем для различных типов беспилотных летательных аппаратов.
9. Современные тенденции в миниатюризации гироскопических систем.
10. Развитие МЭМС-гироскопов: достижения последних лет.
11. Снижение энергопотребления гироскопических датчиков.
12. Повышение точности и долговечности современных гироскопов.
13. Использование новых материалов в производстве чувствительных элементов.

14. Применение нанотехнологий в создании высокоточных гироскопов.
15. Интеграция гироскопов в multifunctional цифровые сенсорные модули.
16. Роль цифровых интерфейсов (I2C, SPI, CAN) в современных гироскопах.
17. Программируемые МЭМС-сенсоры нового поколения.
18. Встроенные процессоры в гироскопических датчиках для обработки сигналов.
19. Искусственный интеллект как инструмент для коррекции ошибок гироскопов.
20. Машинное обучение для прогнозирования дрейфа и шума гироскопа.
21. Использование нейронных сетей в задачах фильтрации и оценки ориентации.
22. Обучение на реальных данных (data-driven подход) в обработке гироскопической информации.
23. Адаптивные алгоритмы фильтрации с использованием ИИ.
24. Самообучающиеся системы на основе гироскопических данных.
25. Глубокие рекуррентные сети для анализа временных рядов от гироскопов.

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. Какое уравнение используется для описания вращательного движения твёрдого тела? A) $F=ma$ B) $M=I \cdot \varepsilon$ C) $L=I \cdot \omega$ D) $T=J \cdot \theta''$ 2. Что представляет собой тензор инерции? A) Матрица массы тела B) Вектор момента импульса C) Матрица, связывающая угловую скорость с моментом импульса D) Скалярная величина, характеризующая вращение 3. Уравнения Эйлера описывают: A) Движение точки в инерциальной системе координат B) Вращение твёрдого тела вокруг неподвижной точки C) Линейное движение тела D) Кинематика точки 4. Для чего используются кватернионы в задачах ориентации? A) Для упрощения вычисления ускорений B) Для описания поворотов без проблем с «блокировкой карданного подвеса» C) Для расчёта сил трения D) Для упрощения записи законов Ньютона 5. Какой метод используется для составления уравнений движения гироскопической системы? A) Закон Ома B) Принцип Гамильтона C) Уравнение теплопроводности D) Метод конечных элементов 6. Какой параметр определяет чувствительность МЭМС-гироскопа? A) Частота резонанса B) Температурный коэффициент C) Коэффициент трения

- D) Напряжение питания
7. Какой алгоритм используется для оценки ориентации на основе данных гироскопа и акселерометра?
- A) Преобразование Фурье
B) Фильтр Калмана
C) Алгоритм RSA
D) Алгоритм Шеннона
8. Что такое дрейф гироскопа?
- A) Изменение температуры датчика
B) Систематическая погрешность измерения угловой скорости с течением времени
C) Колебания выходного сигнала
D) Реакция на линейное ускорение
9. Какой тип математической модели используется для описания ошибок ИИБ?
- A) Детерминированная модель
B) Стохастическая модель
C) Оба варианта
D) Ни один из вариантов
10. Какие данные необходимы для калибровки трехосевого гироскопа?
- A) Только напряжение питания
B) Измерения при различных положениях датчика
C) Температура окружающей среды
D) Только начальное положение
11. Какой физический эффект используется в волновых твердотельных гироскопах?
- A) Эффект Кориолиса
B) Явление Саньяка
C) Гироскопический момент
D) Электромагнитная индукция
12. Какой вид имеет уравнение связи между кватернионом ориентации и угловой скоростью?
- A) $\dot{q} = 2\mathbf{q} \otimes \omega$
B) $\dot{q} = \mathbf{q} \cdot \omega$
C) $\dot{q} = 2\mathbf{\omega} \times \mathbf{q}$
D) $\dot{q} = \mathbf{q} + \omega$
13. Какой метод используется для численного решения уравнений движения гироскопической системы?
- A) Метод Рунге–Кутты
B) Метод простых итераций
C) Метод Гаусса
D) Метод деления отрезка пополам
14. Какой параметр влияет на точность работы динамически настраиваемого гироскопа?
- A) Цвет корпуса
B) Жёсткость подвески
C) Время отклика процессора
D) Сопротивление воздуха
15. Какова роль обратной связи в компенсационном гироскопе?
- A) Увеличение потребляемой мощности
B) Компенсация внешних возмущений

	С) Упрощение конструкции D) Снижение массы устройства
--	--

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 организованные 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 готовиться 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 зрениями 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. Волков, Е. Б. Теоретическая механика: учебник / Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков. — Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 222 с. — ISBN 978-5-4497-4453-1. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/151828.html>

2. Загоровский, В. В. Прикладная механика: учебное пособие / В. В. Загоровский, Д. А. Сибриков, Е. С. Губин. — Новосибирск: Сибирский государственный университет водного транспорта, 2024. — 151 с. — ISBN 978-5-8119-0988-9. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/148849.html>

Дополнительная литература³

1. Гумерова, Х. С. Теоретическая механика: задачник / Х. С. Гумерова, М. К. Сагдатуллин. — Казань: Издательство КНИТУ, 2023. — 124 с. — ISBN 978-5-7882-3374-1. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/147830.html>

2. Детали машин: рабочие чертежи деталей машин: учебное пособие / Н. А. Артищева, Я. С. Гончарова, В. Г. Межов [и др.]. — Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, 2022. — 166 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/146508.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

² Из ЭБС

³ Из ЭБС

27.06.2024, от 27.06.2024 г., срок действия с 01.07.2024 по 31.07.2025 г.)

Электронная информационно-образовательная среда «ІС: 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.)

Программное обеспечение отечественного производства:

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

Электронная информационно-образовательная среда «ІС: 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. <u>Технические средства обучения:</u> персональный компьютер; мультимедийное оборудование (проектор, экран); плакаты: Общий вид ГС – 9; Контактное устройство; Рычаг; Пульт лабораторной установки; Установка приспособления на гироузел СГ.
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