МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»
Ответственный за образовательную программу
доц.,к.т.н.,доц.
(должность, уч. степень, звание)
В.К. Пономарев
(подпись)
«18» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Инерциально-спутниковые навигационные комплексы»
(Название дисциплины)

Код направления	24.04.02
Наименование направления	Системы управления движением и навигация
Наименование направленности	Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2025 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)
доц.,к.т.н.,доц. — В.К. Пономарев
должность, уч. степень, звание — подпись, дата — инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13
«18» февраля 2025 г, протокол № 7

Заведующий кафедрой № 13
доц.,к.т.н.,доц. — Н.А. Овчинникова
должность, уч. степень, звание — подпись, дата — инициалы, фамилия

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

доц.,к.т.н. — В.Е. Таратун
должность, уч. степень, звание — подпись, дата — инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «Инерциально-спутниковые навигационные комплексы» входит в образовательную программу высшего образования – программу магитратуры по направлению подготовки/ специальности 24.04.02 «Системы управления движением и навигация» направленности «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации». Дисциплина реализуется кафедрой «№13».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен формировать новые направления научных исследований и опытно- конструкторских разработок»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретическими и практическими методами и алгоритмами интеграции инерциальных и спутниковых навигации, являющиеся информационной основой современных систем автоматического управления движением подвижных аэрокосмических объектов. Рассматриваются назначение, решаемые задачи и принципы построения, а также приводятся алгоритмы функционирования бесплатформенных инерциальных измерительных модулей, приемной аппаратуры спутниковых навигационных систем. Приводятся математические модели погрешностей инерциальных модулей, построенных на различных типах гироскопов. Изложены современное состояние и проблемы разработки основных инерциальных модулей, а также определены современные требования и состав интеграции системы ориентации и навигации для современных аэрокосмических объектов различных классов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является подготовка к профессиональной деятельности магистров в области наукоемких отраслей техники и технологии, охватывающие проблемы интегрирования взаимодействующих измерительных, информационных, вычислительных, управляющих и энергетических систем, построенных на элементах и узлах высокоточной механики, нано- и микромеханики с электронными, электротехническими, оптическими и компьютерными компонентами, и обеспечивающей проектирование и производство качественно новых оптимальных, адаптивных и интеллектуальных систем и комплексов управления движением, навигации, ориентации в целом и их подсистем для подвижных объектов различного назначения. Имеет своею целью приобретение знаний и навыков, необходимых для проведения научных исследований и создания интегрированных систем ориентации и навигации (ИСОН), построенных на основе бескарданных инерциальных измерительных модулей (БИИМ) и приемной аппаратуры GPS/ГЛОНАСС. ИСОН предназначены для систем управления как объектов, движущихся вблизи поверхности Земли, так и для орбитальных космических аппаратов.

Объектами профессиональной деятельности выпускников являются: управляющие, пилотажно-навигационные и электроэнергетические комплексы летательных аппаратов; приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации; системы управления летательными аппаратами

1.2.Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок	ПК-1.З.1 знать современные тенденции развития приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации летательных аппаратов и техники в целом ПК-1.У.1 уметь на основе новых знаний формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок ПК-1.В.1 владеть современными методами аналитического анализа, математического и имитационного моделирования, постановки экспериментальных исследований

2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- Математика. Математический анализ;
- Физика;
- Методы и системы сбора и обработки данных;
- Методы теории фильтрации в задачах навигации и управления;
- Современная теория управления;
- Спутниковые навигационные системы.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при проведении научно-исследовательской работыиз и подготовке ВКР.

3. Объем и трудоемкость дисциплины дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№ 3
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	5/ 180	5/ 180
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час., ***В том числе***	34	34
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	54	54
Самостоятельная работа, всего (час)	92	92
Вид промежуточной аттестации:	Экзамен	Экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции	ПЗ (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 3					
Раздел 1.Теория инерциальных и корректирующих систем Тема 1.1.Назначение и требования к интегрированным системам ориентации и навигации. Структура построения систем. Тема 1. 2 Алгоритмы функционирования бескарданных инерциальных измерительных модулей Тема 1.3. Методы и алгоритмы навигационных определений в спутниковых и радиотехнических наземных навигационных системах	5	5			32
Раздел 2. Математические модели ошибок и алгоритмы комплексирования инерциальных и корректирующих систем Тема 2.1. Модели погрешностей инерциальных измерительных модулей Тема 2.2. Модели погрешностей интегрированных системы ориентации и навигации. Тема 2.3 Коррекция инерциальных систем от доплеровского измерителя скорости или лага Тема 2.4 Алгоритмы комплексирования в рамках слабо и жестко связанных систем	8	8			32

Раздел 3.Анализ точности комплексных систем Тема 3.1. Анализ точности интегрированных систем ориентации и навигации а выработке навигационных и динамических параметров движения подвижных объектов на лазерных гироскопах и волоконно-оптических гироскопах Тема 3.2. Интегрированная система ориентации и навигации на микромеханических гироскопах и акселерометрах, анализ точности и область применения	4	4			28
Итого в семестре:	17	17			92
Итого:	17	17	0	0	92

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	**Раздел 1.Теория инерциальных и корректирующих систем** Тема 1.1. Назначение и требования к интегрированным системам ориентации и навигации. Структура построения систем. Современное состояние (анализ отечественных и зарубежных систем) и перспектива развития. Режимы работы, алгоритмы и модели погрешностей Тема 1.2. Алгоритмы функционирования бескарданных инерциальных измерительных модулей Акселерометры и датчики угловой скорости, их типы, физические принципы, на которых они работают. Алгоритмы задачи интеграции данных БИИМ и СНС. Измерения, расчетная модель, ковариационный и оценочный каналы ФК, формирование обратных связей. Моделирование непрерывных и дискретных алгоритмов ИСОН с БИИМ на лазерных, волоконно-оптических или микромеханических гироскопах в пакете MATLAB (Simulink). Тема 1.1. Методы и алгоритмы навигационных определений в спутниковыхи радиотехнических наземных навигационных системах Принципы действия спутниковых и радиотехнических наземных навигационных систем. Формат сигналов в спутниковых системах навигации. Приведение измерений к единому базису и формирование математических моделей ошибок.

2	**Раздел 2. Математические модели ошибок и алгоритмы комплексирования инерциальных и корректирующих систем** Тема 1.1. Модели погрешностей инерциальных инерциальных измерительных модулей. Модели ошибок акселерометров и датчиков угловой скорости различных типов. Методы и алгоритмы повышения точности инерциальных измерительных модулей. БИИМ на позиционных гироскопах. БИИМ на датчиках угловой скорости. Тема 1.2. Модели погрешностей интегрированных системы ориентации и навигации Уравнения ошибок систем инерциальной навигации. Основные инструментальные ошибки. Уравнения ошибок определения координат. Уравнения ошибок ориентации чувствительных элементов и определение заданных направлений в пространстве. Модель гиростабилизированной платформы с учетом составляющих дрейфа и ошибок акселерометров. Модель бесплатформенной ИНС с учетом ошибок акселерометров и ДУС. Тема 1.3. Коррекция инерциальных систем от доплеровского измерителя скорости или лага Демпфирование ИНС с использованием информации о скорости от допплеровского измерителя скорости. Исследование устойчивости и уравнения ошибок. Тема 1.4. Алгоритмы комплексирования в рамках слабо и жестко связанных систем Схемы алгоритмов, исследование их свойств. Реализация алгоритмов и их моделирование для аэрокосмических систем. Современное состояние, основные проблемы и пути их решения
3	**Раздел 3. Анализ точности комплексных систем** Тема 1.1. Анализ точности интегрированных систем ориентации и навигации а выработке навигационных и динамических параметров движения подвижных объектов на лазерных гироскопах и волоконно-оптических гироскопах ИСОН на основе БИИМ с измерительным блоком на лазерных гироскопах. Анализ результатов стендовых испытаний, влияние внешнего магнитного поля. ИСОН для орбитальных КА. Структура построения. Имитационная модель работы в пакете MATLAB (Simulink), анализ погрешностей Тема 3.2. Интегрированная система ориентации и навигации на микромеханических гироскопах и акселерометрах, анализ точности и область применения. Метрологические характеристики микромеханических гироскопов и акселерометров. Модули инерциальных чувствительных элементов. Особенности построения алгоритмов обработки сигналов гироскопов и акселерометров при формировании курсовертикали. Счисление координат. Комплексирование координатной информации с данными спутниковой навигационной системы.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисцип-лины
Семестр 3				
1	Структура построения интегрированных систем	Составление и анализ структур	1	1.1
2	Алгоритмы функционирования инерциальных измерительных модулей	Разработка алгоритмов функционирования инерциальных измерительных модулей	2	1.2
3	Алгоритмы навигационных определений	Анализ алгоритмов инерциальной навигации	2	1.3
4	Модели погрешностей инерциальных измерительных модулей	Разработка моделей погрешностей инерциальных измерительных модулей	2	2.1
5	Модели погрешностей интегрированных системы ориентации и навигации	Анализ погрешностей интегрированных системы ориентации и навигации	2	2.2
6	Коррекция инерциальных систем от доплеровского измерителя скорости или лага	Разработка алгоритмов коррекции и их анализ	2	2.3
7	Алгоритмы комплексирования в рамках слабо и жестко связанных систем	Анализ слабо и жестко связанных систем	2	2.4
8	Анализ точности интегрированных систем ориентации и навигации ва выработке навигационных и динамических параметров движения подвижных объектов	Моделирование для анализа точности интегрированных систем ориентации и навигации	2	3.1
9	Исследование ошибок построителя курсовертикали на микромеханических гироскопах и акселерометрах	Имитационное моделирование	2	3.2
		Всего:	17	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено			
	Всего:		

4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 3, час
1	2	3
Самостоятельная работа, всего	92	92
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	60	60
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)	32	32
домашнее задание (ДЗ)		
контрольные работы заочников (КРЗ)		

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю);

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов указаны в п.п. 7-11..

6.Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке
629.7.05 А65	Андреев, В. Д. Теория инерциальной навигации. Корректируемые системы / В. Д.Андреев. - М. : Наука, 1967. - 647 с.	4
621.396.9 А73	О. Н. Анучин, Г. И. Емельянцев ; ред. В. Г. Пешехонов ;Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / Гос. науч. центр РФ - ЦНИИ "Электроприбор". - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб. : [б. и.], 2003. - 390 с.	3
629.7 М 59	Микросистемы ориентации беспилотных летательных аппаратов / Р. В. Алалуев [и др.] ред. В. Я. Распопов. - М. : Машиностроение, 2011. - 184 с. :	6
629.7 М 33	В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: Учебное пособие; ГНЦ РФ - ЦНИИ "Электроприбор", 2009. - 278 с.	1
681.5 Н 49	О. А. Степанов. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Учебное пособие. Ч. 2. Введение в теорию - СПб. : Изд-во ГНЦ РФ - ЦНИИ "Электроприбор", 2012. - 417 с.	20

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ

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

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
	Не предусмотрено

8. Перечень информационных технологий

8.1.Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
1.	MATLAB, MATHCAD

8.2.Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории
1	Лекционная аудитория	13-03а
2	Мультимедийная лекционная аудитория	13-04
3	Дисплейный класс	13-03в

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1.Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

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

10.2.В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
	деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3.Типовые контрольные задания или иные материалы:
Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Назначение и требования к интегрированным системам ориентации и навигации.	ПК-1.З.1
2	Структурные схемы систем ориентации и навигации.	ПК-1.З.1
3	Современное состояние (анализ отечественных и зарубежных систем) и перспектива развития.	ПК-1.З.1
4	Режимы работы, алгоритмы и модели погрешностей.	ПК-1.З.1
5	Алгоритмы функционирования бескарданных инерциальных измерительных модулей.	ПК-1.З.1

6	Акселерометры и датчики угловой скорости, их типы, физические принципы, на которых они работают.	ПК-1.З.1
7	Алгоритмы задачи интеграции данных БИИМ и СНС.	ПК-1.З.1
8	Измерения, расчетная модель, ковариационный и оценочный каналы ФК, формирование обратных связей.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
9	Методика моделирование непрерывных алгоритмов ИСОН с БИИМ на лазерных, волоконно-оптических или микромеханических гироскопах в пакете MATLAB (Simulink).	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
10	Методика моделирование дискретных алгоритмов ИСОН с БИИМ на лазерных, волоконно-оптических или микромеханических гироскопах в пакете MATLAB (Simulink).	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
11	Методы и алгоритмы навигационных определений в спутниковых и радиотехнических наземных навигационных системах.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
12	Принципы действия спутниковых и радиотехнических наземных навигационных систем. Формат сигналов в спутниковых системах навигации.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1,
13	Приведение измерений к единому базису и формирование математических моделей ошибок.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
14	Математические модели ошибок и алгоритмы комплексирования инерциальных и корректирующих систем.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
15	Модели погрешностей инерциальных инерциальных измерительных модулей.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
16	Модели ошибок акселерометров и датчиков угловой скорости различных типов.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
17	Методы и алгоритмы повышения точности инерциальных измерительных модулей.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
18	. БИИМ на позиционных гироскопах	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1,
19	БИИМ на датчиках угловой скорости.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1,
20	Модели погрешностей интегрированных системы ориентации и навигации.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
20	Уравнения ошибок систем инерциальной навигации.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
22	Основные инструментальные ошибки.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1,

23	Уравнения ошибок определения координат.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
24	Уравнения ошибок ориентации чувствительных элементов и определение заданных направлений в пространстве.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
25	Модель гиростабилизированной платформы с учетом составляющих дрейфа и ошибок акселерометров.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
26	Модель бесплатформенной ИНС с учетом ошибок акселерометров и ДУС.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
27	Коррекция инерциальных систем от доплеровского измерителя скорости или лага.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
28	Демпфирование ИНС с использованием информации о скорости от допплеровского измерителя скорости.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
29	Исследование устойчивости и уравнения ошибок.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
30	Алгоритмы комплексирования в рамках слабо и жестко связанных систем.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
30	Схемы алгоритмов, исследование их свойств.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
31	Реализация алгоритмов и их моделирование для аэрокосмических систем.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
33	Современное состояние, основные проблемы и пути их решения.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1,
33	Анализ точности комплексных систем.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
35	Анализ точности интегрированных систем ориентации и навигации на лазерных гироскопах.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
36	Анализ точности интегрированных систем ориентации и навигации на волоконно-оптических гироскопах.	ПК-1.З.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета представлены в таблице 16.

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

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

Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта представлены в таблице 17

Таблица 17– Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

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

Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании представлены в таблице 18

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
Задания/тесты для проверки остаточных знаний		
1	Тип 1 Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. Какую форму имеет Земля? 1. Сферы 2. Эллипсоида 3. Геоида 4. Неопределенную Эталонный ответ **4. Неопределенную** Вследствие неравномерного распределения масс в теле Земли, действия сил гравитации и вращения ее в пространстве поверхность Земли имеет неопределенную форму. Первое геометрическое приближение называют геоидом. Геоид это фигура Земли, образованная уровенной поверхностью, совпадающей с поверхностью Мирового океана в состоянии полного покоя и равновесия и продолженной под материками. Аппроксимацией геоида является геометрическая фигура называемая эллипсоидом. Для упрощенных расчетов эллипсоид заменяют сферой.	ПК-1
2	Тип 2 Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора. Какие системы координат используют при разработке вычислительных алгоритмов функционирования инерциальных навигационных систем при движении объекта в воздушном пространстве	ПК-1

<table>
<tr>
<td></td>
<td>
1. Земная система координат
2. Стартовая система координат
3. Нормальная система координат
4. Связанная система координат
5. Скоростная система координат
6. Полускоростная система координат
7. Траекторная система координат
Эталонный ответ
1. Земная система координат
2. Стартовая система координат
3. Нормальная система координат
4. Связанная система координат
5. Траекторная система координат
Земная система координат используется для определения местоположения подвижного объекта в околоземном пространстве. При этом данные могут быть указаны либо в виде декартовых или в форме полярных координат (широта и долгота). Нормальная система координат вводится для определения ориентации объекта относительно земной поверхности. Начало нормальной системы может быть жестко привязано к земной поверхности (условно неподвижная система) или располагаться в центре масс объекта (подвижная система). Существует несколько разновидностей этой системы. Например, если ось OX направляется по местному меридиану, то такую систему называют нормальной географической, если она направляется в заданную точку – ортодромической. Стартовая СК является частным случаем ортодромической СК. Положение связанной СК относительно нормальной СК определяет ориентацию объекта. Траекторная СК определяет положение вектора земной скорости относительно других СК. Скоростная и полускоростная СК, связанны с воздушной скоростью летательного аппарата. При рассмотрении вопросов навигационных определений эти системы не используют.
</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>3</td>
<td>
Тип 3 Задание закрытого типа на установление соответствия
Установите соответствие между формулами вычисления составляющих кажущегося ускорения и их физическим содержанием
<table>
<tr><td>1. $a_1 = 2\Omega_з \times V$,
где $\Omega_з$ - угловая скорость вращения Земли, V – скорость движения объекта</td><td>а. Ускорение сил гравитации</td></tr>
<tr><td>2. $a_2 = \omega \times V$,
где ω - угловая скорость вращения объекта относительно центра Земли</td><td>б. Ускорение относительно поверхности Земли (относительное ускорение)</td></tr>
</table>
</td>
<td>ПК-1</td>
</tr>
</table>

3. $a_3 = \Omega_з \times (\Omega_з \times R)$, где R – радиус Земли	в. Переносное ускорение, вызванное угловой скоростью вращения объекта относительно центра Земли
4. $a_4 = g$,	г. Переносное ускорение, вызванное угловой скоростью вращения Земли
5. $a_4 = \dot{V}$,	е. Ускорение Кориолиса

Эталонный ответ

Ключ с ответами

1	2	3	4	5
е	в	г	а	б

4 Тип 4 Задание закрытого типа на установление последовательности

ПК-1

Расположите в правильном порядке действия при подготовке ИНС к работе

а) Включение системы

б) Балансировка

в) Грубая выставка

г) Гирокомпасирование

д) Горизонтирование

Ключ с ответами

1	2	3	4	5
а	в	д	г	б

5 Тип 5 Задание открытого типа с развернутым ответом.

ПК-1

Укажите преимущества и недостатки бесплатформенных инерциальных систем ориентации и навигации по отношению к платформенным системам

Эталонный ответ

Бесплатформенные инерциальных систем ориентации и навигации гораздо проще платформенных в конструктивном плане, поскольку не содержат элементов прецизионной электромеханики. В связи с этим они обладают более высокой надежностью и существенно дешевле платформенных. Главный недостаток этих систем заключается в необходимости использования при их построении гироскопических датчиков и акселерометров с очень широким динамическим диапазоном, поскольку сигналы этих датчиков в составе бесплатформенных инерциальных систем ориентации и навигации содержат не только навигационную составляющую, но и компоненты, связанные с вращением объекта в пространстве. Измерительные устройства с широким динамическим диапазоном имеют более низкую

	точность измерения. В итоге область применения бесплатформенные инерциальных систем ориентации и навигации - это системы пониженной и средней точности.	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4.Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1.Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемы результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

– получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;

– получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;

– развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.

– появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;

– получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;

– научится методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);

– получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

– Изложение теоретических вопросов, связанных с рассматриваемой темой;

– Описание методов и алгоритмов, применяемых для решения технических задач моделирования электромеханических систем навигации и управления подвижными объектами;
– Демонстрация примеров решения задач;
– Обобщение изложенного материала;
– Ответы на возникающие вопросы по теме лекции.

11.2.Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

– закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;

– развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;

– овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;

– выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

– обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

При проведении практических занятий преподаватель должен
придерживаться следующего плана:
- изложить суть практического занятия и методику его выполнения;
- выдать индивидуальное задание каждому студенту группы;
- контролировать активность студентов в процессе выполнения задания;
- проверить результат выполнения задания и оценить полноту и качество выполнения по 100 бальной шкале рейтинга;
- отметить в журнале посещения персональное присутствие студентов;
- провести консультации по пропущенным темам практических занятий;
- проверить результаты самостоятельного освоения материала по пропущенным темам.

11.3.Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются учебно-методический материал по дисциплине.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Порядок прохождения текущего контроля успеваемости определяется Положениями ГУАП «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине в форме экзамена.

Система оценок и требования к методам проведения промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой