



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ  
ИМЕНИ ГЛАВНОГО МАРШАЛА АВИАЦИИ А.А.НОВИКОВА»**

**УТВЕРЖДАЮ**



Ректор

/ Ю.Ю. Михальчевский

апреля 2024 года

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Идентификация и оценивание в беспилотных авиационных системах**

Направление подготовки  
**25.04.03 Аэронавигация**

Направленность программы (профиль)  
**Интеллектуальные технологии в беспилотных авиационных системах**

Квалификация выпускника  
**магистр**

Форма обучения  
**очная**

Санкт-Петербург  
2024

## 1 Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Идентификация и оценивание в беспилотных авиационных системах»: формирование компетенций для успешной профессиональной деятельности выпускника в части проектирования системы «летательный аппарат + система управления».

Задачами освоения дисциплины являются:

- знакомство с принципами и подходами к определению оценки состояния и параметров летательных аппаратов (ЛА);
- изучение управляемости, наблюдаемости и модального управления;
- формирование умения анализировать конструирование регуляторов, дискретный и непрерывный фильтры Калмана– Бьюси.
- формирование навыка решения задач модального управления, оптимальной стационарной фильтрации, аналитического конструирования автопилотов, взаимосвязь управляемости и наблюдаемости.

Дисциплина «Идентификация и оценивание в беспилотных авиационных системах» обеспечивает подготовку обучающегося к решению задач профессиональной деятельности научно-исследовательского типа.

## 2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Идентификация и оценивание в беспилотных авиационных системах» представляет собой дисциплину, относящуюся к Блоку 1 цикла дисциплин ОПОП ВО по направлению подготовки 25.04.03 «Аэронавигация», профиль «Интеллектуальные технологии в беспилотных авиационных системах».

Дисциплина «Идентификация и оценивание в беспилотных авиационных системах» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Основы математической теории управления подвижными объектами».

Дисциплина «Идентификация и оценивание в беспилотных авиационных системах» является обеспечивающей для дисциплин: «Современные проблемы теории управления».

Дисциплина изучается во 2 семестре.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Современные проблемы теории управления» направлен на формирование следующих компетенций: ПК-1; ПК-2; ПК-3.

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
ПК-1	Способен разрабатывать модели процессов, объектов и явлений, относящихся к беспилотным авиационным систе-

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
	мам (ПК-1)
ИД <sup>1</sup> <sub>ПК-1</sub>	Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования применительно к беспилотным авиационным системам
ИД <sup>2</sup> <sub>ПК-1</sub>	Способен идентифицировать и оценивать процессы, объекты и явления, относящиеся к беспилотным авиационным системам
ПК-2	Способен на основе системного подхода анализировать функционирование беспилотных авиационных систем как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением (ПК-2)
ИД <sup>1</sup> <sub>ПК-2</sub>	Способен анализировать алгоритмы функционирования систем ориентации, стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем
ИД <sup>2</sup> <sub>ПК-2</sub>	Способен применять методы системного подхода для анализа алгоритмов функционирования систем ориентации, стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем
ПК-3	Способен осуществлять критический анализ научных достижений, а также использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам (ПК-3)
ИД <sup>1</sup> <sub>ПК-3</sub>	Способен осуществлять критический анализ научных достижений в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам
ИД <sup>2</sup> <sub>ПК-3</sub>	Способен использовать современные подходы и методы решения задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- основы естественнонаучных и общетехнических знаний;
- алгоритмы функционирования систем ориентации;
- основы критического анализа;

Уметь:

- применять методы математического анализа и моделирования;
- идентифицировать и оценивать процессы, объекты и явления;
- анализировать алгоритмы стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем;
- анализировать научные достижения в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам

Владеть:

- навыками разработки модели процессов, объектов и явлений, относящихся к беспилотным авиационным системам;
- навыками применения системного подхода анализировать функционирование беспилотных авиационных систем как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;
- навыками использования современных подходов и методов решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам.

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы, 180 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр
		2
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Контактная работа:	72,5	72,5
лекции	36	36
практические занятия	36	36
семинары	–	–
лабораторные работы	–	–
курсовой проект (работа)	–	–
Самостоятельная работа студента	99	99
Промежуточная аттестация:	9	9
контактная работа	0,5	0,5
самостоятельная работа по подготовке к зачету с оценкой	8,5	8,5

#### 5 Содержание дисциплины

**5.1 Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций**

Темы (разделы) дисциплины	Количество часов	Компетенции			Образовательные технологии	Оценочные средства
		ПК-1	ПК-2	ПК-3		
Тема 1. Управляемость и наблюдаемость линейных систем. Модальное управление.	12	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР
Тема 2. Основные результаты по оптимальному восстановлению и управлению.	12	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР
Тема 3. Построение дискретного фильтра Калмана.	12	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР
Тема 4. Построение непрерывного фильтра Калмана–Бьюси	12	+	+	+		
Тема 5. Примеры построения фильтра Калмана.	12	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР
Тема 6. Двойственность задач линейной фильтрации и оптимального управления.	12	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР
Итого за ... семестр	72					
Промежуточная аттестация	9					
Итого по дисциплине	180					

Сокращения: Л– лекция, ПЗ – практическое занятие, ВК – входной контроль, СРС – самостоятельная работа студента, Д – доклад, УО – устный опрос, РС – решение ситуационных задач, ПАР – письменная аудиторная работа.

## 5.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
семестр							
Тема 1. Управляемость и на-	6	6			16		28

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
блюдаемость линейных систем. Модальное управление.							
Тема 2. Основные результаты по оптимальному восстановлению и управлению.	6	6			16		28
Тема 3. Построение дискретного фильтра Калмана.	6	6			16		28
Тема 4. Построение непрерывного фильтра Калмана–Бьюси	6	6			16		28
Тема 5. Примеры построения фильтра Калмана.	6	6			16		28
Тема 6. Двойственность задач линейной фильтрации и оптимального управления.	6	6			19		31
Итого за ... семестр	36	36	–	–	99	–	171
Промежуточная аттестация							9
Итого по дисциплине							180

Сокращения: Л – лекции, ПЗ – практические занятия, С – семинары, ЛР – лабораторные работы, СРС – самостоятельная работа студента, КР – курсовая работа.

### 5.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Управляемость и наблюдаемость линейных систем. Модальное управление. Управляемость линейных стационарных систем. Модальное управление при полной информации о состоянии системы. Наблюдаемость линейных стационарных систем. Принцип построения наблюдающего устройства в виде модели системы с обратной связью по ошибке восстановления. Модальное управление при неполной информации о состоянии системы. Структура систем, не обладающих свойством полной управляемости. Структура систем, не обладающих свойством полной наблюдаемости. Связь понятий управляемости и наблюдаемости. Модальное управление для не полностью наблюдаемой системы.

Тема 2. Основные результаты по оптимальному восстановлению и управлению. Фильтр Калмана как оптимальное наблюдающее устройство в нестационарной системе. Дискретный фильтр Калмана как устройство, выдающее наилучшую линейную несмещенную оценку состояния. Фильтр Калмана как оптимальное наблюдающее устройство в стационарной системе. Фильтр Калмана в замкнутой системе. Фильтр Калмана в задаче аналитического конструирования регуляторов при случайном входном воздействии.

Тема 3. Построение дискретного фильтра Калмана. Наилучшая линейная несмещенная оценка.

Тема 4. Построение непрерывного фильтра Калмана–Бьюси. Линейные дифференциальные системы со случайными входными сигналами. Ковариационная матрица реакции линейной системы на белый шум. Оптимальная оценка при непрерывном времени. Уравнение непрерывного фильтра Калмана–Бьюси Коэффициент усиления  $K(t)$ . Фильтр Калмана для безынерционного измерителя. Структурное преобразование фильтра Калмана–Бьюси, позволяющее избежать дифференцирования сигнала в цепи обратной связи.

Тема 5. Примеры построения фильтра Калмана. Синтез непрерывного фильтра Калмана–Бьюси для автопилота тангажа. Синтез дискретного фильтра Калмана для автопилота тангажа.

Тема 6. Двойственность задач линейной фильтрации и оптимального управления. Стохастические модели систем наведения. Фильтр Калмана–Бьюси.

#### 5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
1	Тема 1. Управляемость и наблюдаемость линейных систем. Модальное управление.	6
2	Тема 2. Основные результаты по оптимальному восстановлению и управлению.	6
3	Тема 3. Построение дискретного фильтра Калмана.	6
4	Тема 4. Построение непрерывного фильтра Калмана–Бьюси	6
5	Тема 5. Примеры построения фильтра Калмана.	6
6	Тема 6. Двойственность задач линейной фильтрации и	6

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
	оптимального управления.	
Итого по дисциплине		36

### 5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

### 5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
1	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	16
2	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу..	16
3	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	16
4	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	16
5	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	16
6	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	19
Итого по дисциплине		99

### 5.7 Курсовые работы

Курсовые работы учебным планом не предусмотрены.



## **6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Деменков, Н. П. Статистическая динамика систем управления : методические указания / Н. П. Деменков. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 148 с. — ISBN 978-5-7038-4717-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103335> (дата обращения: 12.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Певзнер, Л. Д. Теория систем управления : учебное пособие / Л. Д. Певзнер. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 424 с. — ISBN 978-5-8114-1566-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212207> (дата обращения: 12.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) дополнительная литература:**

3. Петрова, И.Л. Стохастическая фильтрация в задачах динамики полета: учебное пособие / И.Л. Петрова; А.В. Клочков, Н.Е. Баранов; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2018. – 118 с .

### **в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

4. Правительство РФ [Электронный ресурс] официальный сайт Правительства РФ. - Режим доступа: [http:// www.government.ru/](http://www.government.ru/), свободный (дата обращения 20.01.2021).

5. Библиотека СПбГУ ГА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://spbguga.ru/objects/e-library/> , свободный (дата обращения 20.01.2021).

### **г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

6. Консультант Плюс [Электронный ресурс]: официальный сайт компании Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>, свободный (дата обращения 20.01.2021).

7. Гарант [Электронный ресурс] официальный сайт компании Гарант. - Режим доступа: <http://www.aero.garant.ru> , свободный (дата обращения 20.01.2021)

## **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для обеспечения образовательного процесса материально-техническими ресурсами используется аудитория №254, оборудованная МОК (мультимедийный обучающий комплекс) - компьютер, проектор, интерактивная доска.

Материалы INTERNET, мультимедийные курсы, оформленные с помощью Microsoft Power Point, используются при проведении лекционных и практических занятий.

Наименование дисциплины	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Идентификация и оценивание в беспилотных авиационных системах	Аудитория 254	Комплект учебной мебели: парты и стулья (вместимость: 26 посадочных мест) МОК (мультимедийный обучающий комплекс) - компьютер, проектор, интерактивная доска	Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 Acrobat Professional 9 Windows International Kaspersky Anti-Virus Suite для WKS и FS Konsi- SWOT ANALYSIS Konsi - FOREXSAL

## 8 Образовательные и информационные технологии

В рамках изучения дисциплины предполагается использовать следующие образовательные технологии.

Входной контроль проводится преподавателем в начале изучения дисциплины с целью коррекции процесса усвоения обучающимися дидактических единиц при изучении базовых дисциплин.

Лекция составляет основу теоретического обучения в рамках дисциплины и направлена на систематизированное изложение накопленных и актуальных научных знаний. Лекция предназначена для раскрытия состояния и перспектив развития экономических знаний в современных условиях. На лекции концентрируется внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируется их активная познавательная деятельность.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, который сопровождается одновременной демонстрацией слайдов, при необходимости привлекаются открытые Интернет-ресурсы, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные материалы и практические примеры.

Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих тем, а также приобрести начальные практические навыки. Рассматриваемые в рамках практического занятия задачи, ситуации, примеры и проблемы имеют профессиональную направленность и содержат элементы,

необходимые для формирования компетенций в рамках подготовки обучающихся. Практические занятия предусматривают участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практические занятия по дисциплине являются составляющими практической подготовки обучающихся, так как предусматривают их участие в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы. Ее основной целью является формирование навыка самостоятельного приобретения знаний по некоторым вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, самостоятельная работа со справочниками, периодическими изданиями и научно-популярной литературой.

Самостоятельная работа включает выполнение учебных заданий, в том числе и индивидуальных.

## **9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Оценочные средства включают: решение ситуационных задач, письменную аудиторную работу, задания, выдаваемые на самостоятельную работу по темам дисциплины (подготовка докладов), устный опрос пройденного материала.

Устный опрос проводится на практических занятиях с целью контроля усвоения теоретического материала, излагаемого на лекции.

Обсуждение докладов обучающихся проходит в рамках практических занятий по темам дисциплины. Преподаватель, как правило, выступает в роли консультанта при заслушивании докладов, осуществляет контроль полученных обучающимися результатов. Преподаватель следит, чтобы выступление не сводилось к простому воспроизведению текста. Выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументировано. При этом обучающийся может обращаться к своим записям, приводить выдержки из периодической печати, сайтов интернета и т. д.

Решение ситуационных задач представляет собой практическое применение теоретических знаний к конкретной хозяйственной ситуации (совокупности хозяйственных операций, осуществляемых в рамках организации).

Письменная аудиторная работа выполняется обучающимися на практических занятиях по индивидуальным вариантам на основании задания, выдаваемого преподавателем по соответствующей теме дисциплины и представляет собой оценку практического применения полученных теоретических знаний.

Контроль выполнения задания, выполняемого на практических занятиях, преследует собой цель своевременного выявления плохо усвоенного материала дисциплины для последующей корректировки.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачет с оценкой во 2 семестре. К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля.

Зачет с оценкой позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Билет включает два теоретических вопроса и задачу.

### **9.1. Балльно-рейтинговая система оценки текущего контроля успеваемости и знаний и промежуточной аттестации студентов**

Не применяется.

### **9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Устный опрос оценивается следующим образом:

«зачтено»: обучающийся дает ответ на поставленный вопрос по существу и правильно отвечает на уточняющие вопросы;

«не зачтено»: обучающийся отказывается отвечать на поставленный вопрос, либо отвечает на него неверно и при формулировании дополнительных (вспомогательных) вопросов.

Решение ситуационных задач оценивается:

«зачтено»: обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку по итогу решения;

«не зачтено»: обучающийся отказывается от выполнения задачи или не способен ее решить самостоятельно, а также с помощью преподавателя.

Доклад:

«зачтено»: грамотное и непротиворечивое изложение сути вопроса при использовании современных источников. Обучающийся способен сделать обоснованные выводы, а также уверенно отвечать на заданные в ходе обсуждения вопросы;

«не зачтено»: неудовлетворительное качество изложения материала и неспособность обучающегося сделать обоснованные выводы или рекомендации.

Письменная аудиторная работа:

«зачтено»: работа зачитывается в том случае, если задание выполнено полностью, в соответствии с поставленными требованиями и сделаны необходимые выводы;

«не зачтено»: работа не зачитывается в том случае, если обучающийся не выполнил задания, или результат выполнения задания не соответствует поставленным требованиям, а в заданиях и (или) ответах имеются существенные ошибки.

### 9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

В учебном плане курсовых работ не предусмотрено.

### 9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

Входной контроль не предусмотрен.

### 9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
I этап		
ПК-1	ИД <sub>ПК-1</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>ПК-1</sub> <sup>2</sup> ИД <sub>ПК-1</sub> <sup>3</sup>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– основы естественнонаучных и общетеоретических знаний;</li><li>– алгоритмы функционирования систем ориентации;</li><li>– основы критического анализа;</li></ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– применять методы математического анализа и моделирования;</li><li>– идентифицировать и оценивать процессы, объекты и явления;</li><li>– анализировать алгоритмы стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем;</li><li>– анализировать научные достижения в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам</li></ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– навыками разработки модели процессов, объектов и явлений, относящихся к беспилотным авиационным системам;</li></ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками применения системного подхода анализировать функционирование беспилотных авиационных систем как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;</li> <li>– навыками использования современных подходов и методов решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам.</li> </ul>
ПК-2	<p>ИД<sup>1</sup><sub>ПК-2</sub></p> <p>ИД<sup>2</sup><sub>ПК-2</sub></p> <p>ИД<sup>3</sup><sub>ПК-2</sub></p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы естественнонаучных и общеинженерных знаний;</li> <li>– алгоритмы функционирования систем ориентации;</li> <li>– основы критического анализа;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять методы математического анализа и моделирования;</li> <li>– идентифицировать и оценивать процессы, объекты и явления;</li> <li>– анализировать алгоритмы стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем;</li> <li>– анализировать научные достижений в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки модели процессов, объектов и явлений, относящихся к беспилотным авиационным системам;</li> <li>– навыками применения системного подхода</li> </ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		<p>анализировать функционирование беспилотных авиационных систем как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками использования современных подходов и методов решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам.</li> </ul>
ПК-3	<p>ИД<sub>ПК-3</sub><sup>1</sup></p> <p>ИД<sub>ПК-3</sub><sup>2</sup></p> <p>ИД<sub>ПК-3</sub><sup>3</sup></p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы естественнонаучных и общеинженерных знаний;</li> <li>– алгоритмы функционирования систем ориентации;</li> <li>– основы критического анализа;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять методы математического анализа и моделирования;</li> <li>– идентифицировать и оценивать процессы, объекты и явления;</li> <li>– анализировать алгоритмы стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем;</li> <li>– анализировать научные достижения в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки модели процессов, объектов и явлений, относящихся к беспилотным авиационным системам;</li> <li>– навыками применения системного подхода анализировать функционирование беспи-</li> </ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		<p>лотных авиационных систем как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками использования современных подходов и методов решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам.</li> </ul>
II этап		
ПК-1	<p>ИД<sub>ПК-1</sub><sup>1</sup></p> <p>ИД<sub>ПК-1</sub><sup>2</sup></p> <p>ИД<sub>ПК-1</sub><sup>3</sup></p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы естественнонаучных и общеинженерных знаний;</li> <li>– алгоритмы функционирования систем ориентации;</li> <li>– основы критического анализа;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять методы математического анализа и моделирования;</li> <li>– идентифицировать и оценивать процессы, объекты и явления;</li> <li>– анализировать алгоритмы стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем;</li> <li>– анализировать научные достижения в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки модели процессов, объектов и явлений, относящихся к беспилотным авиационным системам;</li> <li>– навыками применения системного подхода анализировать функционирование беспилотных авиационных систем как объектов</li> </ul>



Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		<p>ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками использования современных подходов и методов решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам.</li> </ul>
ПК-2	<p>ИД<sub>ПК-2</sub><sup>1</sup></p> <p>ИД<sub>ПК-2</sub><sup>2</sup></p> <p>ИД<sub>ПК-2</sub><sup>3</sup></p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы естественнонаучных и общетеоретических знаний;</li> <li>– алгоритмы функционирования систем ориентации;</li> <li>– основы критического анализа;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять методы математического анализа и моделирования;</li> <li>– идентифицировать и оценивать процессы, объекты и явления;</li> <li>– анализировать алгоритмы стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем;</li> <li>– анализировать научные достижения в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки модели процессов, объектов и явлений, относящихся к беспилотным авиационным системам;</li> <li>– навыками применения системного подхода анализировать функционирование беспилотных авиационных систем как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;</li> </ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		<ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками использования современных подходов и методов решения профессиональных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам.</li> </ul>
ПК-3	<p>ИД<sub>ПК-3</sub><sup>1</sup></p> <p>ИД<sub>ПК-3</sub><sup>2</sup></p> <p>ИД<sub>ПК-3</sub><sup>3</sup></p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы естественнонаучных и общеинженерных знаний;</li> <li>– алгоритмы функционирования систем ориентации;</li> <li>– основы критического анализа;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять методы математического анализа и моделирования;</li> <li>– идентифицировать и оценивать процессы, объекты и явления;</li> <li>– анализировать алгоритмы стабилизации, навигации и управления беспилотных авиационных систем;</li> <li>– анализировать научные достижения в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками разработки модели процессов, объектов и явлений, относящихся к беспилотным авиационным системам;</li> <li>– навыками применения системного подхода анализировать функционирование беспилотных авиационных систем как объектов ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;</li> <li>– навыками использования современных подходов и методов решения профессио-</li> </ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		нальных задач в области аэронавигационного обеспечения полетов применительно к беспилотным авиационным системам.

#### Шкала оценивания при проведении промежуточной аттестации

*«Отлично»* выставляется обучающемуся, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания по рассматриваемой компетенции и умение уверенно применять их на практике при решении задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами. Обучающийся самостоятельно правильно решает задачу, дает обоснованную оценку итогам решения.

*«Хорошо»* выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задачи некоторые неточности, хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, но не всегда делает это самостоятельно без помощи преподавателя. Обучающийся решает задачу верно, но при помощи преподавателя.

*«Удовлетворительно»* выставляется обучающемуся, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы в рамках заданной компетенции, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах преподавателя. Ситуационная задача решена не полностью, или содержатся незначительные ошибки в расчетах.

*«Неудовлетворительно»* выставляется обучающемуся, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины в рамках компетенций, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач. Не раскрыты глубина и полнота при ответах. Задача не решена даже при помощи преподавателя.

#### **9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам обучения по дисциплине**

### **9.6.1 Примерные контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости**

#### **Примерный перечень вопросов устного опроса**

1. Управляемость и наблюдаемость линейных систем.
2. Модальное управление.
3. Управляемость линейных стационарных систем.
4. Модальное управление при полной информации о состоянии системы. Наблюдаемость линейных стационарных систем.
5. Принцип построения наблюдающего устройства в виде модели системы с обратной связью по ошибке восстановления.
6. Модальное управление при неполной информации о состоянии системы.
7. Структура систем, не обладающих свойством полной управляемости
8. Структура систем, не обладающих свойством полной наблюдаемости. Связь понятий управляемости и наблюдаемости.
9. Модальное управление для не полностью наблюдаемой системы.

#### **Темы докладов**

Доклады не предусмотрены.

#### **Типовые ситуационные задачи**

Ситуационные задачи по дисциплине не предусмотрены.

#### **Примерный вариант письменной аудиторной работы**

Письменная работа не предусмотрена.

### **9.6.2 Контрольные вопросы промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

1. Управляемость и наблюдаемость линейных систем.
2. Модальное управление. Управляемость линейных стационарных систем.
3. Модальное управление при полной информации о состоянии системы. Наблюдаемость линейных стационарных систем.
4. Принцип построения наблюдающего устройства в виде модели системы с обратной связью по ошибке восстановления.
5. Модальное управление при неполной информации о состоянии системы.

6. Структура систем, не обладающих свойством полной управляемости. Структура систем, не обладающих свойством полной наблюдаемости. Связь понятий управляемости и наблюдаемости.
7. Модальное управление для не полностью наблюдаемой системы.
8. Основные результаты по оптимальному восстановлению и управлению. Фильтр Калмана как оптимальное наблюдающее устройство в нестационарной системе.
9. Дискретный фильтр Калмана как устройство, выдающее наилучшую линейную несмещенную оценку состояния.
10. Фильтр Калмана как оптимальное наблюдающее устройство в стационарной системе. Фильтр Калмана в замкнутой системе.
11. Фильтр Калмана в задаче аналитического конструирования регуляторов при случайном входном воздействии.
12. Построение дискретного фильтра Калмана.
13. Наилучшая линейная несмещенная оценка.
14. Построение непрерывного фильтра Калмана–Бьюси.
15. Линейные дифференциальные системы со случайными входными сигналами.
16. Ковариационная матрица реакции линейной системы на белый шум. Оптимальная оценка при непрерывном времени.
17. Уравнение непрерывного фильтра Калмана–Бьюси
18. Коэффициент усиления  $K(t)$ . Фильтр Калмана для безынерционного измерителя.
19. Структурное преобразование фильтра
20. Калмана–Бьюси, позволяющее избежать дифференцирования сигнала в цепи обратной связи.
21. Примеры построения фильтра Калмана.
22. Синтез непрерывного фильтра Калмана–Бьюси для автопилота тангажа. Синтез дискретного фильтра Калмана для автопилота тангажа.
23. Двойственность задач линейной фильтрации и оптимального управления. Стохастические модели систем наведения.
24. Фильтр Калмана–Бьюси.

### **Типовые задачи для проведения промежуточной аттестации**

**Задача 1.** Для выборки размером  $n$  на основе МНК получите выражения для интерполирующего полинома степени  $m$ .

**Задача 2.** Запишите критерий наблюдаемости Калмана для системы стабилизации ... (тангажа, крена..).

**Задача 3.** Запишите ковариационную матрицу реакции линейной системы стабилизации... на белый шум.

## **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Методика преподавания дисциплины «Идентификация и оценивание в беспилотных авиационных системах» характеризуется совокупностью методов, приемов и средств обучения, обеспечивающих реализацию содержания и учебно-воспитательных целей дисциплины, которая может быть представлена как некоторая методическая система, включающая методы, приемы и средства обучения. Такой подход позволяет более качественно подойти к вопросу освоения дисциплины обучающимися.

Учебные занятия начинаются и заканчиваются по времени в соответствии с утвержденным режимом СПб ГУГА в аудиториях согласно семестровым расписаниям теоретических занятий. На занятиях, предусмотренных расписанием, обязаны присутствовать все обучающиеся.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся по дисциплинам. Лекция имеет целью дать систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрыть состояние и перспективы прогресса конкретной области науки и экономики, сконцентрировать внимание на наиболее сложных и узловых вопросах. Эта цель определяет дидактическое назначение лекции, которое заключается в том, чтобы ознакомить обучающихся с основным содержанием, категориями, принципами и закономерностями изучаемой темы и предмета обучения в целом, его главными идеями и направлениями развития. Именно на лекции формируется научное мировоззрение обучающегося, закладываются теоретические основы фундаментальных знаний будущего управленца, стимулируется его активная познавательная деятельность, решается целый ряд вопросов воспитательного характера.

Каждая лекция должна представлять собой устное изложение лектором основных теоретических положений изучаемой дисциплины или отдельной темы как логически законченное целое и иметь конкретную целевую установку. Особое место в лекционном курсе по дисциплине занимают вводная и заключительная лекции.

Вводная лекция должна давать общую характеристику изучаемой дисциплины, подчеркивать новизну проблем, указывать ее роль и место в системе изучения других дисциплин, раскрывать учебные и воспитательные цели и кратко знакомить обучающихся с содержанием и структурой курса, а также с организацией учебной работы по нему. Заключительная лекция должна давать научно-практическое обобщение изученной дисциплины, показывать перспективы развития изучаемой области знаний, навыков и практических умений.

Практические занятия проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков при решении управленческих задач. Основным содержанием этих занятий является практическая работа каждого обучающегося. Назначение практических занятий – закрепление, углубление и комплексное применение на практике теоретических знаний, выработка умений

и навыков обучающихся в решении практических задач. Вместе с тем, на этих занятиях, осуществляется активное формирование и развитие навыков и качеств, необходимых для последующей профессиональной деятельности. Практические занятия проводятся по наиболее сложным вопросам дисциплины и имеют целью углубленно изучить ее содержание, привить обучающимся навыки самостоятельного поиска и анализа информации, умение делать обоснованные выводы, аргументировано излагать и отстаивать свое мнение. Каждое практическое занятие заканчивается, как правило, кратким подведением итогов, указаниями преподавателя о последующей самостоятельной работе.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета с оценкой во 2 семестре. К моменту сдачи зачета с оценкой должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Зачет с оценкой позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

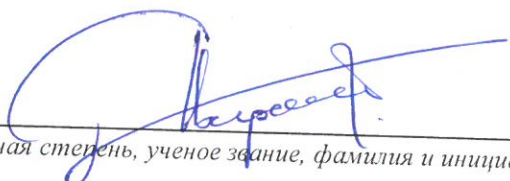
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 25.04.03 Аэронавигация.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 14 «Аэродинамики и динамики полета»

«13» марта 2024 года, протокол № 8.

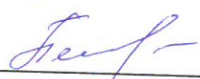
Разработчик:

К.Т.Н., доцент

  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Баранов Н.Е.

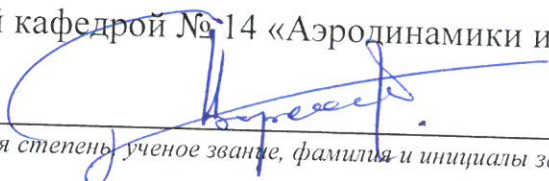
К.Т.Н., доцент

  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчика)

Петрова И.Л.

Заведующий кафедрой № 14 «Аэродинамики и динамики полета»

К.Т.Н., доцент

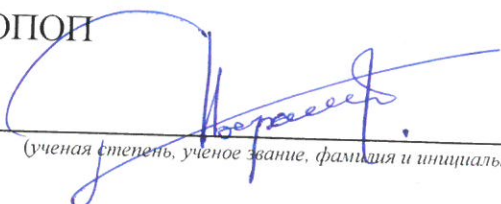
  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Баранов Н.Е.

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

К.Т.Н., доцент

  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Баранов Н.Е.

Программа рассмотрена и согласована на заседании Учебно-методического совета Университета «17» апреля 2024 года, протокол № 7.