



**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

« 23 » ноябрь 2023 года

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов**

Направление подготовки  
**01.03.04 Прикладная математика**

Направленность программы (профиль)  
**Математическое и программное обеспечение систем управления**

Квалификация выпускника  
**бакалавр**

Форма обучения  
**очная**

Санкт-Петербург  
2023

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов» являются формирование у обучающихся комплекса теоретических знаний, охватывающих методы и задачи динамики полета беспилотных воздушных судов, а также приобретение ими умений и практических навыков по расчету характеристик горизонтального полета, набора высоты и снижения, криволинейных движений, взлета и посадки беспилотных воздушных судов.

Задачами освоения дисциплины «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов» являются:

- формирование у обучающихся знаний о современных методах управления полетом беспилотным воздушным судном на всех этапах его полета;
- приобретение обучающимися умений определения характеристик горизонтального полета, набора высоты и снижения, криволинейных движений, взлета и посадки беспилотных воздушных судов;
- овладение обучающимися навыками в определении и анализе эксплуатационных возможностей и ограничений беспилотных воздушных судов в различных условиях эксплуатации.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к решению задач профессиональной деятельности научно-исследовательского типа.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов» представляет собой дисциплину, относящуюся к Обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули).

Дисциплина «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплины «Модели движения беспилотных воздушных судов», «Физика», «Моделирование распределённых физических процессов», «Операционные методы анализа беспилотных авиационных систем», «Прикладные задачи математического анализа».

Дисциплина «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов» является обеспечивающей для дисциплины «Прикладные методы оптимизации» и используется при написании ВКР.

Дисциплина «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов» изучается в 7 семестре.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
ОПК-1	Способен применять знание фундаментальной математики и естественнонаучных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике.
ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК1</sub>	Выбирает оптимальные методы фундаментальной математики при решении поставленных задач, в том числе в профессиональной сфере.
ОПК-2	Способен обоснованно выбирать, дорабатывать и применять для решения исследовательских и проектных задач математические методы и модели, осуществлять проверку адекватности моделей, анализировать результаты, оценивать надежность и качество функционирования систем
ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК2</sub>	Оценивает построенную модель и ее адекватность применения в конкретной научно-исследовательской и проектной задаче, в том числе в профессиональной сфере.

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- алгоритмы расчета и анализа летных характеристик беспилотного воздушного судна на этапах горизонтального полета, набора высоты и снижения, криволинейных движений, взлета и посадки;
- эксплуатационные ограничения беспилотного воздушного судна и их аэродинамические обоснования;
- особенности устойчивости и управляемости беспилотного воздушного судна на предельных режимах полета, в особых условиях и особых случаях в полете;

Уметь:

- оценивать влияние эксплуатационных факторов на безопасность и эффективность полета беспилотного воздушного судна;
- обосновывать оптимальные режимы полета беспилотного воздушного судна в заданных условиях;

- оценивать возможности беспилотного воздушного судна на различных этапах полета и в различных эксплуатационных условиях.

Владеть:

- методикой выбора оптимальных режимов полета с учетом безопасности и эффективности летной эксплуатации беспилотного воздушного судна;
- методами расчета и анализа летно-технических характеристик беспилотного воздушного судна.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

Наименование	Всего часов	Семестры
		7
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная работа:	56,5	56,5
лекции	28	28
практические занятия	28	28
семинары	-	-
лабораторные работы	-	-
курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студента	70	70
Промежуточная аттестация	18	18
контактная работа	0,5	0,5
самостоятельная работа по подготовке к зачету с оценкой	17,5	17,5

#### 5. Содержание дисциплины

##### 5.1. Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций

Темы, разделы дисциплины	Количество часов	КОМПЕТЕНЦИИ		Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1	ОПК-2		
Тема 1. Управление полетом БВС с максимальной площадью охвата наземной поверхности.	22	+	+	ВК, Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР

Темы, разделы дисциплины	КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ	КОМПЕТЕНЦИИ		Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1	ОПК-2		
Тема 2. Управление полетом БВС при облете запретных зон.	16	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
Тема 3. Управление полетом БВС при перелете между заданными точками маршрута	18	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ, ПАР
Тема 4. Барражирование БВС по круговой траектории.	16	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, ПАР
Тема 5. Управление разбегом по ВПП.	14	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ, ПАР
Тема 6. Управление набором высоты.	16			Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ, ПАР
Тема 7. Установившиеся режимы полета БВС.	24			Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ, ПАР
Итого за семестр 7	126				
Промежуточная аттестация	18	Зачет с оценкой			
Всего по дисциплине	144				

Сокращения: Л– лекция, ПЗ – практическое занятие, ВК – входной контроль, СРС – самостоятельная работа студента, УО – устный опрос, РЗ – расчетное задание, ПАР – письменная аудиторная работа.

## 5.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КП	Всего часов
<b>7 семестр</b>						
Тема 1. Управление полетом БВС с максимальной площадью охвата наземной поверхности.	6	4	-	12	-	22
Тема 2. Управление полетом БВС при облете запретных зон.	4	4	-	8	-	16
Тема 3. Управление полетом БВС при перелете между заданными точками маршрута.	4	4	-	10	-	18
Тема 4. Барражирование БВС по круговой траектории.	4	4	-	8	-	16
Тема 5. Управление разбегом по ВПП.	2	4	-	8	-	14

Тема 6. Управление набором	2	4	-	10		16
Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КП	Всего часов
7 семестр						
высоты.						
Тема 7. Установившиеся режимы полета БВС.	6	4	-	14		24
Всего за семестр	28	28	-	70	-	126
Промежуточная аттестация						18
Всего по дисциплине						144

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, ЛР – лабораторная работа, СРС – самостоятельная работа студента, КП – курсовой проект.

### **5.3 Содержание разделов дисциплины**

**Тема 1. Управление полетом БВС с максимальной площадью охвата наземной поверхности.**

Полет БЛА в спокойной атмосфере . Полет БЛА при действии ветровых возмущений.

**Тема 2. Управление полетом БВС при облете запретных зон.**

**Тема 3. Управление полетом БВС при перелете между заданными точками маршрута**

**Тема 4. Барражирование БВС по круговой траектории.**

**Тема 5. Управление разбегом по ВПП.**

**Тема 6. Управление набором высоты.**

**Тема 7. Установившиеся режимы полета БВС.**

### **5.4 Практические занятия**

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
7 семестр		
1	Практическое занятие 1. Управление полетом БВС с максимальной площадью охвата наземной поверхности.	4
2	Практическое занятие 2. Управление полетом БВС при облете запретных зон.	4
3	Практическое занятие 3. Управление полетом БВС при перелете между заданными точками маршрута	4
4	Практическое занятие 4. Барражирование БВС по круговой траектории.	4
5	Практическое занятие 5. Управление разбегом по ВПП.	4
6	Практическое занятие 6. Управление набором высоты.	4
7	Практическое занятие 7. Установившиеся режимы полета БВС.	4
Итого за семестр 7		28
Итого по дисциплине		28

### 5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

### 5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
7 семестр		
1	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу.	12
2	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу.	8
3	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу. Выполнение расчетного задания.	10
4	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному	8

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
7 семестр		
	опросу.	
5	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу. Выполнение расчетного задания.	8
6	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу. Выполнение расчетного задания.	10
7	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу. Выполнение расчетного задания.	14
Итого за семестр 7		70
Итого по дисциплине		70

## 5.7 Курсовые проекты

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Шалыгин А.С., Лысенко Л.Н., Толпегин О.А. Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов. Учебное пособие. [Текст]/ – М., Машиностроение, 2012. – 584с. Количество экземпляров – 8.

2. Шалыгин А.С., Петрова И.Л., Санников В.А. Параметрические методы оптимизации в динамике полёта беспилотных летательных аппаратов: Учебное пособие для вузов. [Текст]/ – СПб., Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова, 2010. – 126 с. Количество экземпляров – 6.

3. Мхитарян, А.М. Аэродинамика. Учебник для вузов. [Текст] – М., Машиностроение, 1976. 446 с. Количество экземпляров – 72.

4. Динамика полёта: Учеб. для вузов [Текст]/Мхитарян А.М., ред. – М.: Машиностроение, 1978. 424 с. Количество экземпляров – 176.

5. Матвеев Ю.И. Траекторные задачи динамики полета гражданских воздушных судов. [Текст] - Л.: ОЛАГА, 1981, 110 с. Количество экземпляров – 214.

6. В. Г. Ципенко, М.Г. Ефимов Основы аэродинамики и лётно-технические

характеристики воздушных судов: Учебное пособие. – М.: МГТУГА, 2010. – 116 с. – ISBN 978-5-86311-750-8. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19642970>, свободный.

7. Основы аэродинамики и динамики полёта [Текст]. Часть 1. – Рига: Ин-т транспорта и связи, 2010. – 105 с. Количество экземпляров – 140.

8. Матвеев Ю.И. Аэродинамика и динамика полета. Ч. 1. Аэродинамика гражданских воздушных судов. Учебное пособие. [Текст]/ – СПб, Академия ГА, 2001, 120 с. Количество экземпляров – 468.

б) дополнительная литература:

9. Краснов Н.Ф. Аэродинамика, часть 1. Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла. Учебник для вузов [Текст]. М.: Либроком, 2012. 496 с. ISBN: 978-5-397-05723-3. Количество экземпляров – 2.

10. Краснов Н.Ф. Аэродинамика, часть 2. Методы аэродинамического расчёта. Учебник для вузов [Текст]. М.: Либроком, 2012. 416 с. ISBN: 978-5-397-04716-6. Количество экземпляров – 1.

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

1. **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный (дата обращения: 29.09.2023).

2. **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения: 29.09.2023).

3. **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения: 29.09.2023).

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

Microsoft Windows XP, Microsoft Office 2007.

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

Для обеспечения образовательного процесса материально-техническими ресурсами используется аудитория №254, оборудованная компьютером и мультимедийным проектором.

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Аудитория 254	Комплект учебной мебели: парты и стулья (вместимость: 28 посадочных мест) компьютер, проектор	Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Windows Office Professional Plus 2007 Kaspersky Anti-Virus Suite для WKS и FS Acrobat Professional 9 Windows International English AOO License EDU

## 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 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: письменную аудиторную работу, задания, выдаваемые на самостоятельную работу по темам дисциплины, устный опрос пройденного материала.

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

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 зачета с оценкой в 7 семестре.

Зачет с оценкой позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

### **9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов по дисциплине**

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.

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 проектов по дисциплине**

В учебном плане написание курсовых работ (проектов) не предусмотрено.

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

1. Общие правила комбинаторики.
2. Размещения. Перестановки. Сочетания.
3. Свойства сочетаний. Доказать одно по выбору.
4. Арифметический квадрат. Арифметический треугольник. Свойства.
5. Исчисление высказываний. Основные правила вывода.
6. Определение доказуемой формулы. Производные правила вывода.
7. Определение формулы, выводимой из совокупности формул. Вывод из совокупности формул.
8. Предикат. Множество истинности предиката. Логические операции над предикатами.
9. Кванторные операции.
10. Понятие формулы логики предикатов. Равносильные формулы логики предикатов.

### **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		
ОПК-1	$ID_{\text{ОПК1}}^2$	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- алгоритмы расчета и анализа летных характеристик беспилотного воздушного судна на этапах горизонтального полета, набора высоты и снижения, криволинейных движений, взлета и посадки;</li> <li>- эксплуатационные ограничения беспилотного воздушного судна и их аэродинамические обоснования;</li> <li>- особенности устойчивости и управляемости беспилотного воздушного судна на предельных режимах полета, в особых условиях и особых случаях в полете;</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценивать влияние эксплуатационных факторов на безопасность и эффективность полета беспилотного воздушного судна;</li> </ul>
II этап		
ОПК-2	$ID_{\text{ОПК2}}^2$	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обосновывать оптимальные режимы полета беспилотного воздушного судна в заданных условиях;</li> <li>- оценивать возможности беспилотного воздушного судна на различных этапах полета и в различных эксплуатационных условиях.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методикой выбора оптимальных режимов полета с учетом безопасности и эффективности летной эксплуатации беспилотного воздушного судна;</li> <li>- методами расчета и анализа летно-технических характеристик беспилотного воздушного судна.</li> </ul>

### 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. Понятие седловой точки. Необходимые и достаточные условия существования седловой точки в чистых стратегиях в антагонистической игре.
2. Смешанные стратегии в матричных антагонистических играх. Существование седловой точки в смешанных стратегиях.
3. Свойства оптимальных смешанных стратегий в матричных антагонистических играх.
4. Необходимые и достаточные условия для крайних оптимальных смешанных стратегий в матричной антагонистической игре.
5. Связь между существованием решения задачи линейного программирования в стандартной форме и седловой точкой функции Лагранжа.
6. Бескоалиционные игры. Необходимые и достаточные условия для ситуации равновесия.
7. Принцип уравнивания Ю.Б. Гермейера в задачах распределения ресурсов.
8. Модель Гросса "Оборона - нападение".

9. Привести пример, когда алгоритм Форда-Фалкерсона не находит максимального потока.

### Примерный вариант письменной аудиторной работы

1. Спроецировать компоненты вектора полной аэродинамической силы на оси стартовой системы координат.
2. Спроецировать компоненты вектора полной аэродинамической силы на оси полусвязанной системы координат.
3. Спроецировать компоненты вектора полной аэродинамической силы на оси связанной системы координат.
4. Записать уравнение поступательного движения в векторном виде. Спроецировать его левую часть на оси скоростной СК.
5. Записать уравнение поступательного движения в векторном виде. Спроецировать его левую часть на оси полусвязанной СК.
6. Записать уравнение поступательного движения в векторном виде. Спроецировать его левую часть на оси стартовой СК.
7. Записать уравнение поступательного движения в векторном виде. Спроецировать его левую часть на оси связанной СК.
8. Записать уравнение поступательного движения в векторном виде. Спроецировать его левую часть на оси полускоростной СК.
9. Найти проекции вектора  $\bar{G}$  на оси скоростной СК.
10. Спроецировать вектор тяги  $\bar{R}$  на оси стартовой СК.
11. Спроецировать вектор тяги  $\bar{R}$  на оси скоростной СК.
12. Спроецировать вектор тяги  $\bar{R}$  на оси полускоростной СК.
13. Найти проекции вектора  $\bar{V}$  на оси полусвязанной СК.
14. Найти проекции вектора  $\bar{V}$  на оси стартовой СК.
15. Найти проекции вектора  $\bar{Z}$  на оси полусвязанной СК.
16. Найти проекции вектора  $\bar{Y}$  на оси стартовой СК.
17. Найти проекции вектора  $\bar{Y}$  на оси полусвязанной СК.
18. Найти проекции вектора  $\bar{X}$  на оси полусвязанной СК.

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

10. Понятие седловой точки. Необходимые и достаточные условия существования седловой точки в чистых стратегиях в антагонистической игре.
11. Теорема Фон Неймана о существовании седловой точки у вогнуто-выпуклых функций.
12. Сведение задачи поиска максимина к задаче максимизации.

13. Смешанные стратегии в матричных антагонистических играх.
14. Существование седловой точки в смешанных стратегиях.
15. Свойства оптимальных смешанных стратегий в матричных
16. антагонистических играх.
17. Доминирование строк и столбцов в матричных антагонистических играх.
18. Решение матричных антагонистических игр  $2 \times m$  и  $n \times 2$ .
19. Итеративный метод Брауна решения матричных антагонистических игр.
20. Вычисление простых решений матричных антагонистических игр.  
Вполне смешанные игры.
21. Необходимые и достаточные условия для крайних оптимальных
22. Смешанных стратегий в матричной антагонистической игре.
23. Доказать, что множества оптимальных смешанных стратегий игроков в матричной антагонистической игре являются выпуклыми многогранниками.
24. Связь между существованием решения задачи линейного программирования в стандартной форме и седловой точкой функции Лагранжа.
25. Сведение решения конечной антагонистической игры к задаче линейного программирования.
26. Оптимальные смешанные стратегии в бесконечных антагонистических играх. Существование седловой точки в смешанных стратегиях в играх с непрерывной платежной функцией.
27. Бескоалиционные игры. Необходимые и достаточные условия для ситуации равновесия.
28. Принцип уравнивания Ю.Б. Гермейера в задачах распределения ресурсов.
29. Модель Гросса "Оборона - нападение".
30. Потоки в сетях. Алгоритм Форда-Фалкерсона нахождения максимального потока в сети.
31. Привести пример, когда алгоритм Форда-Фалкерсона не находит максимального потока.
32. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе в сетях.

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

1. Записать векторное уравнение угловой скорости связанной СК  $\bar{\omega}^-$ . Спроецировать угловую скорость  $\bar{\omega}$  на оси связанной СК.
2. Записать векторное уравнение угловой скорости связанной СК  $\bar{\omega}^-$ . Спроецировать угловую скорость  $\bar{\omega}$  на оси скоростной СК.
3. Записать векторное уравнение угловой скорости скоростной СК  $\bar{\omega}_a$ . Найти проекции вектора  $\bar{\omega}_a$  на оси скоростной СК.
4. Записать векторное уравнение угловой скорости полусвязанной СК  $\bar{\omega}_e$ . Спроецировать угловую скорость  $\bar{\omega}_e$  на оси полусвязанной СК.

5. Записать векторное уравнение угловой скорости полускоростной СК  $\bar{\omega}_*$ .  
Спроецировать угловую скорость  $\omega_*$  на оси полускоростной СК.
6. Дано значение силы тяги 1700 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в скоростной СК. Угол атаки= $3^\circ$ , угол скольжения= $9^\circ$ .
7. Дано значение силы тяги 3000 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в стартовой СК. Угол тангажа= $70^\circ$ , угол рыскания= $6^\circ$ .
8. Дано значение силы тяги 2900 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в скоростной СК. Угол атаки= $8^\circ$ , угол скольжения= $9^\circ$ .
9. Дано значение силы тяги 2600 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в стартовой СК. Угол тангажа= $70^\circ$ , угол рыскания= $5^\circ$ .
10. Дано значение силы тяги 2700 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в скоростной СК. Угол атаки= $9^\circ$ , угол скольжения= $9^\circ$ .
11. Дано значение силы тяги 1900 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в скоростной СК. Угол атаки= $9^\circ$ , угол скольжения= $15^\circ$ .
12. Дано значение силы тяги 2400 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в стартовой СК. Угол тангажа= $65^\circ$ , угол рыскания= $15^\circ$ .
13. Дано значение силы тяги 1200 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в стартовой СК. Угол тангажа= $65^\circ$ , угол рыскания= $8^\circ$ .
14. Дано значение силы тяги 1300 Н. Найти чему будут равны проекции силы тяги в скоростной СК. Угол атаки= $3^\circ$ , угол скольжения= $15^\circ$ .
15. Дано значение скорости  $V=1400$  м/с. Найти чему будут равны проекции скорости в связанной СК. Угол атаки= $3^\circ$ , угол скольжения= $8^\circ$ .
16. Дано значение скорости  $V=1500$  м/с. Найти чему будут равны проекции скорости в связанной СК. Угол атаки= $11^\circ$ , угол скольжения= $7^\circ$ .
17. Дано значение скорости  $V=1550$  м/с. Найти чему будут равны проекции скорости в стартовой СК. Угол возвышения= $70^\circ$ , угол курса= $5^\circ$ .
18. Дано значение скорости  $V=900$  м/с. Найти чему будут равны проекции скорости в связанной СК. Угол атаки= $1^\circ$ , угол скольжения= $13^\circ$ .
19. Дано значение скорости  $V=950$  м/с. Найти чему будут равны проекции скорости в стартовой СК. Угол возвышения= $70^\circ$ , угол курса= $25^\circ$ .
20. Дано значение скорости  $V=1150$  м/с. Найти чему будут равны проекции скорости в стартовой СК. Угол возвышения= $70^\circ$ , угол курса= $12^\circ$ .
21. Дано значение подъемной силы 800 Н. Найти чему будут равны проекции подъемной силы в стартовой СК. Угол курса= $5^\circ$ , угол возвышения= $45^\circ$ , скоростной угол крена  $7^\circ$ .
22. Дано значение силы лобового сопротивления 1000 Н. Найти чему будут равны проекции силы лобового сопротивления в полусвязанной СК. Угол атаки= $10^\circ$ , угол скольжения= $7^\circ$ , угол крена  $15^\circ$ .
23. Дано значение боковой силы 900 Н. Найти чему будут равны проекции боковой силы в стартовой СК. Угол курса= $10^\circ$ , угол возвышения= $50^\circ$ , скоростной угол крена  $5^\circ$ .

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

Методика преподавания дисциплины «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов» 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 зачет с оценкой в 7 семестре. Зачет с оценкой позволяют оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.


Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

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

«16» октября 2023 года, протокол № 3.

Разработчики:

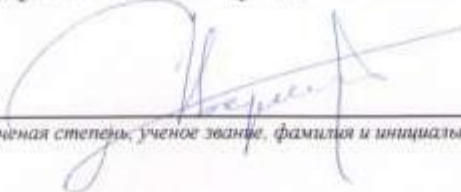
К.Т.Н., доцент

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

Баранов Н.Е.

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

д.т.н., доцент

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

Костин Г.А.

Программа рассмотрена и согласована на заседании Учебно-методического совета Университета «22» 11 2023 года, протокол № 3.