



**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 » ноября 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Модели движения 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 «Модели движения беспилотных воздушных судов» являются формирование у обучающихся комплекса теоретических знаний, охватывающих методы и задачи математического моделирования движения беспилотных воздушных судов, а также приобретение ими умений и практических навыков применения этих математических моделей в практической деятельности.

Задачами освоения дисциплины «Модели движения беспилотных воздушных судов» являются:

- формирование у обучающихся знаний о методах математического моделирования движения беспилотных воздушных судов;
- приобретение обучающимися умений разработки и использования математических моделей процессов движения беспилотных воздушных судов в различных системах координат с учетом различных возмущающих факторов на основе применения существующих методов расчета траекторий движения;
- овладение обучающимися навыками применения законов управления и стабилизации в системах управления движением, методов их исследования и анализа.

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

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

Дисциплина «Модели движения беспилотных воздушных судов» представляет собой дисциплину, относящуюся к Обязательной части Блока 1 Дисциплины (модули).

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

Дисциплина «Модели движения беспилотных воздушных судов» является обеспечивающей для дисциплин: «Траекторные задачи динамики полета беспилотных воздушных судов», «Прикладные методы оптимизации».

Дисциплина «Модели движения беспилотных воздушных судов» изучается в 6 семестре.

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

Процесс освоения дисциплины «Модели движения 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>1</sup> <sub>ОПК1</sub>	Применяет знания фундаментальной математики при решении поставленных задач
ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК1</sub>	Выбирает оптимальные методы фундаментальной математики при решении поставленных задач, в том числе в профессиональной сфере.

Планируемые результаты изучения дисциплины:

знать:

- основные модели Земли и системы координат, способы определения и представления гравитационного поля Земли, основные баллистические модели атмосферы;

- уравнения движения, условия и особенности полета беспилотных воздушных судов в различных расчетных условиях, силы и моменты, действующие на беспилотное воздушное судно, методы вычисления траекторий и прогнозирования движения беспилотного воздушного судна;

уметь:

- использовать методы математического моделирования движения беспилотных воздушных судов;

- разрабатывать и использовать математические модели процессов движения беспилотных воздушных судов в различных системах координат с учетом различных возмущающих факторов на основе применения существующих методов расчета траекторий движения беспилотных воздушных судов, принципов построения, законов управления и стабилизации в системах управления движением, методы их исследования, выполнять их сравнительный анализ;

владеть

- основными методами и приемами анализа движения и управления движением объектов и построения траекторий их движения; основами теории полета беспилотных воздушных судов, методами и математическими моделями, используемыми для решения баллистических задач, методами решения краевых и оптимизационных задач динамики полета беспилотных воздушных судов.

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

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

Наименование	Всего часов	Семестры
		6
Общая трудоемкость дисциплины	180	180
Контактная работа:	66,5	66,5
лекции	32	32
практические занятия	32	32
семинары	-	-
лабораторные работы	-	-
курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студента	80	80
Промежуточная аттестация	36	36
контактная работа	2,5	2,5
самостоятельная работа по подготовке к экзамену	33,5	33,5

#### 5. Содержание дисциплины

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

Темы, разделы дисциплины	КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ	КОМПЕ- ТЕНЦИИ	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1		
Тема 1. Основные принципы построения моделей движения беспилотных воздушных судов.	30	+	ВК, Л, ПЗ, СРС	УО
Тема 2. Основные геометрические и	32	+	Л, ПЗ,	

Темы, разделы дисциплины	КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ	КОМПЕ- ТЕНЦИИ	Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1		
кинематические соотношения, используемые при описании движения беспилотного воздушного судна.			СРС	УО
Тема 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого БВС с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	82	+	Л, ПЗ, СРС	УО, РЗ
Итого за семестр 6	144			
Промежуточная аттестация	36			
Всего по дисциплине	180			

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

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

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	КП	Всего часов
<b>6 семестр</b>						
Тема 1. Основные принципы построения моделей движения беспилотных воздушных судов.	8	4	-	18	-	30
Тема 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения беспилотного воздушного судна.	6	4	-	22	-	32
Тема 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого БВС с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	18	24	-	40	-	82
Всего за семестр	32	32	-	80	-	144
Промежуточная аттестация						36
Всего по дисциплине						180

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

### 5.3 Содержание разделов дисциплины

#### **Тема 1. Основные принципы построения моделей движения беспилотных воздушных судов.**

Состав математической модели движения БВС. Основные законы механики, используемые при составлении модели движения тела переменной массой. Системы координат, используемые при описании движения БВС. Связь между системами координат.

#### **Тема 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения беспилотного воздушного судна.**

Кинематические соотношения, определяющие положение БВС при старте с неподвижного носителя.

#### **Тема 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого БВС с переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.**

Силы и моменты, действующие на БВС. Выражения для проекций сил и моментов на различные координатные оси.

Уравнения поступательного движения БВС в пространстве. Понятие о маневренности.

Уравнения вращательного движения БВС в пространстве. Учет влияния вращающихся масс (маховиков) внутри БВС.

Система уравнений пространственного движения БВС при закрепленных рулях, анализ этой системы. Методы упрощения. Программные движения.

Учет влияния постоянного ветра в уравнениях движения БВС. Уравнения продольного движения БВС с учетом влияния ветра.

### 5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
6 семестр		
1	Практическое занятие 1. Основные принципы построения моделей движения беспилотных воздушных судов.	4
2	Практическое занятие 2. Основные геометрические и кинематические соотношения, используемые при описании движения беспилотного воздушного судна.	4
3	Практическое занятие 3. Уравнения динамики пространственного движения жесткого БВС с	24

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (часы)
	переменной массой без учета колебаний жидкого наполнителя.	
Итого за семестр 6		32
Итого по дисциплине		32

### 5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

### 5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
6 семестр		
1	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу.	18
2	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу.	22
3	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала. Подготовка к устному опросу. Выполнение расчетного задания.	40
Итого за семестр 6		80
Итого по дисциплине		80

### 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 (местимось: 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 экзамена в 6 семестре.

Экзамен 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	ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК1</sub>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные модели Земли и системы координат, способы определения и представления гравитационного поля Земли, основные баллистические модели атмосферы;</li> <li>- уравнения движения, условия и особенности полета беспилотных воздушных судов в различных расчетных условиях, силы и моменты, действующие на беспилотное воздушное судно, методы вычисления траекторий и прогнозирования движения беспилотного воздушного судна;</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать методы математического моделирования движения беспилотных воздушных судов;</li> </ul>
II этап		
ОПК-1	ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК1</sub>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать и использовать математические модели процессов движения беспилотных воздушных судов в различных системах координат с учетом различных возмущающих факторов на основе применения существующих методов расчета траекторий движения беспилотных воздушных судов, принципов построения, законов управления и стабилизации в системах управления движением, методы их исследования, выполнять их сравнительный анализ;</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основными методами и приемами анализа движения и управления движением объектов и построения траекторий их движения; основами теории полета беспилотных воздушных судов, методами и математическими моделями, используемыми для решения баллистических задач, методами решения краевых и оптимизационных задач динамики полета беспилотных воздушных судов.</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. Исследовать все ситуации игры на равновесие по Нэшу.

- 1.1.  $\begin{matrix} \text{☞} & 1,2 & 2,1 \\ \text{☞} & 0,3 & 4,6 \end{matrix}$     1.2.  $\begin{matrix} \text{☞} & 3,2 & 2,1 \\ \text{☞} & 4,3 & 5,4 \end{matrix}$     1.3.  $\begin{matrix} \text{☞} & 5,2 & 2,0 \\ \text{☞} & 1,1 & 5,6 \end{matrix}$     1.4.  $\begin{matrix} \text{☞} & 3,2 & 2,5 \\ \text{☞} & 1,3 & 5,5 \end{matrix}$

2. Найти все максиминные и минимаксные стратегии игроков, нижнюю и верхнюю цену игры; указать все ситуации равновесия и решение игры.

- 2.1.  $\begin{matrix} \text{☞} & 2 & 3 & 1 & 1 \\ \text{☞} & 3 & 1 & 4 & 2 \end{matrix}$     2.2.  $\begin{matrix} \text{☞} & 2 & 4 & 3 & 3 & 5 \\ \text{☞} & 1 & 2 & 1 & 5 & 3 \end{matrix}$     2.3.  $\begin{matrix} \text{☞} & 2 & 3 & 4 & 5 & 3 \\ \text{☞} & 11 & 4 & 3 & 11 & 4 & 3 \end{matrix}$
- $\begin{matrix} \text{☞} & 1 & 2 & 3 & 1 \\ \text{☞} & 1 & 2 & 4 & 3 & 4 & 0 \end{matrix}$      $\begin{matrix} \text{☞} & 4 & 5 & 12 & 11 & 9 \\ \text{☞} & 1 & 4 & 7 & 5 \end{matrix}$

3. Найти ситуацию равновесия и решение игры в смешанных стратегиях графоаналитическим методом.

- 3.1.  $\begin{matrix} \text{☞} & 2 & 3 & 1 \\ \text{☞} & 0 & 5 & 4 \end{matrix}$     3.2.  $\begin{matrix} \text{☞} & 2 & 1 \\ \text{☞} & 1 & 2 \end{matrix}$     3.3.  $\begin{matrix} \text{☞} & 2 & 3 & 4 \\ \text{☞} & 1 & 1 & 4 \end{matrix}$     3.4.  $\begin{matrix} \text{☞} & 2 & 1 \\ \text{☞} & 1 & 1 & 3 & 6 \end{matrix}$     3.5.  $\begin{matrix} \text{☞} & 2 & 4 & 3 \\ \text{☞} & 4 & 2 & 1 \end{matrix}$

### 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. Найти седловую точку функции  $K(x, y) = 8(4xy^2 - 2x^2 - y)$ , определенной на множествах  $X = Y = [0, 1]$ .

2. У двух авиапассажиров, следовавших одним рейсом, пропали чемоданы. Авиакомпания готова возместить ущерб каждому пассажиру. Для того чтобы определить размер компенсации, каждого пассажира просят сообщить, во сколько он оценивает содержимое своего чемодана. Каждый пассажир может назвать целочисленную сумму размером не менее 2 долл. и не более 100 долл. Условия компенсации таковы: если оба сообщают одну и ту же сумму, то каждый получит эту сумму в качестве компенсации. Если же заявленный одним из пассажиров ущерб окажется меньше, чем заявленный ущерб другого пассажира, то каждый пассажир получит компенсацию, равную меньшей из заявленных сумм. При этом тот, кто заявил меньшую сумму, получит дополнительно 2 долл., тот, кто заявил большую сумму — дополнительно потеряет 2 долл.

а) Найдите равновесие Нэша.

б) Повторите решение, последовательно удаляя доминируемые стратегии. Почему вы думаете, что в реальности стратегии пассажиров будут отличаться от равновесных?

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

Методика преподавания дисциплины «Модели движения 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 экзамена в 6 семестре. Экзамен позволяют оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

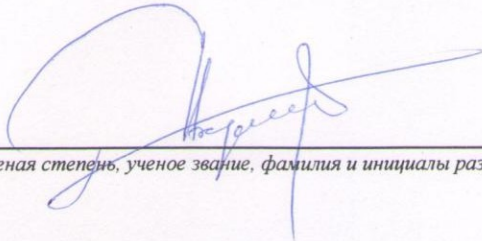
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

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

« 16 » октября 2023 года, протокол № 3.

Разработчики:

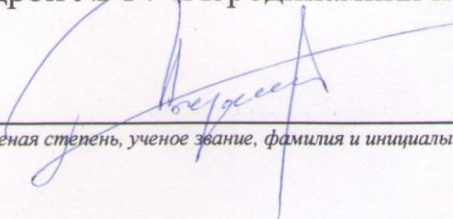
К.Т.Н., доцент

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

Баранов Н.Е.

Заведующий кафедрой № 14 «Аэродинамики и динамики полета»

К.Т.Н., доцент

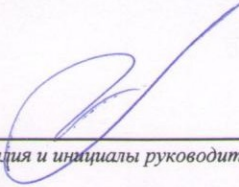
  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

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.