



**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

« 29 » апреля 2024 года

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основы математической теории управления подвижными объектами**

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 «Основы математической теории управления подвижными объектами» является обучение студентов основным принципам построения моделей и алгоритмов управления подвижными объектами (ПО) для целей оптимального управления конечным и текущим положением движущегося объекта, ознакомление с основами применения принципов и методов теории управления в задачах управления ПО для их применения в научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности.

Задачами освоения дисциплины являются:

- знакомство с основными принципами построения моделей и алгоритмов управления ПО;
- изучение оптимального управления конечным и текущим положением движущегося объекта;
- формирование навыка принимать и обосновывать конкретные технические решения при синтезе алгоритмов для ряда систем управления подвижными объектами.

Дисциплина «Основы математической теории управления подвижными объектами» обеспечивает подготовку обучающегося к решению задач профессиональной деятельности научно-исследовательского типа.

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

Дисциплина «Основы математической теории управления подвижными объектами» 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 «Основы математической теории управления подвижными объектами» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Технологическое предпринимательство и бизнес-планирование», «Экономика научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ».

Дисциплина «Основы математической теории управления подвижными объектами» является обеспечивающей для дисциплин: «Основы эксплуатации беспилотных авиационных систем», «Динамика систем автоматического управления беспилотными авиационными системами».

Дисциплина изучается в 1 семестре.

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

Процесс освоения дисциплины «Основы математической теории управления подвижными объектами» направлен на формирование следующих компетенций: УК-1; ОПК-5; ОПК-6; ОПК-7; ОПК-8.

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1)
ИД <sup>1</sup> <sub>УК-1</sub>	Формулирует проблемную ситуацию, вырабатывает стратегию действий для решения проблемы
ИД <sup>2</sup> <sub>УК-1</sub>	Выбирает и применяет методы критического анализа на основе системного подхода для решения проблемной ситуации
ОПК-5	Способен к интерпретации и профессиональной оценке ситуаций с учетом установленных критериев, идентификации и формализации проблем, подготовке, принятию и реализации решений в социотехнических системах (ОПК-5)
ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК-5</sub>	Идентифицирует и формализует проблему функционирования социотехнической системы, применяя установленные в профессиональной деятельности критерии
ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК-5</sub>	Осуществляет анализ проблемной ситуации, поиск и выработку ее решения, оценку реализации принятого решения с учетом особенностей функционирования социотехнической системы
ОПК-6	Способен определять эффективность технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий и решений (ОПК-6)
ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК-6</sub>	Осуществляет расчет основных показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий и решений
ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК-6</sub>	Разрабатывает и обосновывает решения по повышению показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий
ОПК-7	Способен к подготовке данных для анализа и принятия решений при управлении транспортными системами в различных условиях (ОПК-7)
ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК-7</sub>	Осуществляет сбор, анализ и формализует данные для принятия решений при управлении транспортными системами в различных условиях
ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК-7</sub>	Применяет методы и способы обработки данных для анализа и принятия решений при управлении транспортными системами

Код компетенции/ индикатора	Результат обучения: наименование компетенции, индикатора компетенции
ОПК-8	Способен использовать основные понятия, принципы, законы и закономерности общей и прикладной теории систем для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-8)
ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК-8</sub>	Разрабатывает практические рекомендации по результатам проведенного системного анализа проблемной ситуации
ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК-8</sub>	Формирует измерительный инструментарий для конкретной системы

Планируемые результаты изучения дисциплины:

Знать:

- основы и принципы системного подхода;
- сущность критического анализа на основе системного подхода для решения проблемной ситуации;
- организационные основы функционирования социотехнической системы;
- особенности интерпретации и профессиональной оценке ситуаций с учетом установленных критериев.

Уметь:

- осуществлять расчет основных показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий и решений;
- обосновывать решения по повышению показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий;
- рассчитывать на основе типовых методик математические показатели;

Владеть:

- методами обработки и анализа информации в соответствии с поставленными задачами;
- навыками планирования и регулирования деятельности предприятия;
- навыками социального взаимодействия и работы в команде для решения профессиональных задач;
- навыками практических рекомендаций по результатам проведенного системного анализа проблемной ситуации
- методиками расчета производственных показателей деятельности авиапредприятия.

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Наименование	Всего часов	Семестр
		1
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Контактная работа:	54,5	54,5
лекции	28	28
практические занятия	24	24
семинары	–	–
лабораторные работы	–	–
курсовой проект (работа)	4	–
Самостоятельная работа студента	52	52
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	Компетенции					Образовательные технологии	Оценочные средства
		УК-1	ОПК-5	ОПК-6	ОПК-7	ОПК-8		
Тема 1. Общие сведения о методах оптимизации	8	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР, КР
Тема 2. Задачи математического программирования	4	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР
Тема 3. Линейное программирование и нелинейное программирование	4	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР
Тема 4. Системы управления ЛА	6	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР

Темы (разделы) дисциплины	Количество часов	Компетенции					Образовательные технологии	Оценочные средства	
		УК-1	ОПК-5	ОПК-6	ОПК-7	ОПК-8			
Тема 5. Квадратичное программирование и динамическое программирование	6	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР	
Тема 6. Целочисленное программирование и Стохастическое программирование	4	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР	
Тема 7. Оптимальное управление. Элементы функционального анализа.	4	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР	
Тема 8. Вариационные исчисления. Уравнение Эйлера.	6	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР	
Тема 9. Синтез линейной системы управления с квадратичным критерием качества на основе методов вариационного исчисления.	10	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР, КР	
Тема 10. Градиентный метод первого порядка для решения задач оптимального управления	4	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	УО, Д, РС, ПАР,	
Итого за 1 семестр	56								
Промежуточная аттестация	36								
Итого по дисциплине	144								

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, КР- курсовая работа.

## 5.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
семестр							
Тема 1. Общие сведения о методах оптимизации	4	2			8	2	16
Тема 2. Задачи математического программирования	2	2			4		8
Тема 3. Линейное программирование и нелинейное программирование	2	2			6		10
Тема 4. Системы управления ЛА	4	2			6		12
Тема 5. Квадратичное программирование и динамическое программирование	2	4			4		10
Тема 6. Целочисленное программирование и Стохастическое программирование	2	2			4		8
Тема 7. Оптимальное управления. Элементы функционального анализа.	2	2			6		10
Тема 8. Вариационные исчисления. Уравнение Эйлера.	4	2			6		12
Тема 9. Синтез линейной системы управления с квадратичным критерием качества на основе методов вариационного исчисления.	4	4	–	–	8	2	18
Тема 10. Градиентный метод первого порядка для решения задач оптимального управления	2	2			6		8
Итого по дисциплине							144

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

### 5.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Общие сведения о методах оптимизации. Критерии оптимизации. Классификация методов оптимизации.

Тема 2. Задачи математического программирования. Классификация. Алгоритмы поиска минимума функции одной переменной. Метод равномерного поиска. Метод золотого сечения. Метод Фибоначчи. Сравнение методов одномерного поиска.

Тема 3. Линейное программирование и нелинейное программирование. Постановка задачи. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. Симплекс-метод. Решение задач линейного программирования на основе симплекс-метода. Двойственная задача линейного программирования. Методы нелинейного программирования. Постановка задачи. Классификация. Градиентные методы. Выпуклое программирование. Градиентный метод Эрроу-Гурвица.

Тема 4. Системы управления ЛА. Модифицированный метод наискорейшего спуска для задач с ограничениями. Оптимизация параметров ЛА. Алгоритм решения. Выбор оптимальных параметров системы управления ЛА. Алгоритм решения задачи. Определение оптимальных параметров в законе управления высотой полета с нелинейной коррекцией.

Тема 5. Квадратичное программирование и динамическое программирование. Квадратичное программирование. Симплекс-метод для решения задачи квадратичного программирования. Алгоритм Е. Баранкина и Р. Дорфмана. Решение задач квадратичного программирования на основе симплекс-метода. Особенности методов решения задач с сепарабельными функциями. Метод динамического программирования для решения задач математического программирования

Тема 6. Целочисленное программирование и стохастическое программирование. Особенности задач целочисленного программирования. Алгоритм Гомори. Метод ветвей и границ. Пример. Постановка задачи. Непрямые методы стохастического программирования. Прямые методы стохастического программирования.

Тема 7. Оптимальное управление. Элементы функционального анализа. Постановка задачи оптимального управления. Элементы функционального анализа. Функционал. Функциональное пространство. Непрерывность функционала. Дифференцируемость функционалов. Первая и вторая вариации функционала. Примеры вычисления первой и второй вариации функционала. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера. Задача об оптимальном движении в гравитационном поле

Тема 8. Вариационные исчисления. Уравнение Эйлера. Вариационная задача с подвижными концами. Ломаные экстремали. Условия Вейерштрасса – Эрдмана. Задача Лагранжа. Задача Майера на условный экстремум. Задача Больца. Связь между задачами Майера, Лагранжа и Больца. Оптимальное управление угловым движением ЛА. Оптимизация скорости ЛА в конце участка выведения на прямолинейную траекторию.

Тема 9. Синтез линейной системы управления с квадратичным критерием качества на основе методов вариационного исчисления. Синтез линейной системы управления с квадратичным критерием качества на основе методов вариационного исчисления. Метод прогонки для решения краевой задачи. Синтез контура стабилизации угла крена. Каноническая форма уравнения Эйлера. Канонические уравнения Гамильтона. Уравнение Гамильтона – Якоби. Прямые методы вариационного исчисления. Метод Ритца. Метод Эйлера .

Тема 10. Градиентный метод первого порядка для решения задач оптимального управления. Градиентный метод первого порядка для решения задач оптимального управления . Градиентный метод А. Брайсона и Хо-Ю-ши. Задача о подъеме ЛА на максимальную высоту. Метод последовательной линеаризации. Задача о спуске ЛА.

#### 5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
1	Практическое занятие 1. Устный опрос	2
2	Практическое занятие 2. Устный опрос. Решение задач	2
3	Практическое занятие 3. Устный опрос. Решение задач	2
4	Практическое занятие 4. Устный опрос. Решение задач	2
5	Практическое занятие 5. Устный опрос. Решение задач	4
6	Практическое занятие 6. Устный опрос. Решение задач	2
7	Практическое занятие 7. Устный опрос. Решение задач	2
8	Практическое занятие 8. Устный опрос. Решение задач	2
9	Практическое занятие 9. Устный опрос. Решение задач	4
10	Практическое занятие 10. Устный опрос. Решение задач	2
Итого по дисциплине		24

#### 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.	8
2	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	4
3	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	6
4	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	6
5	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	4
6	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	4
7	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	6
8	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	6
9	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	8
10	Повторение материалов лекции. Изучение теоретического материала [1]. Подготовка к устному опросу.	6
Итого по дисциплине		52

## 5.7 Курсовые работы

Наименование этапа выполнения курсовой работы (проекта)	Трудоемкость (часы)
Этап 1. Получение задания на курсовую работу; составление плана работы	0,5

Наименование этапа выполнения курсовой работы (проекта)	Трудоемкость (часы)
Этап 2. Обзор состояния проблемы; изучение источников информации по заданной теме; постановка цели и задач	1
Этап 3. Выполнение поставленных задач	1
Этап 4 Анализ результатов и оформление пояснительной записки	0,5
Этап 5. Защита курсовой работы	0
Итого за 1 семестр:	4

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Хуторецкий, А. Б. Математические модели и методы исследования операций : учебное пособие для вузов / А. Б. Хуторецкий, А. А. Горюшкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 204 с. — ISBN 978-5-507-48598-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/385976> (дата обращения: 12.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Есипов, Б. А. Методы исследования операций : учебное пособие / Б. А. Есипов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-0917-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212204> (дата обращения: 12.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### б) дополнительная литература:

3. Северцев, Н. А. Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности : учебное пособие для вузов / Н. А. Северцев, А. Н. Катулев ; под редакцией П. С. Краснощекова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 319 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07581-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/539931> (дата обращения: 12.03.2024).

4. Надеждин, Е. Н. Методы исследования операций: основы теории и практики : учебное пособие / Е. Н. Надеждин, Е. Е. Смирнова. — Тула : ТГПУ, 2018. — 280 с. — ISBN 978-5-6041454-8-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113618> (дата обращения: 12.03.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

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

6. **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:

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

8. **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
Основы математической теории управления подвижными объектами	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 экзамена в 1 семестре. К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля.

Экзамен 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 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.

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

Обзор методов управления подвижными объектами на примере.....

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

Входной контроль по дисциплине отсутствует

### 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		
УК-1	ИД <sub>УК-1</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>УК-1</sub> <sup>2</sup>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основы и принципы системного подхода;</li> <li>– сущность критического анализа на основе системного подхода для решения проблемной ситуации;</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль результативности ее деятельности, участвовать в разработке новых технологических процессов в деятельности предприятия;</li> <li>- осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде в процессе группового решения профессиональных проблем.</li> </ul>
ОПК-5	ИД <sub>ОПК-5</sub> <sup>1</sup> ИД <sub>ОПК-5</sub> <sup>2</sup>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сущность и значение командных ролей;</li> <li>- организационные основы построения трудовых отношений;</li> <li>- теоретические основы формирования норм и нормирования труда;</li> <li>- особенности формирования оплаты труда на предприятии воздушного транспорта.</li> </ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль результативности ее деятельности, участвовать в разработке новых технологических процессов в деятельности предприятия;</li> <li>- осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде в процессе группового решения профессиональных проблем.</li> </ul>
ОПК-6	<p>ИД<sup>1</sup><sub>ОПК-6</sub> ИД<sup>2</sup><sub>ОПК-6</sub></p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий и решений</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять расчет основных показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий и решений;</li> <li>- обосновывать решения по повышению показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий;</li> </ul>
ОПК-7	<p>ИД<sup>1</sup><sub>ОПК-7</sub> ИД<sup>2</sup><sub>ОПК-7</sub></p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы управления транспортными системами;</li> <li>- способы обработки данных при управлении транспортными системами;</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать данные при управлении транспортными системами в различных условиях;</li> <li>- обрабатывать данные при управлении транспортными системами;</li> </ul>
ОПК-8	<p>ИД<sup>1</sup><sub>ОПК-8</sub> ИД<sup>2</sup><sub>ОПК-8</sub></p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия, принципы, законы и закономерности общей и прикладной теории систем для решения задач профессиональной деятельности;</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать практические рекомендации по результатам проведенного системного анализа проблемной ситуа-</li> </ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		<p>ции;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формировать измерительный инструментарий для конкретной системы;</li> </ul>
<b>II этап</b>		
УК-1	<p>ИД<sup>1</sup><sub>УК-1</sub></p> <p>ИД<sup>2</sup><sub>УК-1</sub></p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль результативности ее деятельности, участвовать в разработке новых технологических процессов в деятельности предприятия;</li> <li>- осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде в процессе группового решения профессиональных проблем.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами обработки и анализа информации в соответствии с поставленными задачами;</li> <li>- навыками планирования и регулирования деятельности предприятия;</li> </ul>
ОПК-5	<p>ИД<sup>1</sup><sub>ОПК-5</sub></p> <p>ИД<sup>2</sup><sub>ОПК-5</sub></p>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять контроль результативности ее деятельности, участвовать в разработке новых технологических процессов в деятельности предприятия;</li> <li>- осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде в процессе группового решения профессиональных проблем.</li> </ul> <p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками планирования и регулирования деятельности предприятия;</li> <li>- навыками социального взаимодействия и работы в команде для решения профессиональных задач;</li> <li>- навыками практических рекомендаций по результатам проведенного системного анализа проблемной ситуации</li> </ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
ОПК-6	ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК-6</sub> ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК-6</sub>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– осуществлять расчет основных показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий и решений;</li> <li>– обосновывать решения по повышению показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий;</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами расчета основных показателей эффективности реализации технико-технологических, организационных и управленческих мероприятий и решений;</li> <li>– методиками расчета производственных показателей деятельности авиапредприятия.</li> </ul>
ОПК-7	ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК-7</sub> ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК-7</sub>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать данные при управлении транспортными системами в различных условиях;</li> <li>- обрабатывать данные при управлении транспортными системами;</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами обработки и анализа данных при управлении транспортными системами в различных условиях;</li> <li>– навыками обработки данных при управлении транспортными системами;</li> <li>– навыками практических рекомендаций по результатам проведенного системного анализа проблемной ситуации</li> </ul>
ОПК-8	ИД <sup>1</sup> <sub>ОПК-8</sub> ИД <sup>2</sup> <sub>ОПК-8</sub>	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать практические рекомендации по результатам проведенного системного анализа проблемной ситуации;</li> <li>- формировать измерительный инструментарий для конкретной системы;</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методами разработки практических рекомендаций по результатам проведенного системного анализа проблемной ситуации;</li> <li>– навыками практических рекомендаций по результатам проведенного системного анализа проблемной ситуации</li> </ul>

Компетенции	Показатели оценивания (индикаторы достижения) компетенций	Критерии оценивания
		– методиками расчета производственных показателей деятельности авиапредприятия.

#### 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. Что такое оптимизация.
2. Что такое системный подход оптимизации.
  3. Что такое вариационное исчисление.
  4. Что такое максимум Понтрягина.
  5. Что такое непрерывное динамическое программирование.
  6. Охарактеризуйте дискретные процессы управления.
  7. Охарактеризуйте модель многошагового процесса управления.
  8. Что такое градиентный метод.
  9. Охарактеризуйте теорему Куна-Таккера.
  10. В чем состоит смысл метода Баранкина и Дорфмана

### Темы докладов

Доклады по дисциплине не предусмотрены.

### Типовые задачи

Задача 1. Движение управляемой системы определяется дифференциальным уравнением  $f(t, x(t), u(t), (t)) dt dx = \zeta$ , (9)  
при  $0 t = t_0$   $M[x(t)] = x$  ;  
(10)  $u(t) \in U$  .

Задача 2. Составить уравнения Эйлера–Лагранжа:  $\psi_i' = - \partial H / \partial x_i$ ,  
 $i = 1, 2, \dots, n$ .

Задача 3. Решить данную систему уравнений с учетом граничных условий. В случае отсутствия некоторых граничных условий (задача с подвижным концом) составляются условия трансверсальности:

$$\psi_i(t_0) = - \frac{\partial G}{\partial x_i(t_0)}; \quad \psi_i(t_f) = \frac{\partial G}{\partial x_i(t_f)}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

### Примерный вариант письменной аудиторной работы

Письменная аудиторная работа по дисциплине не предусмотрена

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

1. Методы оптимизации.
2. Системный подход оптимизации.
3. Критерии оптимизации.
4. Классификация методов оптимизации.
5. Методы классического вариационного исчисления.
6. Уравнение Эйлера.
7. Условие Лежандра.
8. Условие трансверсальности.
9. Вырожденные функционалы .
10. Прямые методы вариационного исчисления.
11. Непрерывный принцип максимума Понтрягина.
12. Получение уравнений принципа максимума из уравнений Гамильтона-Эйлера.
13. Порядок решения частных задач с помощью принципа максимума. Р
14. Решение задач оптимального быстрогодействия методом фазовой плоскости.
15. Непрерывное динамическое программирование.
16. Принцип оптимальности.
17. Функциональное и дифференциальное уравнение Беллмана.
18. Динамическое программирование и принцип максимума.
19. Геометрическая интерпретация динамического программирования.
20. Оптимизация дискретных процессов управления.
21. Дискретное динамическое программирование как численный метод решения непрерывных задач оптимизации.
22. Блок-схема вычислительного процесса для динамического программирования.
23. Формальный математический аппарат.
24. Эффективность динамического программирования.
25. Модель многошагового процесса управления.
26. Прямые методы отыскания экстремума функции.
27. Особенности одномерного поиска.
28. Пассивный поиск.
29. Последовательный поиск.
30. Метод рандомизации.
31. Особенности многомерного поиска.
32. Случайный поиск.
33. Градиентный метод.
34. Овражный метод.
35. Методы отыскания экстремума в условиях помех.
36. Геометрическая интерпретация задач линейного программирования.
37. Формализованная симплекс-таблица.
38. Прямая и двойственная задачи линейного программирования.
39. Классификация методов нелинейного программирования.
40. Выпуклое программирование.
41. Теорема Куна-Таккера.

42. Метод Баранкина и Дорфмана.
43. Градиентные методы.
44. Метод допустимых направлений Зойтендейка.
45. Целочисленное программирование.
46. Нелинейное и целочисленное программирование.
47. Методы отсечения.
48. Комбинаторные методы.

### Типовые задачи для проведения промежуточной аттестации

Задача 1. Решите задачу оптимального управления: перевести объект управления, уравнения движения которого заданы, в заданное положение при минимальном расходе энергии управляющего воздействия. Начальный момент времени  $t_0 = 0$ . Уравнения движения, граничные условия и конечное время  $t_f$  заданы в табл. 1 по вариантам. Постройте графики  $x_1^*(t)$ ,  $x_2^*(t)$  и график функции управления  $u^*(t)$ .

Вариант	Уравнения движения	Граничные условия	$t_f$
1	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - 2 \\ \dot{x}_2 = u \end{cases}$	$x_1(t_0) = x_2(t_0) = 0, x_1(t_f) = -1, x_2(t_f) = 0$	1
2	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + 2 \\ \dot{x}_2 = -x_1 + u \end{cases}$	$x_1(t_0) = x_2(t_0) = 0, x_1(t_f) = -2, x_2(t_f) = 0$	0,5
3	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - 1 \\ \dot{x}_2 = -x_1 + u \end{cases}$	$x_1(t_0) = 0, x_2(t_0) = 4, x_1(t_f) = x_2(t_f) = 0$	1,5
4	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + u \\ \dot{x}_2 = x_1 + u \end{cases}$	$x_1(t_0) = x_2(t_0) = 2, x_1(t_f) = 6, x_2(t_f) = -2$	2
5	$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_2 + u \\ \dot{x}_2 = x_1 + u \end{cases}$	$x_1(t_0) = -2, x_2(t_0) = 2, x_1(t_f) = 2, x_2(t_f) = -10$	2,5
6	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - 4 \\ \dot{x}_2 = u \end{cases}$	$x_1(t_0) = x_2(t_0) = 0, x_1(t_f) = -1, x_2(t_f) = 1$	3
7	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + 5 \\ \dot{x}_2 = -x_1 + 2u \end{cases}$	$x_1(t_0) = x_2(t_0) = 0, x_1(t_f) = 2, x_2(t_f) = 0$	2,2
8	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 - 3 \\ \dot{x}_2 = x_1 + u \end{cases}$	$x_1(t_0) = 0, x_2(t_0) = 2, x_1(t_f) = x_2(t_f) = 0$	0,8
9	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + u \\ \dot{x}_2 = -x_1 + u \end{cases}$	$x_1(t_0) = x_2(t_0) = 2, x_1(t_f) = 3, x_2(t_f) = -2$	2,8
10	$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_2 + u \\ \dot{x}_2 = x_1 + 2u \end{cases}$	$x_1(t_0) = -1, x_2(t_0) = 1, x_1(t_f) = 1, x_2(t_f) = -4$	3,2
11	$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + 5u \\ \dot{x}_2 = -x_1 + u \end{cases}$	$x_1(t_0) = x_2(t_0) = 10, x_1(t_f) = 10, x_2(t_f) = 0$	1,2
12	$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_2 + u \\ \dot{x}_2 = x_1 + 3u \end{cases}$	$x_1(t_0) = -1, x_2(t_0) = 1, x_1(t_f) = 5, x_2(t_f) = 0$	1,6
13	$\begin{cases} \dot{x}_1 = -x_2 + u \\ \dot{x}_2 = x_1 + 2u \end{cases}$	$x_1(t_0) = -1, x_2(t_0) = 2, x_1(t_f) = 4, x_2(t_f) = -10$	5

Задача 2.

**Исходные данные:**

1) Уравнения движения:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = u \end{cases} \quad (n = 2, r = 1, l = 0).$$

2) Граничные условия:

$$x_1(0) = x_2(0) = 0, \quad x_1(t_f) = 1, \quad x_2(t_f) = 0, \quad t_f = 1 \text{ с.}$$

3) Критерий оптимальности в случае минимального расхода энергии управляющего воздействия равен:

$$J = \int_0^{t_f} u^2 dt \rightarrow \min.$$

Задача 3.

**Исходные данные:**

1) Уравнения движения:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2; \\ \dot{x}_2 = u \end{cases} \quad (r = 1, l = 0).$$

2) Граничные условия:

$$x_1(0) = x_2(0) = 0, \quad x_1(t_f) = 2, \quad x_2(t_f) = 0.$$

3) Критерий оптимальности в случае минимального времени равен:

$$J = t_f \rightarrow \min.$$

## 10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методика преподавания дисциплины «Основы математической теории управления подвижными объектами» 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 1 семестре. К моменту сдачи экзамена должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

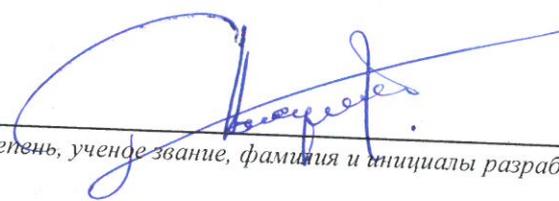
Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями  
ФГОС ВО по направлению подготовки 25.04.03 Аэронавигация.

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

«13» марта 20 24 года, протокол № 8.

Разработчик:

К.Т.Н., доцент

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

Баранов Н.Е.

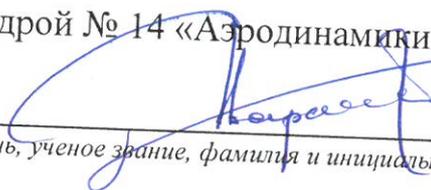
К.Т.Н., доцент

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

Анискевич Ю.В.

Заведующий кафедрой № 14 «Аэродинамики и динамики полета»

К.Т.Н., доцент

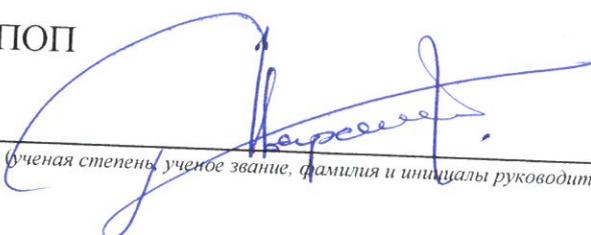
  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

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 20 24 года, протокол № 7.