

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Левихин А.А.

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование жидкостных ракетных двигателей
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	10	3	108	34	17	0	17	74	0	0	74	зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ \_\_\_\_\_

Толпегин Олег Александрович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

УК-1 — Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### УК-1

*знания:*

на уровне представлений – методы теории дифференциальных игр и области их применения;

на уровне воспроизведения и понимания – методы оптимального управления;

*умения:*

разрабатывать математические модели процессов управления движением и объектов, методы их исследования;

выполнять сравнительный анализ математических моделей, т.е. ставить задачи управления движением на основе методов оптимального управления и теории дифференциальных игр;

использовать основные методы теории оптимального управления и дифференциальных игр;

использовать основные методы теории оптимального управления и дифференциальных игр;

выбирать методы для решения поставленных оптимальных задач;

самостоятельно проводить математическое моделирование поставленных оптимальных задач для космической и ракетной техники с использованием современных программных продуктов и информационных технологий;

*навыки:*

формализация интеллектуальных задач управления;

разработка алгоритмов и программ на языках высокого уровня для численного решения поставленных задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ** является дисциплиной **факультативного блока** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач
- ОПК-7 — Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте
- ПК-6 — Способен проводить поиск, систематизировать и анализировать информацию по конструктивным и схемным решениям существующей ракетно-космической техники и их элементов

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		УК-1
5	10	Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр. 1.1. Постановка антагонистической дифференциальной игры. Классификация дифференциальных игр 1.2 Стратегии игроков. Выбор оптимальных стратегий 1.3 Методы решения дифференциальных игр.	18	2	2	0	16	20
5	10	Раздел 2. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов. 2.1. Общая характеристика областей достижимости и их применение 2.2 Методы расчета областей достижимости. 2.3 Область достижимости для исследования движения крена 2.4 Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление.	22	8	3	5	14	20
5	10	Раздел 3. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости. 3.1 Необходимые условия оптимальности в форме, аналогичной принципу максимума Л.С. Понтрягина 3.2 Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель 3.3 Метод экстремального прицеливания Н.Н Красовского.	22	8	4	4	14	20
5	10	Раздел 4. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости. 4.1 Бескоалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с группой целей 4.2 Коалиционный дифференциально-игровой метод сближения группы беспилотных летательных аппаратов с целью.	24	8	4	4	16	20
5	10	Раздел 5. Информационная игровая задача сближения-уклонения. 5.1 Постановка задачи и метод решения 5.2 Минимаксная фильтрация параметров движения спускаемого летательного аппарата с использованием нелинейной модели движения 5.3 Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели.	22	8	4	4	14	20
Всего за 10 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов.	Область достижимости для исследования движения крена.	3
2		Области достижимости летательного аппарата с постоянным ограничением на аэродинамическое управление.	2
3	Раздел 3. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.	Синтез системы наведения по лучу на маневрирующую цель	2
4		Оптимальное преследование цели в гравитационном поле	2
5	Раздел 4. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости.	Оптимальное управление линейной системой при наличии возмущений на основе метода экстремального прицеливания.	2
6		Конфликтная задача сближения в горизонтальной плоскости.	2
7	Раздел 5. Информационная игровая задача сближения-уклонения.	Конфликтная задача сближения-уклонения с учетом ошибок измерения фазового вектора маневрирующей цели	2
8		Область достижимости с учетом ошибок измерений.	2
Всего за 10 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	16
2	Раздел 2. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций	14

		и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	
3	Раздел 3. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	14
4	Раздел 4. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	16
5	Раздел 5. Информационная игровая задача сближения-уклонения.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	14
<b>Всего за 10 семестр</b>			<b>74</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>10</b>			Тест			ДР	Контр.Р.			ДР				Тест		ДР	зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Тест – тест;
- Контр.Р. – контрольная работа;
- зач. – зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- тест;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. С. Шалыгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 2012, эл. рес.
2. О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
3. О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, 10 экз.
4. О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, эл. рес.
5. О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления. М.: Юрайт, 2021, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
2. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/> - КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. Matlab 2015a SP1.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Matlab 2015a SP1.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ** является дисциплиной **факультативного блока** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разделами современной теории управления: методами оптимального управления и дифференциально-игровыми методами управления.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- тест;
- контрольная работа.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. С. Шальгин, Л. Н. Лысенко, О. А. Толпегин. . Методы моделирования ситуационного управления движением беспилотных летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 2012 (1,2,3)	16
Итого по разделу 1		16
<b>Раздел 2. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям	О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1-4)	14
Итого по разделу 2		14
<b>Раздел 3. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (1-5)	14
Итого по разделу 3		14
<b>Раздел 4. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (1-5) О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.: Юрайт, 2021 (1,2)	16
Итого по разделу 4		16
<b>Раздел 5. Информационная игровая задача сближения-уклонения.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям.	О. А. Толпегин. . Дифференциально-игровые методы управления движением беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (1-5)	14
Итого по разделу 5		14

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- тест;
- контрольная работа;
- зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Тест

Тест включает в себя от 5 до 10 вопросов по материалам соответствующего раздела дисциплины. Прохождение теста считается успешным при правильном ответе не менее чем на 60% вопросов. Комплект типовых тестовых вопросов включён в состав УМК дисциплины

#### Контрольная работа

Контрольная работа включает в себя одну или несколько задач. Задачи входят в состав УМК дисциплины. Результаты выполнения каждой контрольной работы оцениваются по четырехбалльной шкале («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно»). Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо правильно решить 50% задач. Для получения оценки «хорошо» необходимо правильно решить 75% задач. Для получения оценки «отлично» необходимо правильно решить 100% задач. В остальных случаях ставится оценка «неудовлетворительно». Если в плановый срок проведения контрольной работы в соответствии с графиком контрольных мероприятий студентом получена оценка не ниже «удовлетворительно», ему зачитываются все темы этой контрольной работы. При отсутствии положительной оценки в плановый срок студенту необходимо полностью или частично переписывать контрольную работу в часы плановых консультаций и приема задолженностей вплоть до получения положительной оценки. Допускается повторное выполнение контрольных работ с целью повышения оценки.

#### Зачет

Итоговый контроль по дисциплине проходит в форме зачета. Обучающийся получает оценку "ЗАЧТЕНО" при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий, т.е. при сдаче всех тестов и контрольной работы на положительную оценку.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		УК-1	
5	10	Раздел 1. Постановка задач управления движением летательных аппаратов в виде дифференциальных игр.	18	2	2	0	16	20	Тест
5	10	Раздел 2. Области достижимости беспилотных летательных аппаратов.	22	8	3	5	14	20	Тест
5	10	Раздел 3. Методы синтеза управления в игровой постановке на основе решения вспомогательных задач программного управления и расчета областей достижимости.	22	8	4	4	14	20	Тест, Контрольная работа
5	10	Раздел 4. Синтез оптимального управления на основе прогнозирования минимаксного промаха с использованием областей достижимости.	24	8	4	4	16	20	Тест
5	10	Раздел 5. Информационная игровая задача сближения-уклонения.	22	8	4	4	14	20	Тест
Всего за 10 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

**УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий**

№ 1 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите методы оптимального управления с их описаниями.

- |  |   |
|--|---|
| 1. Динамическое программирование         | А. Использует фиксированные значения параметров системы для нахождения минимального или максимального значения критерия |
| 2. Линейное программирование             | Б. Основывается на итеративном улучшении решения с учетом градиента целевой функции.                                    |
| 3. Метод градиентного спуска             | В. Применяется для задач с многоступенчатым временем и состояниями.   |
| 4. Метод прямого оптимального управления | Г. Фокусируется на нахождении оптимального управления через интерполяцию и численные методы                             |

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие

Соотнесите вид критерия оптимальности и соответствующее название задачи оптимального управления

- |                    |  |
|--------------------|--|
| А.                 |  |
| 1. Задача Лагранжа | $J(x) = R(\vartheta, x(\vartheta))$  |
| Б.                 |  |
| 2. Задача Майера   | $J(x) = R(\vartheta, x(\vartheta)) + \int_{t_0}^{\vartheta} L(t, x, \dot{x}) dt$ |
| В.                 |  |
| 3. Задача Больца   | $J(x) = \int_{t_0}^{\vartheta} L(t, x(t), \dot{x}(t)) dt$                        |

№ 3 Прочитайте текст и установите последовательность

Расположите шаги процесса оптимизации с помощью градиентного спуска

1. Вычисление градиента функции
2. Обновление параметров
3. Инициализация параметров
4. Проверка условия сходимости

№ 4 Прочитайте текст и установите последовательность

Упорядочите процесс решения задачи оптимального управления с помощью принципа Максимума

1. Находятся граничные условия для сопряженной системы уравнений из условий трансверсальности
2. Составляется сопряженная система уравнений
3. Составляется формула для вычисления оптимального управления
4. Составляется функция Гамильтона

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой вид имеет функция Гамильтона для задачи Больца?

- 1)  $H = \Psi^T \dot{x} - L(t, x, \dot{x})$  .
- 2)  $H = \Psi^T \dot{x}$  .
- 3)  $H = L(t, x, \dot{x})$  .
- 4)  $H = \Psi^T \dot{x} + L(t, x, \dot{x})$  .

№ 6 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой вид имеет функция Гамильтона для задачи Майера?

- 1)  $H = \Psi^T \dot{x} - L(t, x, \dot{x})$  .
- 2)  $H = \Psi^T \dot{x}$  .
- 3)  $H = L(t, x, \dot{x})$  .
- 4)  $H = \Psi^T \dot{x} + L(t, x, \dot{x})$  .

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой вид имеет функция Гамильтона для задачи Лагранжа?

- 1)  $H = \Psi^T \dot{x} - L(t, x, \dot{x})$ .
- 2)  $H = \Psi^T \dot{x}$  .
- 3)  $H = L(t, x, \dot{x})$  .
- 4)  $H = \Psi^T \dot{x} + L(t, x, \dot{x})$  .

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Выберите уравнения, представляющие собой канонический вид уравнения Эйлера

1.  $\frac{d\Psi}{dt} = \frac{\partial H}{\partial x}$  .
2.  $\frac{d\Psi}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial x}$ .
3.  $\frac{dx}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \Psi}$ .
4.  $\frac{dx}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \Psi}$  .

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Выберете задачи, которые могут быть решены методами оптимального управления

1. Подбор параметров передаточной функции системы управления ЛА.
2. Максимизация скорости полета в момент окончания активного участка полета
3. Максимальное смещение ЛА в заданном направлении
4. Выбор балансировочного угла атаки ЛА.

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Каковы основные составляющие задачи оптимального управления?

1. Целевая функция
2. Ограничения
3. Начальные условия
4. Случайные величины

№ 11 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

В чем особенность постановки задачи Больца на условный экстремум?

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Что такое простейшая задача вариационного исчисления