

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»**  
**(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)**

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Страхов С. Ю.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Направление/специальность подготовки	24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов
Специализация/профиль/программа подготовки	Автоматизированные системы управления боевыми авиационными комплексами
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	И Информационных и управляющих систем
Выпускающая кафедра	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра-разработчик рабочей программы	И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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	
4	7	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

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

**24.05.05 Интегрированные системы летательных аппаратов**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ \_\_\_\_\_

Кабанов Сергей Александрович, д.т.н., профессор, профессор

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Матвеев С.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Заведующий кафедрой Матвеев С.А., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

### **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:

ПСК-5/23 — способность определять состав и структуру комплексов бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем для авиационных комплексов различного назначения
--

ПСК-6/23 — способность проводить системный анализ, разрабатывать варианты решения проблемы, определять оптимальные решения в условиях многокритериальности, неопределенности с использованием методов теории принятия решений и искусственного интеллекта
---

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-5/23**

*знания:*

методик определения целей и задач проектирования систем управления, выбора критериев и показателей проектирования, построения их структур и схем с учетом специфики объекта назначения и условий применения;;

*умения:*

применять методы управления ЛА различного типа и условий их реализации;;

*навыки:*

выполнять структурный и параметрический синтез алгоритмов управления..

### **ПСК-6/23**

*знания:*

основ оптимального управления системами;;;

*умения:*

решать задачи анализа и синтеза технических систем;

*навыки:*

умение применять алгоритмы для решения задач управления с учетом ограничений при имитационном моделировании..

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.05 *Интегрированные системы летательных аппаратов*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ, ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ, ПОДГОТОВКА К ПРОЦЕДУРЕ ЗАЩИТЫ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ, ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности
- ОПК-5 — Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности, для решения инженерных задач
- ОПК-8 — способен разрабатывать математические, имитационные и полунатурные модели робототехнических комплексов, объектов и подсистем вооружения и бортового оборудования летательных аппаратов, а также осуществлять синтез по критериям боевой и технико-экономической эффективности

### 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		ПСК-5/23	ПСК-6/23
4	7	Раздел 1. Управляемость. 1.1. Основные принципы механики. 1.2. Фундаментальная матрица системы. 1.3. Управляемость линейных стационарных и нестационарных систем..	28	13	8	5	15	20	20
4	7	Раздел 2. Методы оптимизации. 2.1. Вариационное исчисление. Уравнение Эйлера. Условия Вейерштрасса-Эрдмана. Условие Лежандра. Принцип Лагранжа снятие ограничений: изопериметрическая задача, ограничение в форме равенств. 2.2. Принцип максимума. Принцип максимума при отсутствии ограничений на управление. Учет дополнительных ограничений в форме равенств, изопериметрическая задача. Принцип максимума при наличии ограничений на управление. Понятие игольчатой вариации управления, вариации траектории, конечовой вариации. Метод Ньютона для решения краевой задачи, возникающей из принципа максимума. Метод Крылова-Черноусько. 2.3. Динамическое программирование. 2.4. Оптимизация по критерию Красовского. алгоритм с прогнозирующей моделью. 2.5. Инвариантные системы. 2.6. Условия оптимальности Кротова. 2.7. Алгоритм последовательной оптимизации. 2.8. Аналитическое конструирование оптимального регулятора.	30	15	10	5	15	20	30
4	7	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления. 3.1 Метод конечных разностей. Метод Рунга. Метод градиента первой вариации. Метод второй вариации. 3.2.Метод параметризации управления.	24	10	8	2	14	30	20
4	7	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления. 4.1. Управление системами с оптимальной коррекцией структуры управления 4.2. Оптимальное управление с самоорганизацией модели.	26	13	8	5	13	30	30
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Управляемость.	Обратные задачи динамики: система стабилизации ЛА в горизонтальной плоскости; спуск ЛА.	2
2		Численные методы интегрирования системы дифференциальных уравнений: примеры 1 и 2	1
3		Численные методы интегрирования системы дифференциальных уравнений: примеры 3 и 4 и 5	1
4		Управляемость примеры	1
5	Раздел 2. Методы оптимизации.	Управление материальной точкой под действием силы: при ограничении на управление Задача Майера	2
6		Управление материальной точкой под действием силы: по критерию Красовского.	1
7		Управление материальной точкой под действием силы: задача Лагранжа, Бойца	1
8		Управляемость примеры.	1
9	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	Управление материальной точки под действием силы: изопериметрическое ограничение 1.	1
10		Управление материальной точки под действием силы: изопериметрическое ограничение 2; с ограничением на управление и зоной нечувствительности.	1
11	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	Оптимальное управление реактором. Метод Ньютона.	1
12		Модальное управление для системы стабилизации	1
13		Сдача домашнего задания	2
14		Контрольная работа	1
Всего за 7 семестр			17

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Управляемость.	Подготовка к практическим занятиям. Подбор литературы по домашнему заданию.	15
2	Раздел 2. Методы оптимизации.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение литературы по разделу.	15
3	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение рекомендуемой литературы.	14
4	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Подготовка к контрольной работе.	13
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>57</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
7					Вопр.Диф.Зач	ДР				ДР					ДЗ	ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- ДЗ – домашнее задание;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 70 экз.
2. О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления. М.: Юрайт, 2021, эл. рес.
3. С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 71 экз.
4. С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997, 55 экз.
5. С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих моделей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 33 экз.
6. С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих моделей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. В. В. Малышев, М. Н. Красильщиков, В. И. Карлов. . Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1989, 3 экз.

### 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. <https://repository.library.voenmeh.ru/jsrui/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
4. <http://library.voenmeh.ru/jirbis2/> — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
5. <https://urait.ru/> — Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов.;
6. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<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:

не требуется.

### 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. Проектор;
2. Аудитория с числом посадочных мест не меньше количества обучающихся.

### **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 **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.05 *Интегрированные системы летательных аппаратов*. Дисциплина реализуется на факультете И Информационных и управляющих систем БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-5/23 способность определять состав и структуру комплексов бортового оборудования информационно-измерительной, навигационной и управляющей подсистем для авиационных комплексов различного назначения;

ПСК-6/23 способность проводить системный анализ, разрабатывать варианты решения проблемы, определять оптимальные решения в условиях многокритериальности, неопределенности с использованием методов теории принятия решений и искусственного интеллекта.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с алгоритмами оптимального управления и их практическим применением.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 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. Управляемость.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Подбор литературы по домашнему заданию.	С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (раздел 1.1. 1.2.) С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях: СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997 (приложение 3)	15
Итого по разделу 1		15
<b>Раздел 2. Методы оптимизации.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение литературы по разделу.	С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях: СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997 (раздел 1.1,1.2,1.3, 1.5,1.4, 1.6,1.7,2.8.) С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих моделей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (раздел 1) С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (приложение А) О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (глава 3) О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.: Юрайт, 2021 (часть 1,2)	15
Итого по разделу 2		15
<b>Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение рекомендуемой литературы.	В. В. Малышев, М. Н. Красильщиков, В. И. Карлов. . Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1989 (глава 3) С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях: СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997 (раздел 1.10) Ф. Л. Черноусько, И. М. Ананьевский, С. А. Решмин. Методы управления нелинейными механическими системами: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006 (глава 3)	14
Итого по разделу 3		14
<b>Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.</b>		
Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего	С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих	13

задания. Подготовка к контрольной работе.	<p>моделей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (раздел 1)</p> <p>О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.: Юрайт, 2021 (часть 3)</p> <p>С. А. Кабанов. . Управление системами на прогнозирующих моделях: СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997 (раздел 5)</p> <p>О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (раздел 3)</p> <p>С. А. Кабанов. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (раздел 6.4)</p>	
Итого по разделу 4		13

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы к дифференцированному зачету;
- домашнее задание;
- дифференцированный 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.

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Находятся в УМК дисциплины.

#### Домашнее задание

Отчет по домашнему заданию должен содержать полное решение согласованной с преподавателем в начале семестра задачи.  
Предусмотрена защита домашнего задания в форме ответов на вопросы по его содержанию.  
Примеры домашнего задания и типовые задачи представлены в УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Допуск к зачету осуществляется при выполнении всех контрольных мероприятий в семестре.  
Зачтено-отлично ставится при полном выполнении домашнего задания.  
Зачтено-хорошо ставится при полном выполнении первой части домашнего задания и неполного решения второй части.  
Зачтено-удовлетворительно ставится при выполнении первой части домашнего задания. Или при выполнении всех контрольных мероприятий в семестре в срок.

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		ПСК-5/23	ПСК-6/23	
4	7	Раздел 1. Управляемость.	28	13	8	5	15	20	20	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 2. Методы оптимизации.	30	15	10	5	15	20	30	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	24	10	8	2	14	30	20	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	26	13	8	5	13	30	30	Домашнее задание
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-5/23

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Достаточными условиями минимума целевого функционала являются условия, носящие имя ...
- № 2 Опишите последовательность решения двухточечной краевой задачи принципа максимума методом Ньютона
- № 3 Для решения двухточечной краевой задачи принципа максимума методом Ньютона формируется функция невязки, определяемая условиями ...
- № 4 Для полной управляемости  $n$ -мерной линейной стационарной системы необходимо и достаточно, чтобы ...
- № 5 Для полной управляемости  $n$ -мерной линейной нестационарной системы необходимо и достаточно, чтобы ...
- № 6 При рассмотрении критерия Красовского двухточечная краевая задача сводится ...
- № 7 В задаче аналитического конструирования оптимального регулятора управление линейно зависит от вектора состояния, а коэффициент усиления определяется с применением ...
- № 8 В задаче АКОР при весовой матрице  $Q=k^{(-2)}$  в квадратичной форме с управлением в критерии оптимальности управление линейно зависит от вектора состояния, а коэффициент усиления определяется вычислением матрицы  $S$ , компонента которой  $S_{11}$  определяется уравнением ...
- № 9 В задаче АКОР при весовой матрице  $Q=k^{(-2)}$  в квадратичной форме с управлением в критерии оптимальности управление линейно зависит от вектора состояния, а коэффициент усиления определяется вычислением матрицы  $S$ , компонента которой  $S_{12}$  определяется уравнением ...
- № 10 В задаче АКОР при весовой матрице  $Q=k^{(-2)}$  в квадратичной форме с управлением в критерии оптимальности управление линейно зависит от вектора состояния, а коэффициент усиления определяется вычислением матрицы  $S$ , компонента которой  $S_{22}$  определяется уравнением ...
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Вариация функции – это ...
- приращение функции в точке экстремума
- виртуальный дифференциал
- дифференциал функции при постоянном времени
- целевой функционал
- № 2 Работа – это ...
- произведение силы на перемещение в ее направлении
- производная от кинетической энергии
- произведение весового коэффициента на приращение вектора состояния
- № 3 «С такой же силой действует предмет на воздух, с какой и воздух на предмет», писал ...
- Галилео Галилей
- Леонардо да Винчи
- Исаак Ньютон
- № 4 Перечислите интегральные принципы механики
- принцип Бернулли
- принцип Ферма
- принцип Мопертюи

	принцип Эйлера
	принцип Лагранжа
	принцип Майера
	принцип Снеллиуса
№ 5	<p>принцип Гамильтона</p> <p>Функция Беллмана равна ...</p> <p>первой вариации целевого функционала</p> <p>произведение весового коэффициента на приращение вектора состояния</p> <p>минимуму целевого функционала при интервале оптимизации от текущего времени до конечного момента</p>
№ 6	<p>второй вариации целевого функционала</p> <p>Скользкий интервал оптимизации равен ...</p> <p>разности между конечным временем и начальным</p> <p>разности между текущим временем и начальным</p> <p>с разности между конечным временем и текущим</p>
№ 7	<p>разности между заданным интервалом времени и текущим временем</p> <p>В точках излома ломаной экстремали выполняются условия ...</p> <p>Лежандра</p> <p>Пуанкаре-Картана</p> <p>Эйлера</p> <p>Вейерштрасса-Эрдмана</p>
№ 8	<p>Лапласа</p> <p>Задача Лагранжа состоит в минимизации ...</p> <p>терминального</p> <p>интегрального</p>
№ 9	<p>интегро-терминального</p> <p>Задача Майера состоит в минимизации ...</p> <p>терминального</p> <p>интегрального</p>
№ 10	<p>интегро-терминального</p> <p>Задача Больца состоит в минимизации ...</p> <p>терминального</p> <p>интегрального</p> <p>интегро-терминального</p>
<b>ПСК-6/23</b>	<b>Вопросы открытого типа:</b>
№ 1	Достаточными условиями минимума целевого функционала являются условия, носящие имя ... .
№ 2	Опишите последовательность решения двухточечной краевой задачи принципа



- максимума методом Ньютона
- № 3 Для решения двухточечной краевой задачи принципа максимума методом Ньютона формируется функция невязки, определяемая условиями
- № 4 Для полной управляемости  $n$ -мерной линейной стационарной системы необходимо и достаточно, чтобы ...
- № 5 Для полной управляемости  $n$ -мерной линейной нестационарной системы необходимо и достаточно, чтобы ...
- № 6 При рассмотрении критерия Красовского двухточечная краевая задача сводится ...
- № 7 В задаче аналитического конструирования оптимального регулятора управление линейно зависит от вектора состояния, а коэффициент усиления определяется с применением ...
- № 8 В задаче АКОР при весовой матрице  $Q=k^{(-2)}$  в квадратичной форме с управлением в критерии оптимальности управление линейно зависит от вектора состояния, а коэффициент усиления определяется вычислением матрицы  $S$ , компонента которой  $S_{11}$  определяется уравнением ...
- № 9 В задаче АКОР при весовой матрице  $Q=k^{(-2)}$  в квадратичной форме с управлением в критерии оптимальности управление линейно зависит от вектора состояния, а коэффициент усиления определяется вычислением матрицы  $S$ , компонента которой  $S_{12}$  определяется уравнением ...
- № 10 В задаче АКОР при весовой матрице  $Q=k^{(-2)}$  в квадратичной форме с управлением в критерии оптимальности управление линейно зависит от вектора состояния, а коэффициент усиления определяется вычислением матрицы  $S$ , компонента которой  $S_{22}$  определяется уравнением ...
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Перечислите интегральные принципы механики
- принцип Бернулли
- принцип Ферма
- принцип Мопертюи
- принцип Эйлера
- принцип Лагранжа
- принцип Майера
- принцип Снеллиуса
- принцип Гамильтона
- № 2 Вариация функции – это ...
- приращение функции в точке экстремума
- виртуальный дифференциал
- дифференциал функции при постоянном времени
- целевой функционал
- № 3 Функция Беллмана равна ...
- первой вариации целевого функционала
- произведение весового коэффициента на приращение вектора состояния
- минимуму целевого функционала при интервале оптимизации от текущего времени до конечного момента
- второй вариации целевого функционала
- № 4 Скользящий интервал оптимизации равен ...
- разности между конечным временем и начальным

- разности между текущим временем и начальным
- разности между заданным конечным временем и текущим
- разности между скользящим конечным временем и текущим
- № 5 В точках излома ломаной экстремали выполняются условия ...
- Лежандра
- Пуанкаре-Картана
- Эйлера
- Вейерштрасса-Эрдмана
- Лапласа
- № 6 Для системы  $\dot{x}_1 = x_2 + v$ ,  $\dot{x}_2 = u$ ,  $u$  – управление,  $v$  – возмущения, инвариантной по возмущениям  $v$  относительно терминального критерия при нулевых опорных управлении и возмущении будет управление
- А)  $u = -k^2 \cdot p_1$ ,  $p_1$  – сопряженная переменная для  $x_1$ .
- Б)  $u = -v \cdot p_1 / p_2$ ,  $p_1, p_2$  – сопряженные переменные для  $x_1, x_2$ .
- В)  $u = -v \cdot p_1$ ,  $p_1$  – сопряженная переменная для  $x_1$ .
- № 7 Для системы  $\dot{x}_1 = x_2 + v$ ,  $\dot{x}_2 = u$ ,  $u$  – управление,  $v$  – возмущения, инвариантной по возмущениям  $v$  относительно терминального критерия при нулевом опорном возмущении и оптимальном опорном управлении  $u_0$  будет управление
- А)  $u = u_0 - k^2 \cdot p_1$ ,  $p_1$  – сопряженная переменная для  $x_1$ .
- Б)  $u = u_0 - v \cdot p_1 / p_2$ ,  $p_1, p_2$  – сопряженные переменные для  $x_1, x_2$ .
- В)  $u = u_0 - v \cdot p_1$ ,  $p_1$  – сопряженная переменная для  $x_1$ .
- № 8 Достаточными условиями минимума целевого функционала являются условия, носящие имя
- А) Коши.
- Б) Лапласа.
- В) Лежандра.
- Г) Вейерштрасса-Эрдмана
- № 9 Изопериметрическим называется ограничение в виде ...
- А) определенного интеграла.
- Б) произведения сопряженной переменной на вариацию вектора состояния.
- В) ограничения на управление в виде неравенства.
- № 10 Обратной задачей динамики управляемой системы является ...
- А) задача нахождения управления по заданной траектории.
- Б) задача построения траектории по заданному управлению.
- В) задача определения области достижимости данной системы.