

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_  
Юнаков Л. П.  
(подпись) ФИО  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Направление/специальность подготовки	24.05.06 Системы управления летательными аппаратами
Специализация/профиль/программа подготовки	Системы управления ракет
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	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	
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)**

**24.05.06 Системы управления летательными аппаратами**

год набора группы: 2024

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 Толпегин О.А., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**И9 СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

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

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ**

## **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-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-6/23**

*знания:*

знать основные понятия теории оптимального управления;

знать методы оптимального управления динамическими системами;

знать разновидности постановки задач оптимального управления, критерии оптимальности;

*умения:*

грамотно ставить и решать задачи оптимального управления с помощью различных методов;

выполнять математическое моделирование;

*навыки:*

составления алгоритмов и программ для численного решения задач оптимального управления;

использования методов оптимального управления, как для исследования движения с использованием упрощенных моделей, так и для исследования движения с учетом динамики работы элементов системы управления;

практического использования полученных знаний при проектировании структуры систем управления в условиях многокритериальности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ**.

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

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 проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"

### 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-6/23
4	7	<b>Раздел 1. Методы вариационного исчисления.</b> 1.1. Постановка задачи оптимального управления, история развития методов оптимального управления. Методы вариационного исчисления – основа современных методов управления. 1.2. Основные понятия функционального анализа. Функционал. Функциональное пространство. Линейное функциональное пространство. Норма, расстояние. Примеры линейных нормированных пространств. 1.3. Непрерывность функционала. Дифференцируемость функционала. Первая вариация функционала. 1.4. Вторая вариация функционала. 1.5. Простейшая задача вариационного исчисления. Постановка задач классического вариационного исчисления. 1.6. Задачи с подвижными концами. Условия трансверсальности. Условия Вейерштрасса – Эрмана. 1.7. Задача Лагранжа на условный экстремум. 1.8. Задача Майера на условный экстремум. 1.9. Задача Больца на условный экстремум. 1.10. Синтез линейной системы с интегральным квадратичным критерием. 1.11. Каноническая форма уравнения Эйлера. Необходимые условия экстремума в канонической форме. 1.12. Простые методы вариационного исчисления. Метод Ритца. Метод Эйлера.	36	16	10	6	20	30
4	7	<b>Раздел 2. Принцип максимума Л.С. Понтрягина.</b> 1.1. Введение. Цели и задачи курса. История развития методов оптимального управления. 1.2. Необходимые условия оптимальности при отсутствии ограничений на управление. 1.3. Особенности решения задачи оптимального управления при наличии ограничений на управление. Игольчатая вариация и вариация траектории. 1.4. Теорема принципа максимума для задачи Майера со свободным правым концом траектории и фиксированным временем. 1.5. Условия трансверсальности для задач Лагранжа, Майера, Больца. 1.6. Особое управление. Вычисление особого управления. 1.7. Условие оптимальности особого управления. Скользящий режим. 1.8. Численные методы оптимального управления. Метод последовательных приближений Крылова – Черноушко. 1.9. Численные методы оптимального управления. Метод Ньютона.	42	22	14	8	20	35
4	7	<b>Раздел 3. Метод динамического программирования.</b> 3.1 Принцип оптимальности Р. Беллмана. Вывод уравнения Беллмана для задачи с фиксированным временем и свободным правым концом траектории. 3.2. Уравнение Беллмана для задачи Майера и Больца. 3.3 Синтез оптимального регулятора для линейной системы с интегральным квадратичным критерием качества. 3.4 Синтез оптимального управления по критерию обобщенной работы. 3.5 Принцип максимума и динамическое программирование.	30	13	10	3	17	35
<b>Всего за 7 семестр</b>			108	51	34	17	57	100
<b>Всего по дисциплине</b>			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Методы вариационного исчисления.	Пример вычислений первой и второй вариации функционала	2
2		Задача Лагранжа на условный экстремум. Оптимальное управление угловым движением летательного аппарата.	1
3		Задача Майера на условный экстремум. Оптимизация скорости летательного аппарата в конце участка выведения на прямолинейную траекторию.	1
4		Задача Больца. Синтез линейной системы с интегральным квадратичным критерием качества. Синтез системы стабилизации углового положения летательного аппарата.	2
5	Раздел 2. Принцип максимума Л.С. Понтрягина.	Максимизация скорости летательного аппарата при выведении на траекторию с заданным углом возвышения.	2
6		Синтез оптимальной по быстродействию линейной системы на основе принципа максимума.	2
7		Задача о максимальном смещении летательного аппарата в заданном направлении.	2
8		Решение задач оптимального управления без ограничений на управление с использованием канонической формы уравнения Эйлера.	1
9		Определение особого управления в задачах оптимального управления.	1

10	Раздел 3. Метод динамического программирования.	Синтез системы стабилизации угла крена с использованием интегрального квадратичного критерия оптимальности на основе динамического программирования.	3
<b>Всего за 7 семестр</b>			<b>17</b>

### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Методы вариационного исчисления.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания.	20
2	Раздел 2. Принцип максимума Л.С. Понтрягина.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания. Оформление отчетов по практическим работам.	20
3	Раздел 3. Метод динамического программирования.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	17
<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					ДЗ	ДР		ДЗ	Отч. по ПЗ	ДР	Отч. по ПЗ			Отч. по ПЗ		ДР	диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ДЗ – домашнее задание;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- отчет по практическому заданию.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. . Методы оптимизации. М.: РИОР, 2012, 13 экз.
2. А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. . Методы оптимизации в примерах и задачах. СПб.: Лань, 2020, 50 экз.
3. В. А. Иванов, В. С. Медведев. . Математические основы теории оптимального и логического управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011, эл. рес.
4. О. А. Толпегин. . Математическое программирование. Вариационное исчисление. Москва: Юрайт, 2023, эл. рес.
5. О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления. М.: Юрайт, 2021, эл. рес.
6. О. А. Толпегин. . Прикладные методы оптимального управления. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004, эл. рес.
7. О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 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://urait.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
2. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань;
3. <http://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
4. <https://ibooks.ru/> — ЭБС Айбукс.ру - это большой выбор актуальной литературы для вашей библиотеки в электронном виде;
5. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Электронная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### 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:

1. MATLAB R 2015a.

### 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 R 2015a.

### **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 **МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. 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*: 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 математическим аппаратом теории оптимального управления, общими и специальными методами синтеза оптимального управления в технических системах: методами математического программирования, оптимального управления на основе методов вариационного исчисления, методов оптимального управления. А также круг вопросов, связанных с умением грамотно ставить задачи оптимального управления, выбирать метод решения, составлять алгоритмы и программы для численного решения задач оптимального управления.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

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

- диагностическая работа;
- домашнее задание;
- отчет по практическому заданию.

**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. Методы вариационного исчисления.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания.	О. А. Толпегин. . Математическое программирование. Вариационное исчисление: Москва: Юрайт, 2023 (2) В. А. Иванов, В. С. Медведев. . Математические основы теории оптимального и логического управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011 (1) А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. . Методы оптимизации в примерах и задачах: СПб.: Лань, 2020 (5)	20
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Принцип максимума Л.С. Понтрягина.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Выполнение домашнего задания. Оформление отчетов по практическим работам.	В. А. Иванов, В. С. Медведев. . Математические основы теории оптимального и логического управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011 (2) А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. . Методы оптимизации в примерах и задачах: СПб.: Лань, 2020 (2) О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.: Юрайт, 2021 (1) О. А. Толпегин. . Прикладные методы оптимального управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (1) О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (3) А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. . Методы оптимизации: М.: РИОР, 2012 (5,8)	20
Итого по разделу 2		20
<b>Раздел 3. Метод динамического программирования.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и	О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.:	17

рекомендуемой литературе. Подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим работам.	<p>Юрайт, 2021 (2)</p> <p>О. А. Толпегин. . Прикладные методы оптимального управления: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2004 (2)</p> <p>В. А. Иванов, В. С. Медведев. . Математические основы теории оптимального и логического управления: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011 (3)</p>	
Итого по разделу 3		17

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- домашнее задание;
- отчет по практическому заданию;
- 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.

#### Домашнее задание

Домашнее задание (ДЗ) включает в себя одну или несколько задач. Задачи входят в состав УМК дисциплины.

Домашнее задание считается принятым, если студент выполнил домашнее задание полностью, предоставил отчет по выполненному заданию, и ответил не менее чем на 60% вопросов преподавателя по ходу выполнения задания и по теоретическому материалу того раздела к которому относится ДЗ.

#### Отчет по практическому заданию

Практическое задание (ПЗ) считается выполненным, если студент полностью выполнил все пункты ПЗ.

Отчет по практическому заданию представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по практической работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

При оформлении практических заданий требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

- в начале описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения;
- все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы;
- табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях;
- при выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ;
- по каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

Отчет по ПЗ считается принятым в случае, если оформление отчета соответствует указанным требованиям, и студент ответил не менее чем на 60% вопросов преподавателя по теме ПЗ.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины.

#### Дифференцированный зачет

Промежуточный контроль по дисциплине проходит в форме дифференцированного зачета. Необходимо ответить на 2 теоретических вопроса и решить 1 задачу. Вопросы и задачи к дифференцированному зачету приведены в УМК дисциплины.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено-отлично» выставляется обучающемуся, если он полностью ответил на 2 теоретических вопроса, правильно решил задачу и правильно ответил на 3 дополнительных вопроса по содержанию курса.
- оценка «зачтено-хорошо» выставляется обучающемуся, если он не полностью ответил на 1 теоретический вопрос, правильно решил задачу и правильно ответил хотя бы на 1 дополнительный вопрос по содержанию курса.

- оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если он не ответил ни на один теоретический вопрос и не решил задачу.
- во всех других случаях обучающемуся выставляется оценка «зачтено-удовлетворительно».

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-6/23	
4	7	Раздел 1. Методы вариационного исчисления.	36	16	10	6	20	30	Домашнее задание
4	7	Раздел 2. Принцип максимума Л.С. Понтрягина.	42	22	14	8	20	35	Домашнее задание, Отчет по практическому заданию
4	7	Раздел 3. Метод динамического программирования.	30	13	10	3	17	35	Отчет по практическому заданию
Всего за 7 семестр			108	51	34	17	57	100	
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-6/23

Вопросы открытого типа:

№ 1 \_\_\_\_\_ – функция, в которой роль независимой переменной играет функция, заданная на некотором множестве функций

№ 2 Наличие системы неравенств является особенностью задач на \_\_\_\_\_ экстремум

№ 3 Методы не требующие решения краевой задачи – \_\_\_\_\_ методы вариационного исчисления

№ 4 Особенность простейшей задачи вариационного исчисления – наличие граничных условий на \_\_\_\_\_ конце траектории

№ 5 Особенности задачи линейного программирования – целевая функция и ограничения являются \_\_\_\_\_ функциями

№ 6 В чем особенность задачи математического программирования?

№ 7 Когда возникает необходимость решения уравнения Риккати?

№ 8 В чем особенность метода прогонки для решения краевой задачи?

№ 9 В чем особенности задачи квадратичного программирования?

№ 10 Для чего используется вторая вариация функционала?

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Каким граничным условиям удовлетворяет уравнение Эйлера для простейшей задачи вариационного исчисления?

1. Должны быть заданы начальные и граничные условия для  $x(t)$ , начальное и конечное время движения.
2. Должны быть заданы начальные условия.
3. Должны быть заданы граничные условия.
4. Должно быть задано начальное время движения.

№ 2 Какой вид имеют условия Вейерштрасса-Эрдмана для функционала

$$J(x) = \int_{t_0}^{\vartheta} L(t, x, \dot{x}) dt?$$

- 1)  $L_{\dot{x}}|_{t=\xi-0} = L_{\dot{x}}|_{t=\xi+0}$ .
- 2)  $(L - \dot{x}L_{\dot{x}})|_{t=\xi-0} = (L - \dot{x}L_{\dot{x}})|_{t=\xi+0}$ ;  $L_{\dot{x}}|_{t=\xi-0} = L_{\dot{x}}|_{t=\xi+0}$ .
- 3)  $L_{\dot{x}}|_{t=\xi-0} = L_{\dot{x}}|_{t=\xi+0} + \text{const.}$
- 4)  $(L - \dot{x}L_{\dot{x}})|_{t=\xi-0} = (L - \dot{x}L_{\dot{x}})|_{t=\xi+0}$ .

№ 3 Какой вид имеют условия трансверсальности для задачи Майера на условный экстремум, если время окончания процесса задано, а правый конец траектории свободен?

- 1)  $(\Phi - \dot{x}^T \Phi_{\dot{x}})|_{t=\vartheta} \delta \vartheta = 0$ .
- 2)  $(\frac{\partial R}{\partial x_i} + \Phi^T \dot{x}_i)|_{t=\vartheta} \delta x_{i\vartheta} = 0 (i = 1, \dots, n) = 0$ .
- 3)  $(\Phi - \dot{x}^T \Phi_{\dot{x}})|_{t=\vartheta} \delta \vartheta = 0$ ;  $\Phi^T \dot{x}_i|_{t=\vartheta} \delta x_{i\vartheta} = 0 (i = 1, \dots, n)$
- 4)  $\Phi^T \dot{x}_i|_{t=\vartheta} \delta x_{i\vartheta} = 0 (i = 1, \dots, n)$ .

№ 4 Какой вид имеют условия трансверсальности для задачи Больца на условный экстремум, если время окончания процесса не задано, а правый конец траектории свободен?



- 1)  $\left( \frac{\partial R}{\partial t} + \Phi - \dot{x}^T \Phi_{\dot{x}} \right) \Big|_{t=\vartheta} \delta \vartheta = 0;$
- $\left( \frac{\partial R}{\partial x_i} + \Phi^T_{\dot{x}_i} \right) \Big|_{t=\vartheta} \delta x_{i\vartheta} = 0 \ (i = 1, \dots, n) = 0.$
- 2)  $\left( \frac{\partial R}{\partial x_i} + \Phi^T_{\dot{x}_i} \right) \Big|_{t=\vartheta} \delta x_{i\vartheta} = 0 \ (i = 1, \dots, n) = .$
- 3)  $(\Phi - \dot{x}^T \Phi_{\dot{x}}) \Big|_{t=\vartheta} \delta \vartheta = 0.$
- 4)  $\Phi^T_{\dot{x}_i} \Big|_{t=\vartheta} \delta x_{i\vartheta} = 0 \ (i = 1, \dots, n).$

№ 5 Какими свойствами обладает понятие расстояния между элементами линейного нормированного пространства?

- 1)  $\rho(x, y) < 0.$
- 2)  $\rho(x, y) \neq \rho(y, x).$
- 3) 1)  $\rho(x, y) \geq 0$ , причем  $\rho(x, y) = 0$  в том и только в том случае, когда  $x = y$ ;
- 2)  $\rho(x, y) = \rho(y, x);$
- 3)  $\rho(x, y) \leq \rho(x, z) + \rho(z, y);$
- 4)  $\rho(x, y) \geq \rho(x, z) + \rho(z, y) .$

№ 6 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 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)  $H = \Psi^T \dot{x} + L(t, x, \dot{x}) .$

№ 8 Каким граничным условиям удовлетворяет уравнение Эйлера для простейшей задачи вариационного исчисления?

1. Должны быть заданы начальные и граничные условия для  $x(t)$ , начальное и конечное время движения.
2. Должны быть заданы начальные условия.
3. Должны быть заданы граничные условия.
4. Должно быть задано начальное время движения.

№ 9 Какой вид имеет уравнение Эйлера для простейшей задачи вариационного исчисления?

- 1)  $\frac{dL}{dx} + \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = 0.$
- 2)  $\frac{\partial L}{\partial x} + \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = 0.$
- 3)  $\frac{\partial L}{\partial x} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = 0.$
- 4)  $\frac{dL}{dx} - \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = 0.$

№ 10 Соотнесите задачу на условный экстремум и соответствующей ее вид функционала

1. задачи Майера
2. задачи Лагранжа
3. задачи Больца

А.  $\Phi = \lambda^T(t) g(t, x(t), \dot{x}(t))$

В.  $\Phi = L + \lambda^T(t) g(t, x(t), \dot{x}(t))$