

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

 (подпись) Страхов С. Ю.
 ФИО
 «___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Направление/специальность подготовки	09.03.01 Информатика и вычислительная техника
Специализация/профиль/программа подготовки	Автоматизированные системы обработки информации и управления
Уровень высшего образования	Бакалавриат
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	4	144	51	17	0	34	93	0	0	93	диф. зач.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

09.03.01 Информатика и вычислительная техника

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-1.4 — способность разрабатывать аппаратные и программные средства автоматизации обработки информации и управления в технических системах

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-1.4

знания:

основ оптимального управления системами;

умения:

решать задачи анализа и синтеза технических систем;;

навыки:

умение применять программные средства для решения задач управления;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *09.03.01 Информатика и вычислительная техника*.

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

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**.

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 в профессиональной деятельности
- ПСК-1.4 — Способен разрабатывать аппаратные и программные средства автоматизации обработки информации и управления в технических системах

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 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-1.4
4	7	Раздел 1. Управляемость. 1.1. Основные принципы механики. 1.2. Фундаментальная матрица системы. 1.3. Управляемость линейных стационарных и нестационарных систем..	38	14	4	10	24	25
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, конечной 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.	39	15	5	10	24	25
4	7	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления. 3.1 Метод конечных разностей. Метод Рунге. Метод градиента первой вариации. Метод второй вариации. 3.2.Метод параметризации управления.	31	8	4	4	23	25
4	7	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления. 4.1. Управление системами с оптимальной коррекцией структуры управления 4.2. Оптимальное управление с самоорганизацией модели.	36	14	4	10	22	25
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	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.	4
2		Численные методы интегрирования системы дифференциальных уравнений: примеры 1 и 2	2
3		Численные методы интегрирования системы дифференциальных уравнений: примеры 3 и 4 и 5	2
4		Управляемость примеры	2
5	Раздел 2. Методы оптимизации.	Управление материальной точкой под действием силы: при ограничении на управление Задача Майера	4
6		Управление материальной точкой под действием силы: по критерию Красовского.	2
7		Управление материальной точкой под действием силы: задача Лагранжа, Бойца	2
8		Управляемость примеры.	2
9	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	Управление материальной точки под действием силы: изопериметрическое ограничение 1.	2
10		Управление материальной точки под действием силы: изопериметрическое ограничение 2; с ограничением на управление и зоной нечувствительности.	2
11	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	Контрольная работа	2
12		Оптимальное управление реактором. Метод Ньютона.	2
13		Модальное управление для системы стабилизации	2
14		Сдача домашнего задания	4
Всего за 7 семестр			34

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.	24
2	Раздел 2. Методы оптимизации.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение литературы по разделу.	24
3	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение рекомендуемой литературы.	23
4	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Подготовка к контрольной работе.	22
Всего за 7 семестр			93

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. . Методы оптимального управления. М.: Юрайт, 2021, эл. рес.
2. О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 70 экз.
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 - 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 *09.03.01 Информатика и вычислительная техника*. 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-1.4 способность разрабатывать аппаратные и программные средства автоматизации обработки информации и управления в технических системах.

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 **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**93 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 93 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.
Раздел 1. Управляемость.		
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)	24
Итого по разделу 1		24
Раздел 2. Методы оптимизации.		
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. . Оптимизация динамики систем при действии возмущений: М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008 (приложение А) С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих моделей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (раздел 1) О. А. Толпегин. . Методы оптимального управления: М.: Юрайт, 2021 (часть 1,2) О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (глава 3)	24
Итого по разделу 2		24
Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.		
Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего задания. Изучение рекомендуемой литературы.	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) В. В. Малышев, М. Н. Красильщиков, В. И. Карлов. . Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов: М.: Машиностроение, 1989 (глава 3)	23
Итого по разделу 3		23
Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.		
Подготовка к практическим занятиям. Подготовка домашнего	О. А. Толпегин. . Области достижимости летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ"	22

задания. Подготовка к контрольной работе.	<p>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> <p>С. А. Кабанов, Д. С. Кабанов. . Задачи управления с оптимизацией параметров прогнозирующих 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>	
Итого по разделу 4		22

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-1.4	
4	7	Раздел 1. Управляемость.	38	14	4	10	24	25	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 2. Методы оптимизации.	39	15	5	10	24	25	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 3. Прямые методы оптимального управления.	31	8	4	4	23	25	Вопросы к дифференцированному зачету
4	7	Раздел 4. Проблемы синтеза оптимального управления.	36	14	4	10	22	25	Домашнее задание
Всего за 7 семестр			144	51	17	34	93	100	
Всего по дисциплине			144	51	17	34	93	100	

Критерии оценивания

ПСК-1.4

Вопросы открытого типа:

- № 1 Функции сопряженных переменных определяются по функции Гамильтониана как
- № 2 Функция управления определяется из гамильтониана как
- № 3 Канонические уравнения движения имеют вид
- № 4 Укажите верный вид системы уравнений Эйлера-Лагранжа, являющимся необходимым условием достижения экстремума функционала
- № 5 Если в задаче по нахождению экстремума функционала граничные условия заданы не полностью, то какими условиями дополняется первое необходимое условие достижения экстремума
- № 6 Составить Гамильтониан системы

Уравнения объекта:

$$\dot{x}_2 = u - x_1$$

$$\dot{x}_1 = x_2$$

- № 7 Оптимизируемый функционал: T
Составить уравнения сопряженных переменных

Уравнения объекта:

$$\dot{x}_2 = u - x_1$$

$$\dot{x}_1 = x_2$$

- № 8 Оптимизируемый функционал: T
Составить Гамильтониан системы

Уравнения объекта:

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = u - x_1$$

Оптимизируемый функционал:

$$\int_0^T x_1 dt$$

№ 9 Составить уравнения сопряженных переменных

Уравнения объекта

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = u - x_1$$

Оптимизируемый функционал:

$$\int_0^T x_1 dt$$

№ 10 Составить уравнения Эйлера-Лагранжа для функционала

$$\dot{x}^2 - x^2 - 2tx$$

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Какие методы безусловной оптимизации относятся к методам нулевого порядка?

Метод конфигураций

Обычный перебор

Метод Ньютона

Метод покоординатного спуска

№ 2 Какие методы безусловной оптимизации относятся к методам первого порядка?

метод градиентного спуска

метод золотого сечения

метод дихотомии

метод наискорейшего спуска

№ 3 В общем виде модель объекта управления задается системой обыкновенных дифференциальных уравнений как

$$\begin{aligned}\frac{dX}{dt} &> f(X, U, t) \\ \frac{dX}{dt} &= f(X, U, t) \\ \dot{X} &\leq f(X, U, t) \\ \dot{X} &= f(X, U, t)\end{aligned}$$

№ 4 Какие методы безусловной оптимизации относятся к методам одномерного поиска?

градиентный метод

метод Фибоначчи

метод покоординатного спуска

- № 5 обычный перебор
 Какие методы безусловной оптимизации относятся к методам второго порядка?
 квазиньютоновские методы
 метод золотого сечения
 обычные перебор
- № 6 метод Ньютона
 Укажите второе необходимое условие достижения экстремума функционала
- $\delta^2 J \geq 0$
- $\delta^2 J \leq 0$
- $\delta^2 J = 0$
- $\delta^2 J \neq 0$
- № 7 Укажите второе необходимое условие достижения экстремума функционала в виде условия Лежандра
- $\frac{\partial^2 f_0}{\partial \dot{x} \partial \dot{x}} \geq 0$
- $\frac{\partial^2 f_0}{\partial \dot{x} \partial \dot{x}} \leq 0$
- $\frac{\partial^2 f_0}{\partial \dot{x} \partial \dot{x}} = 0$
- $\frac{\partial^2 f_0}{\partial \dot{x} \partial \dot{x}} \neq 0$
- № 8 Укажите условие трансверсальности для задачи с подвижными концами: значения всех или некоторых составляющих векторной функции X при t=t0 или t=t1 не заданы (концы частично не закреплены)

$$\left. \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right|_{t=t_0} = 0$$

$$\left. \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right|_{t=t_1} = 0$$

$$\left. \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right|_{t=t_1} > 0$$

$$\left. \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \right|_{t=t_0} < 0$$

№ 9

Укажите условие трансверсальности для задачи со свободными концами: не задана граница временного интервала t_0 или t_1

$$\left[f_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \dot{x}_i \right]_{t=t_0} = 0$$

$$\left[f_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \dot{x}_i \right]_{t=t_1} = 0$$

$$\left[f_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \dot{x}_i \right]_{t=t_0} > 0$$

$$\left[f_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} \dot{x}_i \right]_{t=t_1} < 0$$

№ 10

Укажите условие трансверсальности для задачи со скользящими концами: вместо значений t_0 и x_{0i} заданы уравнения $x_i(t_0) = \phi_i(t_0)$, $i=1,2,\dots,n$ и аналогично для правого конца

$$\left[f_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} (\dot{x}_i - \dot{\phi}_i) \right]_{t=t_0} = 0$$

$$\left[f_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} (\dot{x}_i - \dot{\phi}_i) \right]_{t=t_1} = 0$$

$$\left[f_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} (\dot{x}_i - \dot{\phi}_i) \right]_{t=t_0} > 0$$

$$\left[f_0 - \sum_{i=1}^n \frac{\partial f_0}{\partial \dot{x}_i} (\dot{x}_i - \dot{\phi}_i) \right]_{t=t_1} < 0$$