

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ»
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 24.05.06 «СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ»**

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Цель дисциплины – научить студентов владеть стандартными методами решения типовых дифференциальных уравнений и систем, применять их к описанию и исследованию математических моделей в различных областях естествознания и техники.

Задача дисциплины – создание фундамента для овладения общей теорией устойчивости движения и разработанными на основе теории методами исследования устойчивости автоматических систем.

Компетенции, достижение которых планируется по завершении изучения курса (см. табл. 1):

Таблица 1

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости	Знать:разделы учебной и научной литературы, связанные с применением теории матричного исчисления и линейной алгебры, обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием векторно-матричных обозначений
	Уметь:формулировать основные результаты решения поставленных задач: представлять математические утверждения и их доказательства в письменной и устной формах четко в терминах, понятных для профессиональной аудитории
	Владеть:методикой построения, анализа и применения математических моделей для оценки динамики развития явлений и процессов
ПК-5 способностью разрабатывать методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижной объект - комплекс ориентации, управления, навигации и электроэнергетических систем подвижных объектов"	Знать:линейные пространства и их линейные преобразования, квадратичные формы, функции матриц, теоремы существования и единственности решения для дифференциального уравнения и систем дифференциальных уравнений, методики решения линейных и нелинейных дифференциальных уравнений и систем Уметь:применять математический аппарат

	при составлении дифференциальных уравнений автоматических систем, исследовании их устойчивости на основе теорем А.М. Ляпунова
	Владеть: методиками анализа процессов и систем с использованием метода пространства состояний, в том числе определении их управляемости и наблюдаемости, а также синтезе модального управления

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 2

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Математические основы теории автоматического управления. Общие сведения о дифференциальных уравнениях. Теорема существования решения дифференциального уравнения 1-го порядка.	8	4	4	0
2	Дифференциальные уравнения 1-го порядка	12	6	6	0
3	Системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Системы линейных дифференциальных уравнений.	18	8	10	0
4	Линейные дифференциальные уравнения высших порядков	10	4	6	0
5	Первые интегралы	6	4	2	0
6	Элементы теории устойчивости. Особые точки на фазовой плоскости.	10	6	4	0
7	Введение в оптимальное управление	8	4	4	0

ЛЕКЦИИ

Таблица 3

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Установочная лекция. Основные понятия и определения. геометрическая интерпретация решений обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Поле направлений. Задачи, приводящие к решению дифференциальных уравнений.	2
2	1	Постановка задачи Коши. теорема Коши. Непрерывная зависимость решения от начальных условий и параметра. Изоклины и их использование для приближенного построения интегральных кривых.	2
3	2	Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными. Однородные и квазиоднородные уравнения. Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель.	2
4	2	Линейные ОДУ первого порядка. Уравнения Бернулли и Риккати.	2

		Особые точки и особые решения ОДУ 1-го порядка.	
5	2	Уравнения, не разрешенные относительно производной. Особенности составления дифференциальных уравнений в прикладных задачах. Ортогональные и изогональные траектории.	2
6	3	Системы ОДУ. Задача Коши для нормальной системы ОДУ. Теорема Коши. Общее и частное решения системы ОДУ. Теорема Коши о существовании и единственности решения уравнения высшего порядка. случаи понижения порядка	2
7	3	Системы линейных ОДУ. Определения и основные свойства решений. определитель Вронского. Фундаментальная система решений. Формула Остроградского-Лиувилля.	2
8	3	Теорема о структуре общего решения однородной и неоднородной систем. Метод вариации постоянных.	2
9	3	Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение системы. Фундаментальная система решений (ФСР) в случае различных корней характеристического уравнения. Структура ФСР в случае кратных корней.	2
10	4	Линейные дифференциальные уравнения высших порядков. Сведение к линейной системе. Определитель Вронского и структура общего решения однородного уравнения. Общее решение неоднородного уравнения. Метод Лагранжа вариации постоянных.	2
11	4	Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Случай различных корней характеристического уравнения. Формула сдвига. Случай кратных корней характеристического уравнения. Структура частного решения уравнения с постоянными коэффициентами и специальной правой частью.	2
12	5	Первые интегралы. основные понятия и определения. Теорема о локальном существовании системы первых интегралов. понижение порядка системы дифференциальных уравнений при помощи первых интегралов.	2
13	5	Автономные системы. Симметричная форма записи нормальной автономной системы.	2
14	6	Элементы теории устойчивости. Основные понятия и определения. Устойчивость системы линейных дифференциальных уравнений. Теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению.	2
15	6	Функции Ляпунова. Теоремы Ляпунова об устойчивости и асимптотической устойчивости. Теоремы Четаева и Ляпунова о неустойчивости.	2
16	6	Фазовый портрет системы. Системы нелинейных дифференциальных уравнений.	2
17	7	Интегрирование дифференциальных уравнений при помощи степенных рядов.	2
18	7	Введение в оптимальное управление. Постановка линейной задачи быстрогодействия. Множества достижимости и управляемости линейной системы, их основные свойства. Теорема об управляемости. Обобщающая лекция.	2

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Таблица 4

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Повторение темы "Неопределенный интеграл. Самостоятельная работа по теме "Неопределенный интеграл". Задачи, приводящие к решению ОДУ.	2
2	1	Постановка задачи Коши. Изоклины и их использование для приближенного построения интегральных кривых.	2
3	2	Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными. Однородные и приводящиеся к ним уравнения. Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель.	2
4	2	Линейные ОДУ первого порядка. Уравнения Бернулли и Риккати.	2
5	2	Уравнения Клеро и Лагранжа. Ортогональные и изогональные траектории.	2
6	3	Контрольная работа "Дифференциальные уравнения первого порядка". Системы ОДУ. Задача Коши для нормальной системы ОДУ. Теорема Коши.	2
7	3	Системы линейных ОДУ. определитель Вронского. Фундаментальная система решений. Метод вариации постоянных решения систем ОДУ.	2
8	3	Контрольная работа №1	2
9	3	Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение системы. Фундаментальная система решений (ФСР) в случае различных корней характеристического уравнения. Случай кратных корней.	2
10	3	Линейные дифференциальные уравнения высших порядков. Сведение к линейной системе. Общее решение неоднородного уравнения. Метод Лагранжа вариации постоянных.	2
11	4	Линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами. Случай различных корней характеристического уравнения. Формула сдвига. Случай кратных корней характеристического уравнения. Структура частного решения уравнения с постоянными коэффициентами и специальной правой частью.	2
12	4	Определитель Вронского и структура общего решения однородного уравнения. Общее решение неоднородного уравнения. Метод Лагранжа вариации постоянных.	2
13	4	Контрольная работа №2	2
14	5	Первые интегралы	2
15	6	Устойчивость системы линейных дифференциальных уравнений. теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению.	2
16	6	Функции Ляпунова. Асимптотическая устойчивость. Теоремы Четаева и Ляпунова о неустойчивости. Фазовый портрет системы.	2
17	7	Интегрирование дифференциальных уравнений при помощи степенных рядов.	2

18	7	Постановка линейной задачи быстродействия. Множества достижимости и управляемости линейной системы, их основные свойства. Теорема об управляемости.	2
----	---	---	---

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Таблица 5

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к практическим занятиям по разделам 1-4 и контрольным работам №1 и №2	<p>1) Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления: в 2т. Т.2 М.: Наука,1985. 560с. 2) . Краснов М. Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.: Высшая школа, 1983.127с. 3)Математические основы теории автоматического управления Т. 1 Учеб. пособие для вузов: В 3 т. В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко ; Под ред. Б. К. Чемоданова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 550, [1] с. ил. (стр. 11-191). 4) Благодатских, В. И. Введение в оптимальное управление: Линейная теория Учеб. для вузов В. И. Благодатских. - М.: Высшая школа, 2001. - 238, [1] с. ил. (стр.8-75. 5)Краснов, М. Л. Сборник задач по обыкновенным дифференциальным уравнениям Для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1978. - 287 с. граф. 6)1. Демидович, Б.П. Дифференциальные уравнения. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, В.П. Моденов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 288 с. — Режим доступа:http://e.lanbook.com/book/</p> <p>7)Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 222 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/8)Практическое руководство к адаптивному курсу «Дифференциальные уравнения». [Электронный ресурс] : рук. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2015. — 79 с. —</p>	20

	Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/	
<p>Подготовка к практическим занятиям по разделам 5-7 ,выполнению расчетной работы</p>	<p>1. Краснов М. Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.: Высшая школа, 1983. 127с. 2). 2). Матвеев, Н. М. Дифференциальные уравнения Учеб. пособие для ун-тов Н. М. Матвеев; Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова; Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова. - 2-е изд., перераб. - Л.: Издательство Ленинградского университета, 1965. - 368 с. черт.3)Математические основы теории автоматического управления Т. 1 Учеб. пособие для вузов: В 3 т. В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко ; Под ред. Б. К. Чемоданова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 550, [1] с. ил. (стр. 11-191). 4) Благодатских, В. И. Введение в оптимальное управление: Линейная теория Учеб. для вузов В. И. Благодатских. - М.: Высшая школа, 2001. - 238, [1] с. ил. (стр.8-75. 5)Краснов, М. Л. Сборник задач по обыкновенным дифференциальным уравнениям Для втузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1978. - 287 с. граф. 6). Агафонов, С. А. Дифференциальные уравнения Учеб. для втузов С. А. Агафонов, А. Д. Герман, Т. В. Муратова; Под ред.: В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 347 с. ил. 7)1. Демидович, Б.П. Дифференциальные уравнения. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, В.П. Моденов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 288 с. — Режим доступа:http://e.lanbook.com/book/ 8)Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 222 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/99)Практическое руководство к адаптивному курсу «Дифференциальные уравнения». [Электронный ресурс] : рук. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2015. — 79 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/</p>	32

<p>Подготовка к экзамену</p>	<p>1). Краснов М. Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения. - М.: Высшая школа, 1983. 127с. 2). Матвеев, Н. М. Дифференциальные уравнения Учеб. пособие для ун-тов Н. М. Матвеев; Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова; Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова. - 2-е изд., перераб. - Л.: Издательство Ленинградского университета, 1965. - 368 с. черт. 3)Математические основы теории автоматического управления Т. 1 Учеб. пособие для вузов: В 3 т. В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко ; Под ред. Б. К. Чемоданова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 550, [1] с. ил. (стр. 11-191). 4) Благодатских, В. И. Введение в оптимальное управление: Линейная теория Учеб. для вузов В. И. Благодатских. - М.: Высшая школа, 2001. - 238, [1] с. ил. (стр.8-75. 5)Краснов, М. Л. Сборник задач по обыкновенным дифференциальным уравнениям Для вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1978. - 287 с. граф. 6) Барбашин, Е. А. Введение в теорию устойчивости [Текст] монография Е. А. Барбашин. - М.: Наука, 1967. - 223 с. черт. 7). Меркин, Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения Учеб. пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1976. - 319 с. ил. 8). Романко, В. К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления Учеб. пособие для вузов В. К. Романко. - 2-е изд. - М.: СПб.: Физматлит: Невский диалект: БИНОМ. Лаборатория Базовых, 2002 9). Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению В. К. Романко, Н. Х. Агаханов, В. В. Власов, Л. И. Коваленко; Под ред. В. К. Романко. - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. - 255,[1] с. 10)1. Демидович, Б.П. Дифференциальные уравнения. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, В.П. Моденов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 288 с. — Режим доступа:http://e.lanbook.com/book/ 11)Сборник задач по дифференциальным</p>	<p>20</p>
------------------------------	--	-----------

	уравнениям и вариационному исчислению. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 222 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/12) Практическое руководство к адаптивному курсу «Дифференциальные уравнения». [Электронный ресурс] : рук. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2015. — 79 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/	
--	--	--

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Таблица 6

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНы	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Математические основы теории автоматического управления. Общие сведения о дифференциальных уравнениях. Теорема существования решения дифференциального уравнения 1-го порядка.	ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости	Контрольная работа №1	1)-5)
Дифференциальные уравнения 1-го порядка	ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости	Контрольная работа №1	1)-5)
Системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Системы линейных дифференциальных уравнений.	ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости	Контрольная работа №2	1),2)

Линейные дифференциальные уравнения высших порядков	ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости	Контрольная работа №2	3)-5)
Первые интегралы	ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости	Расчетное задание	1),2)
Элементы теории устойчивости. Особые точки на фазовой плоскости.	ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости	Расчетное задание	3),4)
Введение в оптимальное управление	ПК-5 способностью разрабатывать методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижной объект - комплекс ориентации, управления, навигации и электроэнергетических систем подвижных объектов"	Расчетное задание	5)
Все разделы	ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости	Экзамен	По содержанию экзаменационного билета

Все разделы	ПК-5 способностью разрабатывать методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижной объект - комплекс ориентации, управления, навигации и электроэнергетических систем подвижных объектов"	Экзамен	По содержанию экзаменационного билета
-------------	--	---------	---------------------------------------

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ, ПРОЦЕДУРЫ ПРОВЕДЕНИЯ, КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1. Контрольная работа №1

Контрольная работа проводится на практическом занятии. Оценивается по количеству правильно решенных задач.

Критерии оценивания:

Зачтено: решено не менее четырех задач.

Не зачтено: решено менее четырех задач.

Типовое задание

1. Установить области существования и единственности решений следующих дифференциальных уравнений:
 а) $\frac{dx}{dt} = 2\sqrt{x}$, б) $\frac{dx}{dt} = t + x^2$, в) $\frac{dx}{dt} = \sqrt{x^3}$
2. Найти общее решение уравнения

$$2x^3 y' = 2x^2 y - 3$$
3. Найти решение уравнения $4xyy' - 3y^2 + x^2 = 0$, удовлетворяющее начальному условию $y(1) = 1$
4. Пуля пробивает плоскую стену толщиной h перпендикулярно поверхности стены. Сопротивление движению пули в стене перпендикулярно квадрату скорости v пули с коэффициентом пропорциональности k . Найти время движения пули в стене, если она попала в стену со скоростью v_0 , а вылетела из нее со скоростью v .
5. Решить уравнение $x = tx' + \frac{1}{2}(x')^2$, построить интегральную особую решения.

2. Контрольная работа №2

Контрольная работа проводится на практическом занятии. Оценивается по количеству правильно решенных задач.

Критерии оценивания:

Зачтено: решено не менее четырех задач.

Не зачтено: решено менее четырех задач.

Типовое задание

1. Показать, что система функций
$$\begin{cases} x = -3C_1 e^{3t} - C_2 e^t \\ y = 4C_1 e^{3t} + C_2 e^t \end{cases}$$
 является общим решением системы уравнений
$$\begin{cases} \dot{x} = -5x - 6y \\ \dot{y} = 8x + 9y \end{cases}$$
2. Решить системы: а)
$$\begin{cases} \dot{x} = -5x - 4y \\ \dot{y} = 10x + 7y \end{cases}$$
 б)
$$\begin{cases} \dot{x} = 4x - 5y + 4t - 1 \\ \dot{y} = x - 2y + t \end{cases} \quad x(0) = y(0) = 0$$
3. Как известно, фундаментальная матрица решений линейной однородной системы X удовлетворяет уравнению $\dot{X} = A(t)X$. По заданной фундаментальной матрице $X = \begin{pmatrix} 1 & -x \\ x & 1 \end{pmatrix}$ составьте линейную однородную систему.
4. Исходя из определения устойчивости по Ляпунову исследовать на устойчивость решение уравнения $\frac{dx}{dt} = 2t(x+1), x(0) = 0$
5. Исходя из определения устойчивости по Ляпунову исследовать на устойчивость решение системы
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -x - 9y \\ \frac{dy}{dt} = x - y \end{cases} \quad x(0) = y(0) = 0$$

3. Расчетное задание

Задание выдается студентам на 14 дней. Оценивается по количеству правильно решенных задач с обоснованием решения.

Критерии оценивания:

Зачтено: решено три задачи.

Не зачтено: решено менее трех задач.

Типовое задание

1. Используя теоремы Ляпунова об устойчивости по первому приближению, исследовать на устойчивость невозмущенное движение $x_1(t) = x_2(t) = 0$, соответствующее следующей системе уравнений

$$\text{возмущенного движения} \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -2x_1 + x_2 - x_1^2 + x_2^2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -tgx_2 + e^{x_1} - 1 \end{cases}$$

2. Построением функции Ляпунова показать, что асимптотически устойчиво невозмущенное движение $x_1(t) = x_2(t) = 0$, соответствующее следующей

$$\text{системе уравнений возмущенного движения} \begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -x_1 - \frac{1}{3}x_1^3 - x_1 \sin x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = -x_2 - \frac{1}{3}x_2^3 \end{cases}$$

3. Особые точки на фазовой плоскости. Определить типы положений равновесия для системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 - 3x_1 + x_1^4 \\ \frac{dx_2}{dt} = 6x_1 - 2x_2 - x_1^2 x_2^3 \end{cases}$$

4. Изобразить на плоскости фазовый портрет системы $\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \end{cases}$ для

случаев, когда корни характеристического уравнения этой системы

а) $\lambda_1 = 0, \lambda_2 > 0$, б) $\lambda_1 = \lambda_2 = 0, a_{21}$ - отлично от нуля,

в) $\lambda_1 = \lambda_2 = 0, a_{12} = a_{21} = 0$

4. Экзамен

К экзамену по дисциплине обучающиеся допускаются при: выполнении всех контрольных работ и расчетной работы Экзамен происходит устно, по билетам, в которых представлено 2 вопроса из перечня «Экзаменационные вопросы» и три задачи. Окончательное оценивание проводится по 5-балльной шкале.

Критерии оценивания:

Отлично: ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе,
- умении оперировать специальными терминами,
- использовании в ответе дополнительного материала,
- иллюстрировании теоретических положений практического материала.

Хорошо: ставится при:

- правильном, полном и логично построенном ответе,
- умении оперировать специальными терминами,
- использовании в ответе дополнительного материала,
- иллюстрировании теоретических положений практического материала, но в ответе:

- имеются негрубые ошибки или неточности;
- возможны затруднения в использовании практического материала;
- делаются не вполне законченные выводы или обобщения.

Удовлетворительно: ставится при:

- схематичном неполном ответе;
- неумении оперировать специальными терминами или их незнание;
- ответе с одной грубой ошибкой;
- неумении приводить примеры практического использования научных знаний.

Неудовлетворительно: ставится при:

- схематичном неполном ответе на все вопросы билета с грубыми ошибками, неумении приводить примеры практического использования изучаемого теоретического материала.

Типовые задания

1. Фундаментальная матрица. Интегрирование неоднородной системы линейных ОДУ с переменными коэффициентами.
2. Особые точки на фазовой плоскости.
3. Найти положения равновесия, определить их характер и нарисовать фазовые траектории линеаризованной системы

$$\begin{cases} \dot{x} = \operatorname{arctg}(x - y - 1) \\ \dot{y} = \sqrt[3]{3x^2 + 3y - 2} - 1 \end{cases}$$
4. Исходя из определения устойчивости по Ляпунову, исследовать на устойчивость решение уравнения $\frac{dx}{dt} = 2t(x+1), x(0) = 0$
5. Методом функций Ляпунова исследовать нга устойчивость тривиальное

решение $x=0, y=0$ системы
$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = -x - 2y + x^2 y^2 \\ \frac{dy}{dt} = x - \frac{1}{2} y(1 - x^3) \end{cases}$$

Вопросы

1. Множества. Алгебраическая сумма множеств. Образ множества при линейном преобразовании
2. Опорные функции. Свойства опорных функций. Выпуклая оболочка множества
3. Непрерывные многозначные отображения и их свойства
4. Экспоненциал матрицы, его основные свойства
5. Обыкновенные дифференциальные уравнения 1-го порядка. Постановка задачи Коши. Изоклины и их использование для приближенного построения интегральных кривых.
6. Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными.
7. Однородные и приводящиеся к ним уравнения.

8. Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель.
9. Линейные ОДУ первого порядка. Уравнения Бернулли и Риккати.
10. Уравнения Клеро и Лагранжа. Ортогональные и изогональные траектории.
11. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Основные понятия и определения. Теорема Коши, постановка задачи Коши.
12. Общее решение (ОР) и частное(ЧР) решения системы ОДУ. Понятие фундаментальной системы решений (ФСР). Определитель Вронского
13. Теорема о структуре ОР однородной системы ОДУ
14. Теорема о структуре ОР неоднородной системы ОДУ
15. Метод вариации решения систем ОДУ
16. Системы линейных ОДУ с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение.
17. Построение ФСР ОДУ для различных корней характеристического уравнения
18. Структура ФСР в случае кратных корней.
19. Сведение ОДУ к линейной системе
20. Понятие первых интегралов систем ОДУ. Понижение порядка системы.
21. Нормальные автономные системы ОДУ. Симметричная форма записи.
22. Основные понятия и определения теории устойчивости. Положение равновесия систем. ДУ возмущенного движения.
23. Устойчивость систем линейных ОДУ
24. Устойчивость по первому приближению. Теоремы Ляпунова.
25. Устойчивость и асимптотическая устойчивость систем ОДУ. Теоремы Ляпунова.
26. Устойчивость и асимптотическая устойчивость систем ОДУ. Функции Ляпунова.
27. Теорема Ляпунова о неустойчивости.
28. Теорема Четаева о неустойчивости
29. Особые точки. Фазовый вектор. Фазовый портрет системы.
30. Поведение фазовых траекторий на фазовой плоскости. Все случаи действительных простых корней.
31. Поведение фазовых траекторий на фазовой плоскости. Действительные кратные корни.
32. Поведение фазовых траекторий на фазовой плоскости. Все случаи комплексно-сопряженных корней.
33. Фазовые портреты систем нелинейных дифференциальных уравнений. Устойчивость по первому приближению.
34. Фазовые портреты систем нелинейных дифференциальных уравнений. Критический случай.
35. Фазовые портреты систем нелинейных дифференциальных уравнений. Методы анализа устойчивости в критическом случае.
36. Множества достижимости и управляемости линейной системы
37. Теорема существования оптимального управления в линейной задаче быстродействия.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Печатная литература

а) основная литература:

1. Математические основы теории автоматического управления Т. 1 Учеб. пособие для вузов: В 3 т. В. А. Иванов, В. С. Медведев, Б. К. Чемоданов, А. С. Ющенко ; Под ред. Б. К. Чемоданова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 550, [1] с. ил.
2. Агафонов, С. А. Дифференциальные уравнения Учеб. для втузов С. А. Агафонов, А. Д. Герман, Т. В. Муратова; Под ред.: В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 347 с. ил.
3. Краснов, М. Л. Сборник задач по обыкновенным дифференциальным уравнениям Для втузов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 1978. - 287 с. граф.
4. Краснов, М. Л. Обыкновенные дифференциальные уравнения Учеб. пособ. для вузов. - М.: Высшая школа, 1983. - 128 с.

б) дополнительная литература:

1. Барбашин, Е. А. Введение в теорию устойчивости [Текст] монография Е. А. Барбашин. - М.: Наука, 1967. - 223 с. черт.
2. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления [Текст] Т. 1 учебное пособие для втузов : в 2 т. Н. С. Пискунов. - Изд. стер. - М.: Интеграл-Пресс, 2006
3. Меркин, Д. Р. Введение в теорию устойчивости движения Учеб. пособие для втузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Наука, 1976. - 319 с. ил.
4. Романко, В. К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления Учеб. пособие для вузов В. К. Романко. - 2-е изд. - М.: СПб.: Физматлит: Невский диалект: БИНОМ. Лаборатория Базовых, 2002
5. Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению В. К. Романко, Н. Х. Агаханов, В. В. Власов, Л. И. Коваленко; Под ред. В. К. Романко. - М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. - 255,[1] с.
6. Матвеев, Н. М. Дифференциальные уравнения Учеб. пособие для ун-тов Н. М. Матвеев; Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова; Ленингр. гос. ун-т им. А. А. Жданова. - 2-е изд., перераб. - Л.: Издательство Ленинградского университета, 1965. - 368 с. черт.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Дифференциальные уравнения, науч. журн.: 16+ ,Рос. акад. наук, Ин-т математики Нац.акад. наук Беларуси. Минск ,1966

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Геренштейн А.В. Системы дифференциальных уравнений: Учебное пособие. – Челябинск: ЧГТУ, 1995.

Электронная учебно-методическая документация

Таблица 7

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность
1	Основная литература	Демидович, Б.П. Дифференциальные уравнения. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, В.П. Моденов. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 288 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/126	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Свободный
2	Основная литература	Сборник задач по дифференциальным уравнениям и вариационному исчислению. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 222 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/70710	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Свободный
3	Дополнительная литература	Практическое руководство к адаптивному курсу «Дифференциальные уравнения». [Электронный ресурс] : рук. — Электрон. дан. — Томск : ТГУ, 2015. — 79 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/	Электронно-библиотечная система Издательства Лань	Интернет / Свободный

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие сведения.....	1
Содержание дисциплины.....	2
Лекции	2
Практические занятия	4
Самостоятельная работа студента	5
Паспорт фонда оценочных средств	8
Типовые задания, процедуры проведения, критерии оценивания	10
1. Контрольная работа №1	10
2. Контрольная работа №2	10
3. Расчетное задание	11
4. Экзамен	12
Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	15