

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Экономический факультет



Согласовано
Декан ЭФ
Богомолова Т.Ю.

подпись
« 19 » 10 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Направление подготовки: **38.03.05 Бизнес-информатика**

Направленность (профиль): Бизнес-информатика

Форма обучения: очная

Разработчики:

д.ф.-м.н., доцент Мамонтов А.Е.

зав.кафедрой высшей математики

д.ф.-м.н., профессор Чупахин А.П.

Новосибирск, 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	5
5. Перечень учебной литературы	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине	8

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Цель дисциплины: Основной целью освоения дисциплины «Дифференциальные уравнения» является получение прочных знаний по классической теории обыкновенных дифференциальных уравнений, необходимых для успешной работы в области экономических исследований и практических экономических приложений. Кроме того, целью освоения дисциплины можно считать воспитание в студентах элементов математической культуры и мышления, необходимых в любой области знания.

Основные задачи дисциплины:

- обучить студентов основным понятиям и методам интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений;
- добиться прочных знаний теоретических положений курса и методов их доказательств;
- сформировать навыки решения теоретических задач;
- научить студентов применять полученные знания при составлении и исследовании простейших математических моделей экономических процессов.

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
	знать	уметь	владеть
ОК-7 Способность к самоорганизации и самообразованию	- основные технологии и методики самообразования	-самостоятельно искать методы решения практических и теоретических задач, применяя различные методы познания - самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности	- навыками определения основной и промежуточных целей работы, сбора необходимой информации
ПК-18 Способность использовать соответствующий математический аппарат и инструментальные средства для обработки, анализа и	- основные инструментальные средства для обработки экономических данных: основы математического моделирования экономики, включая эволюционные модели	- анализировать и содержательно интерпретировать полученные результаты	- методами интерпретации результатов математического моделирования экономики

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
	знать	уметь	владеть
систематизации информации по теме исследования	динамических процессов, описываемых дифференциальными уравнениями		

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дифференциальные уравнения» является обязательной, преподается в 3 семестре.

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины Дифференциальные уравнения: "Математический анализ" и "Линейная алгебра".

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины Дифференциальные уравнения: "Теория оптимальных решений", "Эконометрия" и "Макроэкономика".

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 4 з.е. (144 ч)

Форма промежуточной аттестации: **экзамен**

Вид деятельности	Семестр
	3
Контактная работа, часов, в том числе:	76
лекции	32
практические занятия	32
групповая работа с преподавателем	8
контактная работа при аттестации	2
консультации перед экзаменом	2
Самостоятельная работа, часов, в том числе:	68
самостоятельная работа во время занятий	50
самостоятельная работа во время промежуточной аттестации	18
Всего, часов	144

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Се мес тр	Виды учебной работы, в часах		
			лекции	практические занятия	самостоятельная работа во время занятий
1	Введение в дифференциальные уравнения.	3	4	4	6
2	Решение в квадратурах.	3	4	4	6
3	Линейные уравнения.	3	10	10	18
4	Автономные уравнения.	3	6	6	8
5	Теория устойчивости.	3	8	8	12
	Всего		32	32	50

Содержание дисциплины Дифференциальные уравнения:

Содержание разделов	
1.	Введение в дифференциальные уравнения. Нормальная система, решение, задача Коши, геометрическая трактовка. Нормальная система первого порядка: теорема Пеано (формулировка), эквивалентное интегральное уравнение, теорема Коши-Пикара. Постановка задачи Коши для одного уравнения высокого порядка, геометрическая трактовка, теоремы Пеано (формулировка) и Коши-Пикара. Пример построения последовательных приближений Пикара.
2.	Решение в квадратурах. Приемы понижения порядка: автономные, однородные, интегрирующий множитель. Уравнения первого порядка в симметричной форме, уравнения в полных дифференциалах, интегрирующий множитель. Уравнения с разделяющимися переменными и сводящиеся к ним, однородные и сводящиеся к ним, линейные и сводящиеся к ним.
3.	Линейные уравнения. Однородная нормальная система линейных уравнений первого порядка (с произвольными коэффициентами): интервал существования решений, структура множества решений, Фундаментальная система и матрица решений. Теорема Остроградского-Лиувилля для систем (формулировка). Неоднородная нормальная система линейных уравнений первого порядка (с произвольными коэффициентами): интервал существования решений, структура множества решений и их представление через ФМР однородной системы. Одно линейное нормальное однородное уравнение высокого порядка (с произвольными коэффициентами): интервал существования решений, структура множества решений, матрица Вронского, теорема Остроградского-Лиувилля (формулировка). Одно линейное нормальное неоднородное уравнение высокого порядка (с произвольными коэффициентами): интервал существования решений, структура множества решений и их представление через решения однородного уравнения. Однородная нормальная система линейных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами: структура множества решений, построение матричной экспоненты через ряд (в некоторых случаях) и жорданову форму. Представление решений соответствующей неоднородной системы. Одно линейное нормальное однородное уравнение высокого порядка с постоянными коэффициентами: характеристический многочлен, структура решений, специфика комплексных характеристических корней. Одно линейное нормальное

	неоднородное уравнение высокого порядка с постоянными коэффициентами: вариация постоянных, специальная правая часть, специфика комплексных показателей.
4.	Автономные уравнения. Автономная нормальная система первого порядка: траектории и их классификация, фазовое пространство, общие свойства траекторий, фазовый портрет. Классификация и построение фазовых портретов автономных двумерных линейных систем. Порядок построения фазовых портретов нелинейных автономных двумерных систем, принцип линеаризации.
5.	Теория устойчивости. Понятия устойчивости, неустойчивости и асимптотической устойчивости по Ляпунову для нормальной системы первого порядка. Переформулировка в терминах возмущений и/или устойчивости нулевого решения. Условия устойчивости, неустойчивости и асимптотической устойчивости по Ляпунову решений нормальной системы линейных уравнений первого порядка (с произвольными коэффициентами). То же для случая постоянных коэффициентов. То же для случая стабилизирующихся коэффициентов (формулировка). Понятия устойчивости, неустойчивости и асимптотической устойчивости по Ляпунову для одного нормального уравнения высокого порядка. То же (с признаками) в случае линейного уравнения (с произвольными и постоянными коэффициентами). Устойчивость по Ляпунову точек покоя автономных нормальных систем первого порядка: функции Ляпунова, теоремы Ляпунова и Четаева (формулировки). Вполне неустойчивость и условная устойчивость. Построение функции Ляпунова (для линейной автономной системы первого порядка) в виде квадратичной формы, матричное уравнение Ляпунова. Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости по первому приближению для точек покоя нормальных автономных систем первого порядка.

Практические занятия (32 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Решение задач по теме 1. Введение в дифференциальные уравнения.	4
Решение задач по теме 2. Решение в квадратурах.	4
Решение задач по теме 3. Линейные уравнения.	10
Решение задач по теме 4. Автономные уравнения.	6
Решение задач по теме 5. Теория устойчивости.	8

Самостоятельная работа студентов (68 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к контрольным работам	12
Выполнение домашних заданий	38
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы

5.1 Основная литература

1. Ельцов, А.А. Дифференциальные уравнения : учебное пособие / А.А. Ельцов, Т.А. Ельцова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Эль Контент, 2013. - 197 с. : [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480606> .

2. Пономаренко, А.К. Индивидуальные задания по обыкновенным дифференциальным уравнениям : учебное пособие / А.К. Пономаренко, В.Ю. Сахаров,

П.К. Черняев ; Санкт-Петербургский государственный университет. - Санкт-Петербург : Издательство Санкт-Петербургского Государственного Университета, 2016. - 48 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=458099>

5.2 Дополнительная литература

3. Лисейкин, Владимир Дмитриевич. Обыкновенные дифференциальные уравнения и вариационное исчисление : [для студентов нематематических специальностей вузов] / В.Д. Лисейкин ; Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Экон. фак. — Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2009. — 143, [2] с. (66 экз.).

4. Дементьева, Наталья Владимировна, Лисейкин, Владимир Дмитриевич, Чуркин, Валерий Авдеевич. Линейные системы дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Построение фундаментальной матрицы решений однородной системы с использованием корневого базиса. / Федер. агентство по образованию, Новосиб. гос. ун-т, Мех-мат. фак. — Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2009. — 49 с. (68 экз.).

5. Романко, Василий Кириллович. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления : [учеб. пособие для физ.-мат. спец. вузов] / В.К. Романко. — 2-е изд. — Москва ; Санкт-Петербург : Лаб. Базовых Знаний : Физматлит : Невский Диалект, 2002. — 344 с. (21 экз.).

6. Эльсгольц, Лев Эрнестович. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление : учебник для физических и физико-математических факультетов университетов / Л.Э. Эльсгольц. — 5-е изд. — Москва : УРСС, 2002. — 319 с. : ил. ; 23 см. — (Математика: Теория, примеры, задачи). (98 экз.).

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

7. 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. — Москва : Лаб. Базовых Знаний : ЮНИМЕДИАСТАЙЛ : Физматлит, 2002. — 256 с. (21 экз.).

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту.

7.1 Современные профессиональные базы данных:

- электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ);

- БД Web of Science компании Clarivate Analytics;

- БД Scopus (Elsevier);

- лицензионные материалы на сайте eLibrary.ru

7.2. Информационные справочные системы

Авторитетные электронные зарубежные ресурсы, на которые НГУ имеет подписку:

- электронные ресурсы компании EBSCO Publishing. <http://search.ebscohost.com/>
- издательство Springer <https://link.springer.com/>
- издательство Elsevier <http://www.sciencedirect.com/science/journal>
- издательство Oxford University Press. <http://www.oxfordjournals.org/en/>
- Издательство Cambridge University Press..<http://journals.cambridge.org/>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения:
Windows и Microsoft Office

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины Дифференциальные уравнения используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине Дифференциальные уравнения и индикаторов их достижения представлен в виде знаний, умений и владений в разделе 1.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости:

После окончания темы (или нескольких тем) студентам предоставляется возможность самостоятельного решения задач (домашняя работа), а также проводится оценивание знаний студентов на практических занятиях (контрольная работа).

Баллы за выполнение домашних заданий и контрольных работ:

Разделы дисциплины	Баллы	
	Домашние задания	Контрольные
Введение в дифференциальные уравнения.	4	7
Решение в квадратурах.	4	7
Линейные уравнения.	4	7
Автономные уравнения.	4	7
Теория устойчивости.	4	7
Итого	20	35

Оценка рассчитывается на основе суммы баллов, набранных на контрольных работах, за выполнение домашних заданий, и баллов за активность на семинарских занятиях в течение семестра.

Итоговая оценка за семестр рассчитывается на основе полученной суммы баллов, и баллов, набранных при заключительном контроле знаний на экзамене.

В таблицах приводится количество баллов, которое можно набрать в учебном семестре:

Текущий контроль				Экзамен	Итого
Контрольные работы	Работа на семинарах	Выполнение домашних заданий	Итого		
35	5	20	60	40	100

Контрольные работы являются обязательными для всех. Непосещение оценивается в **0** баллов. При наличии пропуска контрольной работы по уважительной причине для пропустивших студентов проводится дополнительная контрольная работа по пропущенной теме курса.

Баллы за активность на **семинарских занятиях** выставляются за решение задач у доски, решение задач повышенной сложности, участие в обсуждении, умение высказать свою точку зрения и др.:

Требование	Баллы
Правильное решение задачи у доски	0,5
Самостоятельное решение задач повышенной сложности во время семинара	0,5
Умение заметить неточность решения задачи у доски другим студентом	0,5
Умение предложить правильное решение задачи	0,5

В течение одного семинара студент может получить баллы за разные виды активностей. Максимальное число баллов в семестре – 5 баллов.

Промежуточная аттестация:

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен, который проводится в устной форме. Максимальное количество баллов на экзамене – 40. Таким образом, максимальное количество баллов, которые можно набрать по курсу – 100 баллов.

Критерии и шкалы оценивания заданий из оценочных средств

Баллы, набранные за выполнение заданий текущего контроля и промежуточной аттестации, конвертируются в оценку по дисциплине следующим образом:

Итоговая сумма набранных баллов	Оценка
≤ 40	неудовлетворительно
от 40,1 до 60	удовлетворительно
от 60,1 до 80	хорошо
от 80,1 до 100	отлично

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине

Таблица 10.1

Код компетенции	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
ОК-7	знание основных технологий и методик самообразования	Домашняя работа
	Умение самостоятельно искать методы решения практических и теоретических задач, применяя различные методы познания и самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для выполнения профессиональной деятельности	Домашняя работа
	Владение навыками определения основной и промежуточных целей работы, сбора необходимой информации	Домашняя работа Экзамен
ПК-18	Знание основных инструментальных средств для обработки экономических данных: основ математического моделирования экономики, включая эволюционные модели динамических процессов, описываемых дифференциальными уравнениями	Домашняя работа Контрольная работа Экзамен
	Умение анализировать и содержательно интерпретировать полученные результаты	Домашняя работа Контрольная работа Экзамен
	Владение методами интерпретации результатов математического моделирования экономики	Домашняя работа Контрольная работа Экзамен

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><u>Качество выполнения контрольных работ и домашних заданий:</u> – логичность и аргументированность полученных результатов, - правильное выполнение всех пунктов заданий. В выполненных заданиях обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p> <p><u>Экзамен:</u> – полнота ответа на теоретический вопрос и / или правильное решение задачи, – умение сформулировать выводы, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. При изложении ответа на теоретический вопрос обучающийся мог допустить непринципиальные неточности.</p>	<p><i>Отлично</i> 80,1–100 баллов</p>
<p><u>Качество выполнения контрольных работ и домашних заданий:</u> – логичность и аргументированность полученных результатов, наличие затруднений в формулировке собственных суждений, - некоторые пункты заданий выполнены с непринципиальными ошибками.</p> <p><u>Экзамен:</u> – полнота ответа на теоретический вопрос и / или правильное решение задачи, – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным наличием ошибок.</p>	<p><i>Хорошо</i> 60,1–80,0 баллов</p>
<p><u>Качество выполнения контрольных работ и домашних заданий:</u> – частичная аргументированность полученных результатов, – фрагментарность решения заданий.</p> <p><u>Экзамен:</u> – наличие неполного ответа на теоретический вопрос и / или решение задачи с ошибками, – наличие неполных и / или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.</p>	<p><i>Удовлетворительно</i> от 40,1 до 60,0 баллов</p>
<p><u>Качество выполнения контрольных работ и домашних заданий:</u> – грубые ошибки при аргументации полученных результатов, - фрагментарность решения задания.</p> <p><u>Экзамен:</u> – фрагментарный ответ на теоретический вопрос и / или частичное решение задачи, – отсутствие ответов на дополнительные вопросы.</p>	<p><i>Неудовлетворительно</i> менее 40,1 баллов</p>

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры задач для контрольных работ

1) $4xyy' - 3y^2 + x^2 = 0, \quad y(1) = 1$

2) $(x + \sin x + \sin y) dx + \cos y dy = 0$

3) $y dx + (\ln y)^2 dy = (x + 2 \ln y) dy$

$$4) y^{IV} - 4y'' = 16ch^2 x - 8, \quad y(0) = y'(0) = 0, \quad y''(0) = 2, \quad y'''(0) = 0.$$

$$5) y^{IV} + y'' = \sin^2(x/2)$$

Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену по всему курсу для проверки сформированности компетенций:

Данные вопросы направлены на проверку сформированности знаний в результате освоения компетенций ОК-6 и ОПК-3.

1. Нормальная система обыкновенных дифференциальных уравнений, решение уравнения, задача Коши, геометрическая трактовка.
2. Нормальная система первого порядка: теорема Пеано (формулировка), эквивалентное интегральное уравнение, теорема Коши-Пикара.
3. Постановка задачи Коши для одного обыкновенного дифференциального уравнения высокого порядка, геометрическая трактовка, теоремы Пеано (формулировка) и Коши-Пикара. Пример построения последовательных приближений Пикара.
4. Приемы понижения порядка: автономные, однородные, интегрирующий множитель.
5. Обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка в симметричной форме, уравнение в полных дифференциалах, интегрирующий множитель.
6. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка решаемые в квадратурах: в разделяющихся переменных и сводящиеся к ним, однородные и сводящиеся к ним, линейные и сводящиеся к ним.
7. Однородная нормальная система линейных уравнений первого порядка (с произвольными коэффициентами): интервал существования решений, структура множества решений.
8. Теорема Остроградского-Лиувилля для систем (формулировка). Неоднородная нормальная система линейных уравнений первого порядка (с произвольными коэффициентами): интервал существования решений, структура множества решений и их представление через решения однородной системы.
9. Одно линейное нормальное однородное обыкновенное дифференциальное уравнение высокого порядка (с произвольными коэффициентами): интервал существования решений, структура множества решений, матрица Вронского, теорема Остроградского-Лиувилля (формулировка).
10. Одно линейное нормальное неоднородное обыкновенное дифференциальное уравнение высокого порядка (с произвольными коэффициентами): интервал существования решений, структура множества решений и их представление через решения однородного уравнения.
11. Однородная нормальная система линейных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами: структура множества решений, построение матричной экспоненты через ряд (в некоторых случаях) и жорданову форму. Представление решений соответствующей неоднородной системы.
12. Одно линейное нормальное однородное обыкновенное дифференциальное уравнение высокого порядка с постоянными коэффициентами: характеристический многочлен, структура решений, специфика комплексных характеристических корней.
13. Одно линейное нормальное неоднородное обыкновенное дифференциальное уравнение высокого порядка с постоянными коэффициентами: вариация постоянных, представление частного решения, специальная правая часть, специфика комплексных показателей.

14. Автономная нормальная система первого порядка: траектории и их классификация, фазовое пространство, общие свойства траекторий, фазовый портрет.
15. Классификация и построение фазовых портретов автономных двумерных линейных систем.
16. Порядок построения фазовых портретов нелинейных автономных двумерных систем, принцип линеаризации.
17. Понятия устойчивости, неустойчивости и асимптотической устойчивости по Ляпунову для нормальной системы первого порядка. Переформулировка в терминах возмущений и/или устойчивости нулевого решения.
18. Условия устойчивости, неустойчивости и асимптотической устойчивости по Ляпунову решений нормальной системы линейных уравнений первого порядка (с произвольными коэффициентами). То же для случая постоянных коэффициентов. То же для случая стабилизирующихся коэффициентов (формулировка).
19. Понятия устойчивости, неустойчивости и асимптотической устойчивости по Ляпунову для одного нормального уравнения высокого порядка. То же (с признаками) в случае линейного уравнения (с произвольными и постоянными коэффициентами).
20. Устойчивость по Ляпунову точек покоя автономных нормальных систем первого порядка: функции Ляпунова, теоремы Ляпунова и Четаева (формулировки). Вполне неустойчивость и условная устойчивость.
21. Построение функции Ляпунова (для линейной автономной системы первого порядка) в виде квадратичной формы, матричное уравнение Ляпунова.
22. Теоремы Ляпунова об устойчивости и неустойчивости по первому приближению для точек покоя нормальных автономных систем первого порядка.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«Дифференциальные уравнения»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета экономического факультета	Подпись ответственного