

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИУЦТ



С.П. Вакуленко

06 октября 2020 г.



Кафедра «Цифровые технологии управления транспортными процессами»

Автор Филимонов Андрей Матвеевич, д.ф.-м.н., профессор

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Многокритериальный анализ

Направление подготовки:	01.03.02 – Прикладная математика и информатика
Профиль:	Математические модели в экономике и технике
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Год начала подготовки	2017

<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании Учебно-методической комиссии Протокол № 3 05 октября 2020 г. Председатель учебно-методической комиссии</p>  <p style="text-align: right;">Н.А. Клычева</p>	<p style="text-align: center;">Одобрено на заседании кафедры</p> <p style="text-align: center;">Протокол № 2 02 октября 2020 г. Заведующий кафедрой</p>  <p style="text-align: right;">В.Е. Нутович</p>
--	--

Москва 2020 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основной целью дисциплины «Многокритериальный анализ» является ознакомление студентов с новым направлением теории динамических систем – теорией самоорганизующихся структур и динамического хаоса. В курсе так же содержатся сведения о различных подходах к понятию устойчивости, о показателях Ляпунова и о различных подходах к понятию размерности аттракторов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Учебная дисциплина "Многокритериальный анализ" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

2.1. Наименования предшествующих дисциплин

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

2.1.1. Дифференциальные уравнения:

Знания: постановки задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Умения: уметь решать основные обыкновенные дифференциальные уравнения.

Навыки: навыки работы с учебной, научной, нормативно-справочной литературой и другими источниками.

2.1.2. Уравнения математической физики:

Знания: постановки уравнений математической физики.

Умения: уметь решать уравнения математической физики.

Навыки: навыки работы с учебной, научной, нормативно-справочной литературой и другими источниками.

2.2. Наименование последующих дисциплин

Результаты освоения дисциплины используются при изучении последующих учебных дисциплин:

2.2.1. Государственная итоговая аттестация

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

№ п/п	Код и название компетенции	Ожидаемые результаты
1	ОПК-1 способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	<p>Знать и понимать: современный математический аппарат, позволяющий развиваться в различных областях науки, его исследования</p> <p>Уметь: использовать в научной и познавательной деятельности, а также в социальной сфере профессиональные навыки работы с информационными и компьютерными технологиями</p> <p>Владеть: способностью использовать компьютерные технологии в научной и познавательной деятельности</p>
2	ПК-2 способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	<p>Знать и понимать: основные теоремы и положения методов математического моделирования</p> <p>Уметь: строить математические модели, применить на практике результаты математического моделирования.</p> <p>Владеть: навыками аналитического и численного анализа математических моделей.</p>

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

3 зачетных единиц (108 ак. ч.).

4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Количество часов	
	Всего по учебному плану	Семестр 8
Контактная работа	48	48,15
Аудиторные занятия (всего):	48	48
В том числе:		
лекции (Л)	24	24
практические (ПЗ) и семинарские (С)	24	24
Самостоятельная работа (всего)	60	60
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	108	108
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	3.0	3.0
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	КП (1), ПК1	КП (1), ПК1
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЗЧ	ЗЧ

4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8	Раздел 1 Динамические системы	6		6		15	27	
2	8	Тема 1.1 Фазовые потоки	2		2			4	
3	8	Тема 1.2 Каскады	2		2			4	
4	8	Тема 1.3 Отображение Пуанкаре	2		2		15	19	
5	8	Раздел 2 Устойчивость	5		5		15	25	
6	8	Тема 2.1 Устойчивость по Ляпунову	2		2			4	
7	8	Тема 2.2 Критерии устойчивости	2		2			4	ПК1, Устный опрос
8	8	Тема 2.3 Функция Ляпунова	1		1		15	17	
9	8	Раздел 3 Неустойчивые модели	5		5		10	20	
10	8	Тема 3.1 Свойства неустойчивых систем	2		2			4	
11	8	Тема 3.2 Критерии неустойчивости	2		2			4	
12	8	Тема 3.3 Критерий Четаева	1		1		10	12	
13	8	Раздел 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям	5		5		10	20	
14	8	Тема 4.1 Непрерывная зависимость от параметров	2		2			4	
15	8	Тема 4.2 Дифференцируемость по параметрам	2		2			4	
16	8	Тема 4.3 Первые интегралы	1		1		10	12	
17	8	Раздел 5 Методы динамического хаоса	3		3		10	16	
18	8	Тема 5.1	1		1			2	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Разбегание траекторий							
19	8	Тема 5.2 Система в вариациях	1		1			2	
20	8	Тема 5.3 Размерность аттракторов	1		1		10	12	КП
21	8	Зачет						0	ЗЧ
22		Всего:	24		24		60	108	

4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Практические занятия предусмотрены в объеме 24 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	8	РАЗДЕЛ 1 Динамические системы Тема: Фазовые потоки	№1. фазовые потоки	2
2	8	РАЗДЕЛ 1 Динамические системы Тема: Каскады	№2. каскады	2
3	8	РАЗДЕЛ 1 Динамические системы Тема: Отображение Пуанкаре	№3. отображение Пуанкаре	2
4	8	РАЗДЕЛ 2 Устойчивость Тема: Устойчивость по Ляпунову	№4. устойчивость по Ляпунову	2
5	8	РАЗДЕЛ 2 Устойчивость Тема: Критерии устойчивости	№5. критерии устойчивости	2
6	8	РАЗДЕЛ 2 Устойчивость Тема: Функция Ляпунова	№6. функция Ляпунова	1
7	8	РАЗДЕЛ 3 Неустойчивые модели Тема: Свойства неустойчивых систем	№7.Свойства неустойчивых систем	2
8	8	РАЗДЕЛ 3 Неустойчивые модели Тема: Критерии неустойчивости	№8. критерии неустойчивости	2
9	8	РАЗДЕЛ 3 Неустойчивые модели Тема: Критерий Четаева	№9. критерий Четаева	1
10	8	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема: Непрерывная зависимость от параметров	№10. Непрерывная зависимость от параметров	2

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
11	8	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема: Дифференцируемость по параметрам	№11 дифференцируемость по параметрам	2
12	8	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема: Первые интегралы	№12. первые интегралы	1
13	8	РАЗДЕЛ 5 Методы динамического хаоса Тема: Разбегание траекторий	№13. Разбегание траекторий	1
14	8	РАЗДЕЛ 5 Методы динамического хаоса Тема: Система в вариациях	№14. Системы в вариациях	1
15	8	РАЗДЕЛ 5 Методы динамического хаоса Тема: Размерность аттракторов	№15. Размерность аттракторов	1
ВСЕГО:				24/0

4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

1. Анализ характера изменения фазового объема заданной динамической системы
2. Показатели Ляпунова и ляпуновская размерность аттрактора
3. Характер асимптотического поведения заданной нелинейной динамической системы
4. Эргодические свойства динамических систем
5. Ляпуновская размерность и формула Каплана – Йорке
6. Алгоритм Бенеттина вычисления ляпуновских показателей
7. Информационная размерность динамических систем
8. Устойчивость по Пуассону и теорема Пуанкаре
9. Динамические системы с инвариантной мерой.
10. Корреляционная размерность и алгоритм Грассберга – Прокаччия.
11. Исследование странного аттрактора.
12. Определение ляпуновской размерности странного аттрактора
13. Построение отображения Пуанкаре.
14. Анализ характера изменения фазового объема

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины «Многокритериальный анализ» осуществляется в форме лекций и лабораторных работ.

Лекции проводятся в традиционной организационной форме, по типу управления познавательной деятельностью и на 70 % являются традиционными классически-лекционными (объяснительно-иллюстративные), и на 30 % с использованием интерактивных (диалоговых) технологий.

Лабораторные работы организованы с использованием технологий развивающего обучения. Часть лабораторных работ выполняется в виде традиционных практических занятий (объяснительно-иллюстративное решение задач). Остальная часть практического курса проводится с использованием интерактивных (диалоговые) технологий, в том числе разбор и анализ конкретных ситуаций, электронный практикум (решение проблемных поставленных задач с помощью современной вычислительной техники и исследование моделей).

Самостоятельная работа студента организована с использованием традиционных видов работы и интерактивных технологий. К традиционным видам работы (30 часов) относятся отработка лекционного материала и отработка отдельных тем по учебным пособиям. К интерактивным (диалоговым) технологиям относятся отработка отдельных тем и подготовка к промежуточным контролям в интерактивном режиме, интерактивные консультации в режиме реального времени по специальным разделам и технологиям, основанным на коллективных способах самостоятельной работы студентов.

Оценка полученных знаний, умений и навыков основана на модульно-рейтинговой технологии. Весь курс разбит на 5 разделов, представляющих собой логически завершённый объём учебной информации. Фонды оценочных средств освоенных компетенций включают как вопросы теоретического характера для оценки знаний, так и задания практического содержания (решение ситуационных задач, анализ конкретных ситуаций, работа с данными) для оценки умений и навыков. Теоретические знания проверяются путём применения таких организационных форм, как индивидуальные и групповые опросы, контрольные и курсовые работы.

Проведение занятий по дисциплине возможно с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, реализуемые с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников.

В процессе проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий применяются современные образовательные технологии, такие как (при необходимости):

- использование современных средств коммуникации;
- электронная форма обмена материалами;
- дистанционная форма групповых и индивидуальных консультаций;
- использование компьютерных технологий и программных продуктов, необходимых для сбора и систематизации информации, проведения требуемых программой расчетов и т.д.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
1	8	РАЗДЕЛ 1 Динамические системы Тема 3: Отображение Пуанкаре	1. Самостоятельное изучение темы «Динамические системы на плоскости» по приведенной литературе. 2. Подготовка к ЛР. [1], [3], [4], [5]	15
2	8	РАЗДЕЛ 2 Устойчивость Тема 3: Функция Ляпунова	1. Самостоятельное изучение темы «Построение отображений Пуанкаре» по приведенной литературе. 2. Подготовка к ЛР. [2], [3], [4]	15
3	8	РАЗДЕЛ 3 Неустойчивые модели Тема 3: Критерий Четаева	1. Самостоятельное изучение темы «Критерии Вейля-фон Неймана» 2. 2. Подготовка к ЛР. [1], [3], [4]	10
4	8	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема 3: Первые интегралы	1. Самостоятельное изучение темы «Построение отображений Пуанкаре» по приведенной литературе. 2. Подготовка к ЛР. [1], [4], [5]	10
5	8	РАЗДЕЛ 5 Методы динамического хаоса Тема 3: Размерность аттракторов	1. Самостоятельное изучение темы «Подкова Смейла» по приведенной литературе. [1], [4], [5], [6]	10
ВСЕГО:				60

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
1	Функциональный анализ и его приложения. Учебное пособие	Деркач М.М., Филимонов А.М., Филимонов Д.А.	М.: МИИТ, 2013 НТБ МИИТ	Все разделы
2	Порядок в хаосе	Берже П., Видаль К., Помо И.	М.: Мир, 2008 НТБ МИИТ	Раздел 2, Раздел 4

7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
3	Эргодические проблемы классической механики	Арнольд В.И., Авец А	Ижевск: R\&C, 2003 НТБ МИИТ	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3
4	Знакомство с нелинейной динамикой	Анищенко В.С.	Москва - Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002 НТБ МИИТ	Раздел 1, Раздел 2, Раздел 3, Раздел 4
5	Динамический хаос.	Кузнецов С.П.	М.: Физматлит, 2003 НТБ МИИТ	Раздел 1, Раздел 4
6	Конец определенности. Время, Хаос и новые законы природы	Пригожин И.	Ижевск: R\&C, 1999 НТБ МИИТ	Раздел 4

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.
- 2 <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.

9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

При организации обучения по дисциплине с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходим доступ каждого студента к информационным ресурсам – библиотечному фонду Университета, сетевым ресурсам и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

В случае проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий может понадобиться наличие следующего программного обеспечения (или их аналогов): ОС Windows, Microsoft Office, Интернет-браузер, Microsoft Teams и т.д.

В образовательном процессе, при проведении занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, могут применяться следующие

средства коммуникаций: ЭИОС РУТ(МИИТ), Microsoft Teams, электронная почта, скайп, Zoom, WhatsApp и т.п.

10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

В случае проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходимо наличие компьютерной техники, для организации коллективных и индивидуальных форм общения педагогических работников со студентами, посредством используемых средств коммуникации.

Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Обучение дисциплине предполагает максимальное усвоение материала лекций и практических занятий и предполагает активную роль обучающегося в учебном процессе. Лекционные занятия составляют основу теоретического обучения и должны давать систематизированные основы знаний по дисциплине, раскрывать состояние и перспективы развития соответствующей области науки, концентрировать внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулировать их активную познавательную деятельность и способствовать формированию творческого мышления. Главная задача лекционного курса – сформировать системное представление об изучаемом предмете, помочь освоить студенту закономерности развития изучаемой науки, применять полученные знания в конкретных задачах.

Лабораторные работы и курсовые проекты связывают теоретический курс с применением его на практике. Задачи лабораторных работ: закрепление и углубление знаний, полученных на лекциях и приобретенных в процессе самостоятельной работы с учебной литературой, формирование у обучающихся умений и навыков работы с исходными данными, научной литературой и специальными документами. Лабораторной работе должно предшествовать ознакомление с лекцией на соответствующую тему и литературой, указанной в плане этих занятий.

Самостоятельная работа может быть успешной при определенных условиях, которые необходимо организовать. Ее правильная организация, включающая технологии отбора целей, содержания, конструирования заданий и организацию контроля, систематичность самостоятельных учебных занятий, целесообразное планирование рабочего времени позволяет привить студентам умения и навыки в овладении, изучении, усвоении и систематизации приобретаемых знаний в процессе обучения, привить навыки повышения профессионального уровня в течение всей трудовой деятельности. Каждому студенту следует составить семестровый и еженедельный планы работы.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины, рассмотрены через соответствующие знания, умения и владения. Для проверки уровня освоения дисциплины предлагаются вопросы к экзамену, где каждый вариант содержит задания, разработанные в рамках основных тем учебной дисциплины и включающие терминологические задания.

Фонд оценочных средств являются составной частью учебно-методического обеспечения процедуры оценки качества освоения образовательной программы и обеспечивает повышение качества образовательного процесса и входит, как приложение, в состав рабочей программы дисциплины.

Основные методические указания для обучающихся по дисциплине указаны в разделе основная и дополнительная литература.