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

Синергетика

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	2020

Одобрено на заседании	Одобрено на заседании кафедры
Учебно-методической комиссии института Протокол № 3 05 октября 2020 г. Председатель учебно-методической комиссии Н.А. Клычева	Протокол № 2 02 октября 2020 г. Заведующий кафедрой В.Е. Нутович

Рабочая программа учебной дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 5665
Подписал: Заведующий кафедрой Нутович Вероника Евгеньевна
Дата: 02.10.2020

Москва 2020 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основной целью дисциплины «Синергетика» 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 "Синергетика" 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. Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты

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	ПКС-1 Уметь ставить цели создания системы, разрабатывать концепцию системы и требования к ней, выполнять декомпозицию требований к системе	ПКС-1.2 Умеет формулировать постановку задачи и излагать ее. ПКС-1.4 Знает, анализирует и сравнивает имеющиеся методы и средства решения прикладных задач.

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

	Количество часов	
Вид учебной работы	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)	ПК1	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 промежу-точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8	Раздел 1 Динамические системы	8		11		12	31	
2	8	Тема 1.1 фазовые потоки	1		4			5	
3	8	Тема 1.2 каскады	2		4			6	
4	8	Тема 1.3 отображение Пуанкаре	5		3			8	
5	8	Раздел 2 Устойчивость	7		3		10	20	
6	8	Тема 2.1 устойчивость по Ляпунову	5		1			6	
7	8	Тема 2.2 критерии устойчивости	1		1			2	ПК1, Устный опрос
8	8	Тема 2.3 функция Ляпунова	1		1			2	
9	8	Раздел 3 Неустойчивые модели	3		3		20	26	
10	8	Тема 3.1 Свойства неустойчивых систем	1		1			2	
11	8	Тема 3.2 Критерии неустойчивости	1		1			2	
12	8	Тема 3.3 Критерий Четаева	1		1			2	
13	8	Раздел 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям	4		4		18	26	
14	8	Тема 4.1 непрерывная зависимость от параметров	1		1			2	
15	8	Тема 4.2 диффереципуемость по параметрам	2		2			4	, Устный опрос
16	8	Тема 4.3 первые интегралы	1		1			2	
17	8	Раздел 5 Методы динамического хаоса	2		3			5	
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
		система в вариациях							
19	8	Тема 5.2 Разбегание траекторий	1		2			3	
20	8	Зачет						0	ЗЧ
21		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	ЛР №1. фазовые потоки	4
2	8	РАЗДЕЛ 1 Динамические системы Тема: каскады	ЛР №2. каскады	4
3	8	РАЗДЕЛ 1 Динамические системы Тема: отображение Пуанкаре	ЛР №3. отображение Пуанкаре	3
4	8	РАЗДЕЛ 2 Устойчивость Тема: устойчивость по Ляпунову	ЛР №4. устойчивость по Ляпунову	1
5	8	РАЗДЕЛ 2 Устойчивость Тема: критерии устойчивости	ЛР №5. критерии устойчивости	1
6	8	РАЗДЕЛ 2 Устойчивость Тема: функция Ляпунова	ЛР №6. функция Ляпунова	1
7	8	РАЗДЕЛ 3 Неустойчивые модели Тема: Свойства неустойчивых систем	ЛР №7.Свойства неустойчивых систем	1
8	8	РАЗДЕЛ 3 Неустойчивые модели Тема: Критерии неустойчивости	ЛР №8. критерии неустойчивости	1
9	8	РАЗДЕЛ 3 Неустойчивые модели Тема: Критерий Четаева	ЛР №9. критерий Четаева	1
10	8	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема: непрерывная зависимость от параметров	ЛР №10. Непрерывная зависимость от параметров	1

№ 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: дифферецируемость по параметрам	ЛР №11 дифференцируемость по параметрам	2
12	8	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям Тема: первые интегралы	ЛР №12. первые интегралы	1
13	8	РАЗДЕЛ 5 Методы динамического хаоса Тема: система в вариациях	ЛР №14. Системы в вариациях	1
14	8	РАЗДЕЛ 5 Методы динамического хаоса Тема: Разбегание траекторий	ЛР №13. Разбегание траекторий	2
			ВСЕГО:	24/0

4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

1. Неподвижные точки, предельные циклы
2. Аттракторы
3. Устойчивость и неустойчивость неподвижных точек
4. Изменение фазовых объемов вдоль траекторий
5. Показатели Ляпунова
6. Информационная размерность аттракторов
7. Гипотеза Каплана — Йорке
8. Отображение Пуанкаре

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины «Синергетика» 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 проводиться 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 организованна 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 относиться 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 завершенный 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	Самостоятельное изучение темы «Динамические системы на плоскости» по приведенной литературе. [1], [3], [4], [5]	12
2	8	РАЗДЕЛ 2 Устойчивость	Самостоятельное изучение темы «Построение отображений Пуанкаре» по приведенной литературе. [2], [3], [4]	10
3	8	РАЗДЕЛ 3 Неустойчивые модели	Самостоятельное изучение темы «Свойства показателей Ляпунова» [1], [3], [4]	20
4	8	РАЗДЕЛ 4 Дополнительные сведения по дифференциальным уравнениям	Самостоятельное изучение темы «Алгоритм Бенеттина» по приведенной литературе. [1], [4], [5]	18
			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	Порядок в хаосе	П. Берже, К. Видаль, И. Помо	Мир, 2008 НТБ (фб.)	Все разделы
2	Динамический хаос	С.П. Кузнецов	Физматлит, 2003 НТБ	Все разделы
3	Функциональный анализ и его приложения. Учебное пособие	М.М. Деркач, А.М. Филимонов, Д.А. Филимонов	МИИТ, 2013 НТБ	Все разделы

7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
4	Эргодические проблемы классической механики	В.И. Арнольд, А. Авец	R\&C, 2003 НТБ	Все разделы
5	Знакомство с нелинейной динамикой	В.С. Анищенко	Институт компьютерных исследований, 2002 НТБ	Все разделы
6	Конец определенности. Время, Хаос и новые законы природы	И. Пригожин	R&C, 1999 НТБ	Все разделы

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 проведении 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 приложением 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.