


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

Л.Р.Фионова
в 03 в 07 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.06 ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИНЕРГЕТИКИ**

Направление подготовки 01.03.04 «Прикладная математика»

Направленность (профиль подготовки) «Математическое моделирование в
экономике и технике»

Квалификация выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная

Пенза, 2019

1. Цели и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины Б1.В.06 « Основы экономической синергетики» являются приобретение обучающимися знаний и умений по основам использования численных методов экономической синергетики, теории качественных переходов, бифуркаций, катастроф и других методов экономической синергетики.

Формируемые дисциплиной знания и умения готовят выпускника данной образовательной программы к выполнению следующих трудовых функций:

- А/01.5 Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (профстандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»);
- А/02.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок (профстандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»);
- А/03.5 Подготовка элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ (профстандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»)
- С/05.6 Разработка концепции системы (профстандарт 06.022 «Системный аналитик»)
- С/06.6 Разработка технического задания на систему (профстандарт 06.022 «Системный аналитик»)
- С/07.6 Организация оценки соответствия требованиям существующих систем и их аналогов (профстандарт 06.022 «Системный аналитик»)

2. Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Учебная дисциплина Б1.В.06 «Основы экономической синергетики» относится к блоку дисциплин, формируемых участниками образовательных отношений. Данная дисциплина имеет логическую и содержательно-методологическую взаимосвязь с другими дисциплинами, так как углубляет и закрепляет математические и естественнонаучные знания и навыки, сформированные в результате изучения дисциплин обязательной части.

. Изучение данной дисциплины базируется на знаниях студентами

- «Обыкновенные дифференциальные уравнения» Б1.0.21
- «Математический анализ» Б1.0.14
- «Теория вероятностей » Б1.0.26
- «Уравнения математической физики» Б1.0.28
- «Математическое моделирование» Б1.0.36;
- «Численные методы» Б1.0.33
- «Линейная алгебра и аналитическая геометрия» Б1.0.17
- «Программирование и практикум на ЭВМ» Б1.0.20

Основные положения дисциплины могут быть использованы при прохождении преддипломной практики.

3. Результаты освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компет енции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции (закрепленный за дисциплиной)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен
-------------------	--------------------------	--	---

ПК-2	Способен проводить исследования на основе существующих методов в области математического моделирования в экономике и технике	ПК-2.4 Прогнозирует развитие экономических процессов (рисков, кризисных ситуаций) на основе исследования экономических трендов и геополитических ситуаций.	Знать методы работы с научно-технической информацией, связанной с задачами моделирования, --- математический аппарат моделирования и основные подходы к построению математических моделей Уметь применять математический аппарат к задачам экономики Владеть навыками применения численных методов к решению экономических задач
ПК-1	Способен выявить естественнонаучную сущность проблем в области экономики и техники, готов использовать для их решения существующие математические модели и соответствующий математический аппарат	ПК-1.1. Понимает сущность проблем в области экономики и техники	Знать основы экономики и организации производства Уметь Применять методы вычислительной математики в экономике Владеть навыками применения методов моделирования и прогнозирования в экономике

4. Структура и содержание дисциплины (модуля) «Основы экономической синергетики»

4.1. Структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	семестр		Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)									Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)							
				Контактная работа					Самостоятельная работа				Форма промежуточной аттестации (по семестрам)							
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа (проект)	Подготовка к зачету	Собеседование по лаб. раб.	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)
1.	Раздел 1. Моделирование систем	6	1 - 2	8	4	2	2		6	3			3							
	Тема 1.1. Системный подход к изучению и моделированию систем.	6	1 - 2		4	2	2		6	3			3							
2.	Раздел 2. Классификация моделей	6	3 - 6	16	8	4	4		6	4			2	6			5			
	Тема 2.1. Методы моделирования. Моделирование экономических систем с использованием системно-синергетического подхода.	6	3 - 4		4	2	2		3	2			1							
	Тема 2.2. Становление концепции экономической синергетики. Моделирование синергетических процессов Г. Хакеном.	6	5 - 6		4	2	2		3	2			1							

	Моделирование синергетических процессов И.Р. Пригожиным.																		
3.	Раздел 3. Модели синергетических систем	6	7-12	24	12	6	6		10	7			3	12				11	
	Тема 3.1. Модель «хищник-жертва», модель солитонов Кортевега-Фриса	6	7-8		4	2	2		3	2			1						
	Тема 3.2. Модель самоорганизации в диссипативных структурах, аттрактор Лоренца.	6	9-10		4	2	2		3	2			1						
	Тема 3.3. Модель «куча песка», Модель Д.С.Чернавского «борьба информации», модель «великого шелкового пути»	6	11-12		4	2	2		4	3			1						
4.	Раздел 4. Прогнозирование	6	13-14	8	4	2	2		6	3			3						
	Тема 4.1. Методология и методы прогнозирования. Целевые функции прогнозирования. Подходы к методике разработки прогнозов	6	13-14		4	2	2		6	3			3						
5.	Раздел 5. Оптимизационные задачи в развитии социотехнических систем.	6	15-17	12	6	3	3		8,35	4			4,35	16				15	
	Тема 5.1. Статистические методы прогнозирования. Методы повышения точности прогнозов.	6	15-16		4	2	2		6	3			3						
	Тема 5.2. Методы оптимизации вычислительного процесса.	6	17		2	2	2		2,35	1			1,35						
	<i>Курсовая работа (проект)</i>								*				*						
	<i>Подготовка к экзамену</i>																		
	Общая трудоемкость, в часах			71,65	34	17	17	3,65	36,35	21			15,35	Промежуточная аттестация					
														Форма		Семестр			
														Зачет		6			
				71,65						36,35				Экзамен					
				108															

4.2 Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Моделирование систем Системный подход к изучению и моделированию систем.	Понятие системы. Понятие моделирования систем. Классификация систем. Понятийный аппарат моделирования.
2	Классификация моделей. Моделирование экономических систем с использованием системно-синергетического подхода.	Методы моделирования. Структура моделирования.. Принципы экономической синергетики. Становление экономической синергетики в России. Синергетические модели: реакция Белоусова-Жаботинского; Модель «Универсальное энтропийное уравнение эволюции Пригожина-Николиса»; «Феноменологическое уравнение Ландау-Эренфеста» для описания фазовых переходов в системах; Уравнение Чипмана-Колмогорова для стохастических систем; Уравнение эволюции Ито-Стратоновича; Модель поведения частиц в стохастической системе с уравнениями Фокера-Планка.
3	Модели синергетических систем.	Система уравнений Г. Хакена для описания синергетических систем. Уравнение Ланжевена. Алгоритм О.А. Сазонова критериальной оценки. Модель солитонов Кортвега-Фриса. Аттрактор Лоренца. Модель «Куча песка. Модель Д.С. Чернавского «Борьба информацией». Модель «Великого шелкового пути».
4.	Прогнозирование.	Методология и методы прогнозирования. Целевые функции прогнозирования. Подходы к методике разработки прогнозов. Статистические методы прогнозирования. Метод экспоненциального сглаживания. Метод прогнозирования трендов. Прогнозирование многомерных процессов. Специальные математические методы: сплайн-функции, теория катастроф.
5.	Оптимизационные задачи в развитии социотехнических систем.	Футуросинергетика. Функция желательности Е.С. Харрингтона.

5.Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины «Основы экономической синергетики» предполагается использовать структурно-логические и интеграционные образовательные технологии, реализуемые посредством:

- лекций в виде вводных, текущих, обзорных и заключительно-обобщающих занятий;
- практических занятий с использованием методов «многократного повторения» (темы 1.1, 2.1, 3.1); по логике мышления – индуктивные, дедуктивные и репродуктивные.
- организации самостоятельной работы на основе лично-дифференцированного подхода планирования задания в виде воспроизводящей и частично-поисковой работ.
- организации текущего контроля знаний студентов методами: выполнения домашних заданий, оценки активности на практических занятиях и рейтинговой системы общей оценки знаний студентов.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования дистанционных форм обучения, возможностей Интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций т. д.

Другие виды контактной работы: проведение консультаций, прием экзаменов. При организации самостоятельной работы студентов и, при необходимости, при проведении аудиторных занятий используются /могут быть использованы дистанционные образовательные технологии

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1 План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-2	Моделирование систем	Подготовка к аудиторным занятиям,	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №1.	[1-11]	6
3-6	Классификация моделей	Подготовка к аудиторным занятиям,	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №1.	[1-11]	6
7-12	Модели синергетических систем	Подготовка к аудиторным занятиям,	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №2.	[1-11]	10
13-14	Прогнозирование	Подготовка к аудиторным занятиям,	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №3.	[1-11]	6
15-17	Оптимизационные задачи в развитии социотехнических систем.	Подготовка к аудиторным занятиям, подготовка реферата	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №3.	[1-11]	8.35

Варианты лабораторных работ по экономической синергетике

Работа №1.

Линейные математические модели

Задача №1. Предприятие производит изделия трех видов, поставляет их заказчикам и реализует на рынке. Заказчикам требуется 1000 изделий первого вида, 2000 изделий второго вида и 2500 изделий третьего вида.

Условия спроса на рынке ограничивают число изделий первого вида 2000 единицами, второго – 3000 и третьего – 3000 и третьего – 5000 единицами.

Для изготовления изделий используется 4 типа ресурсов. Количество ресурсов, потребляемых для производства одного изделия, общее количество ресурсов и прибыль от реализации каждого вида изделия заданы в таблице 1.

Как организовать производство, чтобы:

- 1) обеспечить заказчиков;
- 2) не допустить затоваривания;
- 3) получить максимальную прибыль?

Тип ресурсов	Вид изделий			Всего Ресурсов
	1	2	3	
1	500	300	1000	25000000
2	1000	200	100	30000000
3	150	300	200	20000000
4	100	200	400	40000000
Прибыль	20	40	50	

Варианты заданий к работе 1.1.

№	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
1	100	150	200	200	300	400
2	150	200	250	200	300	400
3	200	250	300	300	400	500
4	300	400	500	400	500	600
5	400	500	600	500	600	700
6	500	600	700	600	700	800
7	1000	2000	2500	2000	3000	5000
8	1000	2500	3000	2500	3000	5000
9	1500	2500	3000	2000	3500	4000
10	2000	2500	3000	2500	3000	3500

2. Графический метод решения задачи линейного программирования.

Таблица 2.

Тип ресурсов	Норма затрат ресурсов на товары		Общее количество ресурсов
	1	2	
1	a_1	b_1	c_1
2	a_2	b_2	c_2
3	a_3	b_3	c_3
4	a_4	b_4	c_4
Прибыль	d_1	d_2	

Задание к задаче 2.

№	a_1	a_2	a_3	a_4	b_1	b_2	b_3	b_4	c_1	c_2	c_3	c_4	d_1	d_2
1	2	1	4	0	2	2	0	4	12	8	16	12	2	3
2	1	2	3	0	1	2	0	3	8	9	10	11	1	2
3	2	3	4	0	2	3	1	4	9	10	11	12	3	4

4	3	4	5	1	3	4	2	1	13	14	8	9	5	6
5	1	0	3	4	1	2	3	4	14	13	9	8	2	1
6	0	1	4	3	2	3	4	1	8	14	13	9	3	2
7	3	4	1	0	3	4	1	2	8	9	10	11	4	3
8	4	1	0	3	4	1	2	3	11	8	9	10	6	5
9	2	0	3	4	0	2	3	4	10	12	13	14	2	3
10	0	1	4	2	2	1	4	3	12	13	10	11	1	3

Задача 3.

Рассчитать экономико-математическую модель симплекс - методом.

Предприятие рекламирует свою продукцию с использованием четырех источников массовой информации: телевидения, радио, газет и расклейки объявлений. Анализ рекламной деятельности в прошлом показал, что эти средства приводят к увеличению прибыли соответственно на a_1, a_2, a_3, a_4 условных единиц. На рекламу выделено b усл. ед. Администрация не намерена тратить на телевидение более 40%, а на радио и газеты – более 50% от общей суммы выделенных средств. Как следует предприятию организовать рекламу, чтобы получить максимальную прибыль?

Решение.

Составим математическую модель задачи.

Цель – максимизация прибыли.

Параметрами являются все числа, приведенные в условии задачи.

Управляющие переменные:

x_1 - количество средств, вложенных в рекламу на телевидении,

x_2 - количество средств, вложенных в рекламу на радио,

x_3 - количество средств, вложенных в рекламу в газетах,

x_4 - количество средств, вложенных в рекламу, организованную с помощью расклейки объявлений.

1). Построить область допустимых значений.

2). Записать критерий оптимальности.

3) Привести задачу к каноническому виду.

4). Решить задачу симплекс-методом.

Варианты заданий.

№	a_1	a_2	a_3	a_4	b_1
1	10	5	7	4	50000
2	9	3	6	3	40000
3	11	2	5	2	30000
4	10	4	6	4	20000

5	12	3	5	3	60000
6	8	6	7	3	50000
7	9	5	6	1	40000
8	10	3	7	4	30000
9	11	4	6	3	20000
10	12	3	5	4	50000

Лабораторная работа №2

Транспортные модели

Среди задач линейной оптимизации можно выделить транспортную задачу. Эта задача используется для моделирования и оптимизации экономических проблем, связанных с формированием оптимального плана перевозок, оптимального распределения индивидуальных контрактов на транспортировки, составления штатного расписания. Критерием эффективности в данной задаче является линейная функция, ограничения также линейны, поэтому для их решения могут применяться методы линейной оптимизации, например симплекс метод. Специальная структура таких задач позволяет разработать более удобные методы их решения. В данной лабораторной работе разобраны этапы построения математических моделей и способы получения оптимальных решений.

2.1. Построение транспортной модели.

Построим транспортную модель для конкретной задачи.

Задача 2.1.

Четыре предприятия данного экономического района для производства продукции используют некоторое сырьё. Спрос на сырьё каждого из предприятий соответственно составляет : b_1, b_2, b_3, b_4 условных единиц. Сырьё сосредоточено в трёх местах. Предложения поставщиков сырья равны a_1, a_2, a_3 усл.ед. На каждое предприятие сырьё может завозиться от любого поставщика. Тарифы перевозок известны и задаются матрицей C .

В i -й строке j -м столбце матрицы C стоит тариф на перевозку сырья от i -го поставщика j -му потребителю, $i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4$. Под тарифом понимается стоимость перевозки единицы сырья.

Требуется составить план перевозок, при которых общая стоимость перевозок будет минимальной.

Построение математической модели.

Цель задачи состоит в минимизации суммарной стоимости перевозок. Эта цель может быть достигнута с помощью оптимальной организации перевозок сырья. Следовательно, за неизвестные можно принять количество сырья, перевозимого от каждого поставщика каждому потребителю.

Пусть x_{ij} - количество сырья, перевозимого от i -го поставщика j -му потребителю. Параметры задачи – число поставщиков и потребителей, предложение и спрос сырья в каждом пункте, тарифы на перевозки.

Ограничения задачи – это ограничения на предложение и спрос сырья. Предложения сырья всех поставщиков не должно быть меньше суммарного спроса на него во всех пунктах потребления.

Количество сырья, вывозимого от каждого поставщика, должно быть равно наличному количеству сырья. Количество сырья, доставленное каждому потребителю, должно равняться его спросу. Последнее ограничение – условие неотрицательности x_{ij} .

Критерием эффективности (целевой функцией) являются суммарные затраты S на перевозку, равные сумме произведений тарифов на перевозку на количество перевозимого сырья от каждого поставщика каждому потребителю.

Окончательно математическая модель имеет вид

$$S = c_{11}x_{11} + c_{12}x_{12} + c_{13}x_{13} + c_{14}x_{14} + c_{21}x_{21} + c_{22}x_{22} + c_{23}x_{23} + c_{24}x_{24} + c_{31}x_{31} + c_{32}x_{32} + c_{33}x_{33} + c_{34}x_{34} \rightarrow \min.$$

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = a_1; \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = a_2; \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} = a_3; \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} = b_1; \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} = b_2; \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} = b_3; \\ x_{14} + x_{24} + x_{34} = b_4; \\ a_1 + a_2 + a_3 = b_1 + b_2 + b_3 + b_4; \\ x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4. \end{cases}$$

Целевая функция и ограничения линейны, данная задача относится к задачам линейного программирования. Благодаря особой структуре задача получила специальное название: транспортная модель.

Транспортная таблица.

Номер Поставщика	Номер потребителя				Предложения
	1	2	3	4	
1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	c_{14}	a_1
2	c_{21}	c_{22}	c_{23}	c_{24}	a_2
3	c_{31}	c_{32}	c_{33}	c_{34}	a_3
Спрос	b_1	b_2	b_3	b_4	

Варианты заданий к работе 2.1.

№	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	b_4
1	160	140	170	120	50	190	110
2	170	90	160	110	60	110	140
3	150	110	120	100	80	90	110
4	140	120	130	90	90	80	130
5	130	130	140	80	100	90	130
6	120	140	130	70	110	100	110
7	110	150	140	60	90	110	140
8	100	160	130	70	110	100	110
9	160	130	160	110	60	130	150
10	140	130	120	100	110	90	90

Тарифы перевозок.

$$C_1 = \begin{pmatrix} 7 & 8 & 1 & 2 \\ 4 & 5 & 9 & 8 \\ 9 & 2 & 3 & 6 \end{pmatrix}; \quad C_2 = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 2 & 3 \\ 5 & 6 & 10 & 9 \\ 8 & 1 & 4 & 5 \end{pmatrix}; \quad C_3 = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 3 & 2 \\ 5 & 4 & 8 & 9 \\ 2 & 9 & 6 & 3 \end{pmatrix}; \quad C_4 = \begin{pmatrix} 4 & 5 & 2 & 3 \\ 7 & 8 & 1 & 2 \\ 8 & 3 & 4 & 5 \end{pmatrix};$$

$$C_5 = \begin{pmatrix} 3 & 5 & 1 & 2 \\ 4 & 6 & 8 & 9 \\ 9 & 2 & 6 & 3 \end{pmatrix}; \quad C_6 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 7 & 8 \\ 9 & 8 & 1 & 2 \end{pmatrix}; \quad C_7 = \begin{pmatrix} 6 & 7 & 2 & 3 \\ 5 & 4 & 8 & 9 \\ 3 & 8 & 4 & 5 \end{pmatrix}; \quad C_8 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 7 & 8 \\ 5 & 4 & 8 & 9 \\ 2 & 9 & 6 & 3 \end{pmatrix};$$

$$C_9 = \begin{pmatrix} 5 & 4 & 3 & 2 \\ 8 & 7 & 2 & 1 \\ 3 & 8 & 5 & 4 \end{pmatrix}; \quad C_{10} = \begin{pmatrix} 5 & 3 & 2 & 1 \\ 6 & 4 & 9 & 8 \\ 2 & 7 & 3 & 6 \end{pmatrix}.$$

Лабораторная работа №3
Нелинейные математические модели

Решить задачу нелинейного программирования графическим методом и методом множителей Лагранжа.

Рассмотрим задачу нелинейного программирования, содержащую две переменные.

$$f(x_1, x_2) \rightarrow \max (\min).$$

$$\begin{cases} g_i(x_1, x_2) \leq b_i, & i = \overline{1, m_1}; \\ g_i(x_1, x_2) \leq b_i, & i = \overline{m_1 + 1, m}; \\ g_i(x_1, x_2) \leq b_i, & i = \overline{m_1 + 1, m}. \end{cases}$$

Решить задачу оптимальной реализации продукции.

Задача 3.1. Фирма реализует автомобили двумя способами: через магазин и через торговых агентов. При реализации x_1 через магазин расходы на реализацию составляют $4x_1 + x_1^2$ условных единиц, а при продаже x_2 автомобилей через торговых агентов расходы составляют x_2^2 условных единиц. Найти оптимальный способ реализации автомобилей, минимизирующий суммарные расходы, если общее число предназначенных для продажи автомобилей составляет 200штук.

Решение.

Цель- минимизация суммарных расходов $R = 4x_1 + x_1^2 + x_2^2$.

Модель:

$$\begin{cases} R = 4x_1 + x_1^2 + x_2^2 \rightarrow \min \\ x_1 + x_2 = 200 \\ x_1 \geq 0 \\ x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Варианты заданий.

№	Реализация через магазин	Реализация через агентов	Общее число для продажи
1	x_1^2	$x_2 + x_2^2$	200
2	x_1^2	$3x_2 + x_2^2$	300
3	$3x_1 + x_1^2$	x_2^2	100
4	x_1^2	$3x_2 + x_2^2$	200
5	$2x_1 + x_1^2$	x_2^2	100
6	x_1^2	$2x_2 + x_2^2$	300
7	$x_1 + x_1^2$	x_2^2	400

Темы практических занятий.

Тема 1. Аттрактор Лоренца.

Исследование устойчивости, неустойчивости и хаотических режимов при различных значениях параметров $\alpha, \beta, \gamma, \delta$

$$\frac{dx}{dt} = \alpha(y - x), \quad \frac{dy}{dt} = -\beta z + \gamma x - y, \quad \frac{dz}{dt} = xy - \delta z.$$

Тема 2. Отображение $x_{n+1} = f(x_n, \lambda)$.

Исследование устойчивости, неустойчивости и хаотических режимов при различных значениях функции f и параметра λ .

Тема 3. Исследование экономической модели двух конкурирующих предприятий. На базе модели Вольтерра «жертва-хищник». Режимы устойчивости, неустойчивости и хаоса.

Тема 4. Модель Белоусова –Жаботинского. Исследование цикла системы уравнений при различных значениях параметров

$$\frac{dx}{dt} = k_1 y(c-x) - k_3 x, \quad \frac{dy}{dt} = -k_1 y(c-x) - k_2 yz + k_5, \quad \frac{dz}{dt} = k_3 x + k_6(k_7 y - k_8)^2 x - k_4 z.$$

Тема 5. Модель Динамо Рикитаке- известное в геофизике явление- непредсказуемый поворот магнитного поля Земли

$$\frac{dx}{dt} = -\mu x + yz, \quad \frac{dy}{dt} = -\mu y + xw, \quad \frac{dz}{dt} = 1 - xy - \sigma_1 z, \quad \frac{dw}{dt} = 1 - xy + \sigma_2 z.$$

- А) Найти неподвижные точки;
- Б) Исследовать динамику системы в окрестности неподвижной точки;
- В) Исследовать динамику системы на сетках значений коэффициентов;
- Г) Найти сочетания коэффициентов, при которых наблюдаются незатухающие колебания;
- Д) Найти сочетания коэффициентов, при которых наблюдаются автоколебания;
- Е) Найти сочетания коэффициентов, при которых наблюдаются стохастические колебания, странный аттрактор.

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

- Подготовка к аудиторным занятиям проводится посредством изучения курса лекций, дополнительной литературы, а также решения предложенных задач.
- Подготовка рефератов в осуществляется с использованием дополнительной литературы.

6.3 Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Программа освоения компетенций

№ п/п	Контролируемые темы (разделы)	Вид контроля	Код контролируемой компетенции
1	Разделы 1-5	Отчеты по лабораторным работам	ПК-1,ПК-2
2	Разделы 1-5	Рефераты	ПК-1,ПК-2
3	Разделы 1-5	Зачет	ПК-1,ПК-2

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине «Основы экономической синергетики».

Демонстрационные варианты оценочных средств для каждого вида контроля можно посмотреть <http://moodle.pnzgu.ru> в разделе дисциплины

Темы рефератов

1. Математические модели в экономике.
Основные математические понятия в экономике и управлении.
Современное состояние экономико-математического моделирования и его основные этапы.
2. Дифференциальные динамические модели.
Модель динамики промышленного предприятия с участием внешних инвестиций как формы государственной поддержки.
Модель динамики промышленного предприятия с нелинейными производственными функциями.
Модель промышленного предприятия, привлекающего единовременный кредитный ресурс при условии равномерного погашения долга.
Обобщенная динамическая модель анализа стратегий развития предприятия с использованием финансовых инструментов и комбинированных схем финансирования.
3. Примеры применения дифференциальных динамических моделей.
Эффективность рекламы.

Спрос и предложение.
Модель естественного роста выпуска
Рост выпуска в условиях конкуренции.
Модель рынка с прогнозируемыми ценами.
Динамическая модель Кейнса.
Неоклассическая модель роста.

Вопросы к зачету

1. Моделирование. Главный признак модели.
2. Этапы моделирования экономических систем.
3. Понятие системы.
4. Классификация систем.
5. Понятийный аппарат моделирования.
6. Классификация моделей.
7. Классификация моделей в зависимости от сложности представляемых систем.
8. Классификация моделей в зависимости от представлений о характере распределения случайной величины в сложных системах.
9. Классификация моделей в зависимости от сложности, способа регулирования, организации.
10. Методы моделирования.
11. Проблема сравнения (оценки адекватности) разных моделей одного и того же явления.
12. Принципы экономической синергетики.
13. Задачи экономической синергетики.
14. Принцип рефлексивного управления в искусственных системах.
15. Становление концепции экономической синергетики в России.
16. Моделирование синергетических процессов Г. Хакеном.
17. Уравнение Ланжевена.
18. Оценка уровня флуктуаций. Уравнение Ито- Стратоновича.
19. Уравнение Чапмана-Колмогорова.
20. Модель универсального энтропийного уравнения эволюции Пригожина-Николиса.
21. «Феноменологическое уравнение Ландау-Эренфеста» для описания фазовых переходов в системах..
22. Синергетические модели: реакция Белоусова-Жаботинского, модель «хищники-жертвы».
23. Модель солитонов Кортвега-Фриса.
24. Аттрактор Лоренца.
25. Модель самоорганизации в диссипативных структурах.
26. Модель «Куча песка».
27. Модель Д.С.Чернавского «Борьба информации».
28. Модель «Великого шелкового пути».
29. Фракталы и мультифракталы.
30. Методология и методы прогнозирования.
31. Целевые функции прогнозирования.
32. Различные подходы к методике разработки прогнозов.
33. Целевые функции прогнозирования.
34. Схема процесса управления.
35. Статистические методы прогнозирования.
36. Прогнозирование одномерных процессов (метод экспоненциального сглаживания, метод прогнозирования трендов).
37. Прогнозирование многомерных процессов.

38. Специальные математические методы (сплайн-функции, теория катастроф).
39. Количественные методы прогнозирования.
40. Каузальное (причинно-следственное) моделирование.
41. Качественные методы прогнозирования.
42. Исследовательские и нормативные прогнозы в системах управления.
43. Прогнозы, программы, планы и их связь.
44. Футуросинергетика.
45. Оптимизационные задачи в развитии социотехнических систем.

**7 Учебно-методическое и материально-техническое
обеспечение дисциплины дисциплины «Основы
экономической синергетики»**

а) Литература

1. Бахвалов Н. С. Численные методы : учебник / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. - 6-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 636 с. - (Классический университетский учебник). (5 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=9551
2. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – М. : Бинум. Лаборатория знаний, 2003. – 632 с. (5 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=78
3. Бахвалов, Н. С. Численные методы / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2004. – 638 с. (10 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=4652
4. Добрынина Н.Ф. Математическое моделирование в экономике [Текст] : учебное пособие / Н. Ф. Добрынина, Д. В. Тарасов ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2017. - 68 с. (10 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=20365
5. Добрынина Н.Ф. Математическое моделирование экономических процессов [Текст] : учебное пособие / Н. Ф. Добрынина, Д. В. Тарасов ; Пенз. гос. ун-т. - Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2017(10 экз) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=20366

6. Усыченко, В.Г. Электронная синергетика. Физические основы самоорганизации и эволюции материи: Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/553>
7. Пелюхова, Е.Б. Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.Б. Пелюхова, Э.Е. Фрадкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 320 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/649>
8. Сухарев, О.С. Синергетика инвестиций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О.С. Сухарев, С.В. Шманёв, А.М. Курьянов. — Электрон. дан. — Москва : Финансы и статистика, 2011. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5366>
9. Синергетическая парадигма. "Синергетика инновационной сложности" [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : "Прогресс-Традиция", 2011. — 496 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/77204>
10. Никольский, С.М. Курс математического анализа [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 592 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2270>
11. Мышкис, А.Д. Лекции по высшей математике (Электронный ресурс): учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 688с. <https://e.lanbook.com/book/281>
12. Синергетика и проблемы теории управления [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2004. — 504 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59320>

б) Интернет-ресурсы

в) Программное обеспечение

1. ПО «Microsoft Windows» (подписка DreamSpark/Microsoft Imagine Standard); регистрационный номер 00037FFEBACF8FD7 Договор № СД-130712001 от 12.07.2013 (подписка с 1 сентября 2013 г. до 31 августа 2017 г.) Продление Microsoft Imagine Standard KDF-00031 (подписка с 1 сентября 2017 г. до 31 августа 2020 г.)

г) Другое материально-техническое обеспечение

1. Персональные компьютеры

2. Лекционные и практические занятия по дисциплине «Основы экономической синергетики» проводятся в лекционных аудиториях университета.

Рабочая программа дисциплины «Основы экономической синергетики» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки _01.03.04 – «Прикладная математика» утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «10» января 2018 г. №11

Программу составили: Самуйлова С.В., доцент каф.ВиПМ

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры ВиПМ

Протокол № 11 от « 01 » 01 2019 года

Зав. кафедрой Бойков И.В.



(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой ВиПМ

Зав. кафедрой Бойков И.В.

Программа одобрена методической комиссией ФВТ

Протокол № 10 от « 03 » 04 2019 года

Председатель методической комиссии ФВТ



Глотова Т.В.

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой

