

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

Л. Р. Фионова

(Подпись) (Фамилия, инициалы)

«15»

июня

2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.2.15 Основы экономической синергетики

Направление подготовки 01.03.04 — «Прикладная математика»

Профиль подготовки «Математическое моделирование в экономике и технике»

Квалификация (степень) выпускника – *бакалавр*

Форма обучения очная

Пенза, 2015

Рабочая программа дисциплины «Основы экономической синергетики» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 — «Прикладная математика».

Программу составили:

Добрынина Н. Ф., доцент кафедры «ВиПМ»



(Ф.И.О., должность, подпись)

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

Программа одобрена на заседании кафедры «Высшая и прикладная математика»

Протокол № 7.1

от « 29 » 05 2015 года

Зав. кафедрой «ВиПМ»




И. В. Бойков

(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой

«Высшая и прикладная математика»



И. В. Бойков

(название кафедры)

(подпись, Ф.И.О., дата)

Программа одобрена методической комиссией факультета вычислительной техники

Протокол № 6

от « 15 » июня 2015 года

Председатель методической комиссии
факультета вычислительной техники



Н. Н. Коннов

(подпись)

(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины *Основы экономической синергетики* являются

ПК-7: способность определять экономическую целесообразность принимаемых технических и организационных решений;

ПК-9: способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат ;

ОК-3: способность использовать основы экономических знаний в различных сферах деятельности;

ОК-7 способность к самоорганизации и самообразованию.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Основы экономической синергетики» является дисциплиной вариативной части модуля Б1 и является одной из дисциплин, характерных для бакалавра по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика». Изучение дисциплины базируется на знаниях студентами курсов Б1.1.08 «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», Б1.1.07 «Математический анализ», Б1.1.09 «Теория функций комплексного переменного».

Дисциплина «Основы экономической синергетики» изучается студентами одновременно с такими дисциплинами как Б1.2.23.1 «Математические модели экономики.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. Продолжительность изучения дисциплины - один семестр (шестой). В конце семестра – зачет.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Основы экономической синергетики»

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

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-7	способность определять экономическую целесообразность принимаемых технических и организационных решений	Знать: основы экономики и организации производства
		Уметь: применять методы вычислительной математики в экономике
		Владеть: основными численными методами решения экономических задач; основными методами решения моделей со слабыми и сильными отклонениями, теорию флуктуаций.
ПК-9	способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью	Знать: основные положения и методы экономической синергетики, теорию систем с сильными отклонениями от равновесия, теорию автоволновых процессов, теорию нормальных аттракторов.
		Уметь: реализовывать численные методы

	использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат	экономической синергетики; решать стандартные экономические задачи Владеть: основными численными методами моделирования и прогнозирования в экономике.
ОК-3	способность использовать основы экономических знаний в различных сферах деятельности	Знать: математический аппарат экономической синергетики, численных методов экономической синергетики, теорию качественных переходов, теорию бифуркаций, теорию катастроф; теорию кооперативных взаимодействий, теорию открытых систем, теорию развития и роста в экономических системах.
		Уметь: использовать теоретический аппарат вычислительной математики и пакеты прикладных задач.
		Владеть: методами оптимизации вычислительного процесса, методами составления программных продуктов в различных вычислительных средах для экономического прогнозирования.
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию	Знать: аналитические и численные методы решения задач экономической синергетики.
		Уметь: использовать фундаментальные разделы математики и пакеты прикладных задач.
		Владеть: методами оптимизации вычислительного процесса в экономике, методами составления программных продуктов в различных вычислительных средах для экономического прогнозирования.

4. Структура и содержание дисциплины «Основы экономической синергетики»

4.1. Структура дисциплины «Основы экономической синергетики»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)															
				Аудиторная работа				Самостоятельная Работа											
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа (проект)	Подготовка к экзамену	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка реферата	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)	Проверка практических занятий лаб. работ
1.	Раздел 1. Моделирование систем	6	1-2	6	2	2	2	6	3	3									
	Тема 1.1. Системный подход к изучению и моделированию систем.	6	1-2	6	2	2	2	6	3	3									
2.	Раздел 2. Классификация моделей	6	3-6	12	4	4	4	12	6	6									
	Тема 2.1. Методы моделирования. Моделирование экономических систем с использованием системно-синергетического подхода.	6	3-4	6	2	2	2	6	3	3									
	Тема 2.2. Становление концепции экономической синергетики. Моделирование синергетических процессов Г. Хакеном. Моделирование синергетических процессов И.Р. Пригожиным.	6	5-6	6	2	2	2	6	3	3								5н	

3.	Раздел 3. Модели синергетических систем	6	7-12	18	6	6	6	18	9	9									
	Тема 3.1. Модель «хищник-жертва», модель солитонов Кортевега-Фриса	6	7-8	6	2	2	2	6	3	3					8н				
	Тема 3.2. Модель самоорганизации в диссипативных структурах, аттрактор Лоренца.	6	9-10	6	2	2	2	6	3	3									10н
	Тема 3.3. Модель «куча песка», Модель Д.С.Чернавского «борьба информации», модель «великого шелкового пути»	6	11-12	6	2	2	2	6	3	3									
4.	Раздел 4. Прогнозирование	6	13-14	6	2	2	2	6	3	3									
	Тема 4.1. Методология и методы прогнозирования. Целевые функции прогнозирования. Подходы к методике разработки прогнозов	6	13-14	6	2	2	2	6	3	3									
5.	Раздел 5. Оптимизационные задачи в развитии социотехнических систем.	6	15-18	12	4	4	4	12	6	6									
	Тема 5.1. Статистические методы прогнозирования. Методы повышения точности прогнозов.	6	15-16	6	2	2	2	6	3	3									15н
	Тема 5.2. Методы оптимизации вычислительного процесса.	6	17-18	6	2	2	2	6	3	3					18н				
	Общая трудоемкость, в часах			54	18	18	18	54	27	27									
											Семестр								
											6								
											-								

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 Кортевега-Фриса. Аттрактор Лоренца. Модель «Куча песка. Модель Д.С. Чернавского «Борьба информации». 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.

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, подготовка реферата	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №1.	[1-11]	6
3-6	Классификация моделей	Подготовка к аудиторным занятиям, подготовка реферата	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №1.	[1-11]	12
7-12	Модели синергетических систем	Подготовка к аудиторным занятиям, подготовка реферата	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №2.	[1-11]	18
13-14	Прогнозирование	Подготовка к аудиторным занятиям, подготовка реферата	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №3.	[1-11]	6
15-18	Оптимизационные задачи в развитии социотехнических систем.	Подготовка к аудиторным занятиям, подготовка реферата	Изучение теоретического материала и выполнение лаб. раб №3.	[1-11]	12

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?

Таблица 1.

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

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

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

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.

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

$$\begin{cases} g_i(x_1, x_2) \leq b_i, & i = \overline{1, m_1}; \\ g_i(x_1, x_2) \leq b_i, & i = \overline{m_1 + 1, m_2}; \\ g_i(x_1, x_2) \leq b_i, & i = \overline{m_2 + 1, m}. \end{cases}$$

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	ОК-3,7, ПК-7,9
2	Разделы 1-5	Рефераты	ОК-3,7, ПК-7,9
3	Разделы 1-5	Зачет	ОК-3,7, ПК-7,9

Темы рефератов

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

- 3.2. Спрос и предложение.
- 3.3. Модель естественного роста выпуска
- 3.4. Рост выпуска в условиях конкуренции.
- 3.5. Модель рынка с прогнозируемыми ценами.
- 3.6. Динамическая модель Кейнса.
- 3.7. 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 Кортевега-Фриса.
24. Аттрактор Лоренца.
25. Модель самоорганизации в диссипативных структурах.
26. Модель «Куча песка».
27. Модель Д.С.Чернавского «Борьба информацией».
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 информационное обеспечение
дисциплины «Основы экономической синергетики»

а) Основная 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. : Бином. 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>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные и практические занятия по дисциплине “Кубатурные формулы” проводятся в лекционных аудиториях университета. Лабораторные работы проводятся в классах, оснащенных персональными компьютерами. ПО ”Microsoft Windows” (подписка Dream Spark / Microsoft Imagine Standard); регистрационный номер 00037FFEBACF8FD7 Договор N СД-130712001 от 12.07.2013 (подписка с 1 сентября 2013г. до 31 августа 2017г.) Продление Microsoft Imagine Standard RDF-00031 (подписка с 1 сентября 2007г. до 31 августа 2020г.)

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			замененных	новых	аннулированных
16/17	№1 от 19.09.16 Видя	Список литерат, МТО			
17/18	№1 от 4.09.17 Видя	Список литерат, МТО			