Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.05.2024 11:29:32
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет Информационных технологий

УТВЕРЖДЕНО
Декан факультета
Информационных технологий
_____/ Д.Г. Демидов /
«15» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Непрерывные математические модели»

Направление подготовки/специальность
09.03.03 Прикладная информатика
Профиль/специализация
«Большие и открытые данные»

Квалификация
бакалавр
Формы обучения
очная

Москва, 2024 г.

Разработчик(и):

Д.т.н., профессор  /Н. Н. Карабутов /

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Прикладная информатика»,
к.э.н., доцент  /С. В. Суворов /

Содержание

Оглавление

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3 Структура и содержание дисциплины 5
3.1Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
3.3 Содержание дисциплины 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1 Основная литература 9
4.2 Дополнительная литература 9
4.3 Электронные образовательные ресурсы 9
5 Материально-техническое обеспечение 9
5.1 Требования к оборудованию и помещению для занятий 9
5.2 Требования к программному обеспечению 10
6 Методические рекомендации 10
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 10
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7 Фонд оценочных средств 11
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 11
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 11
7.3 Оценочные средства 13

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины относится:

- формирование системы знаний, умений и навыков построения и анализа непрерывных математических моделей и изучение оптимизационных задач, использующих непрерывные математические модели;
- закрепление получаемых в семестре знаний и навыков на практике;
- формирование взаимосвязей, получаемых в семестре знаний и навыков с изученными ранее и изучаемых параллельно с данной дисциплиной;
- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра.

К **основным задачам** дисциплины относятся:

- освоение методологии, анализа и выбора принципов и методов математического моделирования, использования непрерывных моделей для практической деятельности;
- изучение и освоение теоретического материала, как в процессе контактной, так и в ходе самостоятельной работы;
- выполнение предоставленных практических заданий различных форм, как в процессе контактной, так и в ходе самостоятельной работы;
- самостоятельная работа над тематикой дисциплины для формирования компетенций основной образовательной программы.

Обучение по дисциплине «Непрерывные математические модели» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
ПК-1. Способен разрабатывать и адаптировать прикладное программное обеспечение.	**Знать**: Требования к программному коду. Языки программирования, определения и манипулирования данными. **Уметь**: Составлять программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными; производить проверку и отладку программного кода; работать с системой контроля версий разрабатывать и документировать программный интерфейс. Разрабатывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие. Разрабатывать тестовые наборы данных и процедур проверки работоспособности программного обеспечения. Осуществлять интеграцию программных модулей и компонент и верификации выпусков программного продукта. Составлять формализованные описания решений поставленных задач в

	соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов. **Владеть**: Навыками оптимизации программного кода. Навыками проверки работоспособности программного обеспечения. Навыками анализа возможностей реализации требований к программному обеспечению. Навыками проектиорвания программного обеспечения. Навыками исправления дефектов, зафиксированных в базе данных.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к числу учебных дисциплин обязательной части.

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Методы и технологии обработки больших данных;
- Корпоративные информационные системы;
- Анализ данных

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(е) единиц(ы) (72 часов).

3.1Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1 Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			6	
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия			
1.3	Лабораторные занятия	18	18	
2	**Самостоятельная работа**	**36**	36	
3	**Промежуточная аттестация**		Зачет	
	Итого:	**72**	72	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1 Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Лабораторная работа ЛР-1. Оптимизации непрерывных моделей. Многокритериальная оптимизация. Примеры непрерывных моделей для оценки рисков.	18			9		9
2	Лабораторная работа ЛР-2. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и краевых задач математической физики..	18			9		9
3	Л . 1. Введение. Основные понятия математического моделирования. Математическое описание, функциональный оператор и расчетный модуль.	18	9				9
4	… Л. 2. Математические модели непрерывных детерминированных систем и методы их анализа.	18	9				9
Итого		**72**	**18**		**18**		**36**

3.3 Содержание дисциплины

-1	Введение. Основные понятия математического моделирования. Математическое описание, функциональный оператор и расчетный модуль	9 ак. часа

Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:

- Предмет, задачи и содержание дисциплины.
- Роль непрерывных моделей в теории познания.
- Многообразие непрерывных моделей.
- Основные этапы развития непрерывных моделей.
- Структура курса, его место и роль в подготовке магистра, связь с другими дисциплинами.
- Простейшие математические модели
- Основы математического моделирования в физике.
- Основные понятия и принципы математического моделирования непрерывных моделей.

Контрольные вопросы:

1. Что такое непрерывные модели?
2. Приведите примеры непрерывных моделей в экономике и в экологии.
3. Как проверить существование переменной?
4. Как узнать, был ли передан параметр в скрипт?
5. Как узнать значение переданного в сценарий параметра?

-2	**Математические модели непрерывных детерминированных систем и методых анализа.**	9 ак. часа

Краткое содержание (перечень рассматриваемых вопросов) лекции:

- Компьютерное моделирование и основные вычислительные алгоритмы моделирования, идентификации и оптимизации.
- Постановка задач идентификация и оптимизации.
- Выбор целевых функций и оптимизирующих переменных.
- Принципы работы алгоритмов идентификации и оптимизации
- Линейные ОДУ и их решения.
- Расширенное фазовое пространство и интегральные кривые.
- Теорема Коши существования и единственности решения ОДУ.
- Моделирование рыночного равновесия.
- Модель производства сбыта и хранения товаров, оптимизация прибыли.
- Модели управления запасов.
- Многокритериальная оптимизация в задаче управления запасами.
- Непрерывные модели ценных бумаг.
- Использование обыкновенных дифференциальных уравнений для моделирования демографических процессов, а также процесса установления зарплаты и уровня занятости.

Контрольные вопросы:

- Какой функцией выражается состояние экономики в задаче оптимального управления развитием экономики?
- Какой функцией выражается управление в задаче оптимального управления развитием экономики?
- Что описывает уравнение движения в задаче оптимального управления развитием экономики?
- Что выражают слагаемые целевого функционала задачи оптимального управления развитием экономики?
- Приоритеты чего устанавливают весовые коэффициенты в целевом функционале задачи оптимального управления развитием экономики?
- Какие соотношения величины непроизводственного потребления и валового продукта в задаче оптимального управления развитием экономики называются магистралью?
- Чем характеризуется оптимальное управление в периоды времени, предшествующие и последующие магистрали в задаче оптимального управления развитием экономики?
- Какой функцией выражается состояние в задаче оптимального управления распределением валовых капитальных вложений?
- Какой функцией выражается управление в задаче оптимального управления распределением валовых капитальных вложений?
- Что описывает уравнение движения в задаче оптимального управления распределением валовых капитальных вложений?
- Что выражают слагаемые целевого функционала задачи оптимального управления распределением валовых капитальных вложений?

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

ЛР-1	**Оптимизации непрерывных моделей. Многокритериальная оптимизация. Примеры непрерывных моделей для оценки рисков.**	9ак. часов

Цель выполнения лабораторной работы: Ознакомление с основами оптимизации непрерывных моделей и их реализации на практике.

Результат: Критерий качества непрерывной модели и его оптимальный план.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- Подготовка к выполнению к работе, в том числе:
  - изучение основ непрерывных моделей.
- Выбор критерия качества.
- Определения оптимального плана.
- Анализ отраслевые математических моделей рисков.
- Защита лабораторной работы.

Контрольные вопросы:

1. В чем состоит суть комплексного метода Лагранжа-Понтрягина решения задачи оптимального управления?
2. Необходимые или достаточные условия оптимальности устанавливает принцип максимума Понтрягина?
3. Чем различаются управления по разомкнутому и по замкнутому контурам?
4. Какая задача определения оптимального управления называется задачей синтеза?
5. К решению какого уравнения сводится отыскание синтеза оптимального управления?
6. Приведите примеры базовых моделей расчета риска предприятий.

ЛР-2	**Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений и краевых задач математической физики.**	9ак. часов

Цель выполнения лабораторной работы: Повторение основных понятий обыкновенных дифференциальных уравнений и краевых задач.

Результат: Частное и общее решение дифференциального уравнения для выбранной модели.

Порядок выполнения лабораторной работы:

- Подготовка к выполнению к работе, в том числе:
  - Повторение основ решенийобыкновенных дифференциальных уравнений.
- Получение варианта задания.
- Решение ДУ, согласно требованиям.
- Защита лабораторной работы.

Контрольные вопросы:

1. Приведите примеры линейных краевых задач для уравнений в частных производных, моделирующих процессы механики и физики
2. Приведите римеры нелинейных краевых задач для уравнений в частных производных, в том числе, задач с ограничениями, математическими моделями которых являются задачи на минимум функционалов энергии или вариационные неравенства.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1.Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень магистратуры) по направлению подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 10.01.2018 №13.

2. Приказ Минобрнауки России от 09.02.2016 N 86 "О внесении изменений в Порядок проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры, утвержденный приказом Министерства бразования и науки Российской

Федерации от 29 июня 2015 г. N636"(Зарегистрировано в Минюсте России 02.03.2016 N 41296).

3. Приказ ректора Московского политехнического университета от 01.09.2016 No 128-ОД о введение в действие положения о порядке проведения государственной итоговой аттестации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет».

4.2 Основная литература

1. .Введение в математическое моделирование: учеб. пособие/Под ред. П.В. Трусова. - М.: Логос, 2004, - 440 с.

http://www.knigafund.ru/books/178937

2. Лагоша Б. А.Оптимальное управление в экономике: учебное пособие.

Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004.- 133 с. http://www.knigafund.ru/books/186751

…

4.3 Дополнительная литература

1. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие/В.П. Лисьев.- М.:Изд. центр ЕАОИ.-2010.-199 с. http://www.knigafund.ru/books/186516

Программное обеспечение: ТабличныйпроцессорMicrosoftOfficeExcel 2010 (2013)

…

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. https://online.mospolytech.ru/enrol/index.php?id=9158
2. https://online.mospolytech.ru/enrol/index.php?id=4480

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Операционная система, Windows 11 (или ниже) - Microsoft Open License
2. Офисные приложения, Microsoft Office 2013(или ниже) - Microsoft Open License

5 Материально-техническое обеспечение

5.1 Требования к оборудованию и помещению для занятий

Лабораторные работы и самостоятельная работа студентов должны проводиться в специализированной аудитории, оснащенной современной оргтехникой и персональными компьютерами с программным обеспечением в соответствии с тематикой изучаемого материала. Число рабочих мест в аудитории должно быть достаточным для обеспечения индивидуальной работы студентов. Рабочее место преподавателя должно быть оснащены современным компьютером с подключенным к нему проектором на настенный экран, или иным аналогичным по функциональному назначению оборудованием.

Лекционные занятия должны проводиться в специализированных аудиториях с комплектом мультимедийного оборудования и/или доской для записей материалов. Число рабочих мест в аудитории должно быть достаточным для обеспечения индивидуальной работы студентов.

5.2 Требования к программному обеспечению

Для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы необходимо следующее программное обеспечение:

1. Microsoft windows.
2. Офисные приложения, Microsoft Office.
3. Веб-браузер, Chrome.
4. Microsoft Visio

Для проведения лекционных занятий специального программного обеспечения для освоения дисциплины не требуется.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

1. При подготовке к занятиям следует предварительно проработать материал занятия, предусмотрев его подачу точно в отведенное для этого время занятия. Следует подготовить необходимые материалы – теоретические сведения, задачи и др. При проведении занятия следует контролировать подачу материала и решение заданий с учетом учебного времени, отведенного для занятия.

2. При проверке работ и отчетов следует учитывать не только правильность выполнения заданий, но и оптимальность выбранных методов решения, правильность выполнения всех его шагов.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины осуществляется в строгом соответствии с целевой установкой в тесной взаимосвязи учебным планом. Основой теоретической подготовки студентов являются аудиторные занятия, лекции, лабораторные работы.

В процессе самостоятельной работы студенты закрепляют и углубляют знания, полученные во время аудиторных занятий, дорабатывают конспекты и записи, готовятся к проведению и обрабатывают результаты лабораторных работ, готовятся к промежуточной аттестации, а также самостоятельно изучают отдельные темы учебной программы.

На занятиях студентов, в том числе предполагающих практическую деятельность, осуществляется закрепление полученных, в том числе и в процессе самостоятельной работы, знаний. Особое внимание обращается на развитие умений и навыков установления связи положений теории с профессиональной деятельностью будущего специалиста в области Веб-технологий.

Самостоятельная работа осуществляется индивидуально. Контроль самостоятельной работы организуется в двух формах:

- самоконтроль и самооценка студента;
- контроль со стороны преподавателей (текущий и промежуточный).

Текущий контроль осуществляется на аудиторных занятиях, промежуточный контроль осуществляется на экзамене в письменной (устной) форме.

Критериями оценки результатов самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентом учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность компетенций;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

выполнение лабораторных работ, экзамен.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
ПК-1. Способен разрабатывать и адаптировать прикладное программное обеспечение.				
ПК-1.1. Знать: Требования к программному коду. Языки программирования, определения и манипулирования данными. **ПК-1.2. Уметь:** Составлять программный код с использованием языков программирования, определения и манипулирования данными; производить проверку и отладку программного кода; работать с системой контроля версий разрабатывать и документировать программный интерфейс. Разрабатывать технические спецификации на программные	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие материалу дисциплины знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3).	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний, указанных в индикаторах компетенций дисциплины «Знать» (см. п. 3). Свободно оперирует приобретенными знаниями.

компоненты и их взаимодействие. Разрабатывать тестовые наборы данных и процедур проверки работоспособности программного обеспечения. Осуществлять интеграцию программных модулей и компонент и верификации выпусков программного продукта. Составлять формализованные описания решений поставленных задач в соответствии с требованиями технического задания или других принятых в организации нормативных документов. **ПК-1.3. Владеть: Навыками** оптимизации программного кода. Навыками проверки работоспособности программного обеспечения. Навыками анализа возможностей реализации требований к программному обеспечению. Навыками проектиорвания программного обеспечения. Навыками				

исправления дефектов, зафиксированных в базе данных.				

7.3 Оценочные средства

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине.

Шкала оценивания	**Описание**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации определена в п 5.6 «Положении о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет», утвержденным приказом ректора Московского политехнического университета от 31.08.2017 № 843-ОД. В случае внесения изменений в документ или утверждения нового Положения, следует учитывать принятые правки.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины. При этом используется балльно-рейтинговая система, включающая следующие критерии оценки.

Критерий	**Значение критерия**
Выполнение и защита лабораторных работ в срок	+5 баллов за каждую защищенную на отлично лабораторную работу; +1 балл за каждую защищенную на хорошо лабораторную работу. Максимальное значение критерия – не более 20 баллов.
Невыполнение и/или не защита (защита с оценкой «неудовлетворительно») лабораторных работ.	-10 баллов за одну лабораторную работу; -50 баллов, за две, три или четыре лабораторных работы; -100 баллов за пять и более лабораторных работ.
Выполнение экзаменационного задания	Максимальное значение критерия – 80 баллов.

Максимальная сумма набираемых по дисциплине баллов – 100. С началом каждого нового семестра изучения дисциплины набранные баллы обнуляются и рейтинг студента ведется заново. Перевод набранных баллов в оценку промежуточной аттестации производится согласно следующей таблице.

Оценка по балльно-рейтинговой системе	**Оценка по итоговой аттестации**
0 … 59	Неудовлетворительно
60 … 569	Удовлетворительно
70 … 85	Хорошо

86 … 100	Отлично

7.3.1 Вопросы для зачета

1. Понятие моделирования. Этапы моделирования. Общие признаки и свойства моделей
2. Классификация моделей.
3. Непрерывность и дискретность. Непрерывные и дискретные математические модели. Преобразования непрерывных и дискретных математических моделей
4. Аналоговые и цифровые сигналы в природе и моделировании. Цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразования.
5. Производная функции одной или нескольких переменных, частные производные. Физический и геометрический смысл
6. Понятие нелинейных динамических систем. Математическое моделирование нелинейных динамических систем на примере математического маятника
7. Фазовые пространства и переменные. Изображающая точка. Фазовая траектория. Фазовый портрет динамической системы
8. Формальное определение динамических систем
9. Классификация динамических систем
10. Устойчивость решений динамических систем. Устойчивость по Ляпунову. Асимптотическая устойчивость. Экспоненциальная устойчивость
11. Подходы к анализу автономных динамических систем первого порядка.
12. Качественный анализ динамических систем первого порядка. Стационарные точки динамических систем
13. Теорема А.М. Ляпунова об устойчивости в первом приближении
14. Бифуркация в одномерных нелинейных динамических системах. Задача об изгибе колонны.
15. Основные понятия теории бифуркаций. Бифуркационная диаграмма. Бифуркационный параметр. Точка бифуркации.
16. Седлоузловая бифуркация. Бифуркация равновесий
17. Седлоузловая бифуркация в системе «Производители – потребители»
18. Бифуркация равновесий. Транскритическая бифуркация на прямой
19. Транскритическая бифуркация. Задача о чрезмерном потреблении природных ресурсов
20. Вилообразная бифуркация. Сверхкритический и докритический случай
21. Двумерные динамические системы. Основные понятия
22. Анализ автономных динамических систем второго порядка
23. Признаки устойчивости двумерных динамических систем
24. Устойчивость нелинейных двумерных автономных систем
25. Фазовые портреты двумерных автономных систем. Грубые и негрубые точки
26. Фазовые портреты двумерных автономных систем. Стационарные точки на бифуркационной диаграмме
27. Нелинейная динамика взаимодействия предприятий. Классификация Ю. Одума. Математический смысл знаковой нотации классификации Ю. Одума
28. Мальтузианская модель взаимодействия предприятий в отношении «Хищник-жертва»

29. Быстрые и медленные динамические переменные. Иерархия времен в динамических переменных. Теорема А.Н. Тихонова

30. Модель конкуренции с ограниченным ростом ресурсов

31. Простейшая математическая модель предельного цикла

32. Асимптотическая орбитальная устойчивость. Определение предельного цикла. Устойчивый и неустойчивый предельный цикл.

33. Критерии Бендиксона и Дюлака отсутствия предельных циклов

34. Модель Холлинга–Тэннера

35. Разнообразие режимов функционирования автономных систем первого порядка на прямой и плоскости

36. Модель Т. Мальтуса. Основные характеристики

37. Модель П. Ферхюльста. Основные характеристики

38. Модель Лотки – Вольтерры «Хищник-жертва». Основные характеристики

39. Демографическая модель

40. Модель распространения инноваций (нововведений)

41. Модель Л. Ричардсона гонки вооружений

42. Модель Ф. Ланчестера боевых действий

43. Модель Р. Солоу.

44. Приложение теоремы Ляпунова к анализу модели Солоу

45. Модель влияния инвестиционной политики на экономический рост

46. Модель Эванса установления равновесной цены

47. Паутинообразная динамическая модель установления равновесной цены

48. Бифуркации двумерных дин систем на плоскости

49. Транскритическая бифуркация на плоскости

50. Вилообразная бифуркация на плоскости. Сверхкритический случай