

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра информационных систем и математических методов в экономике

Авторы-составители: **Максимов Владимир Петрович
Бячков Андрей Борисович**

Рабочая программа дисциплины
НЕПРЕРЫВНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ
Код УМК 76461

Утверждено
Протокол №9
от «21» мая 2019 г.

Пермь, 2019

1. Наименование дисциплины

Непрерывные математические модели

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в базовую часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.04.02** Прикладная математика и информатика
направленность Информационно-аналитические системы в прогнозировании и управлении социально-экономическим развитием

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Непрерывные математические модели** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Информационно-аналитические системы в прогнозировании и управлении социально-экономическим развитием)

ОПК.3 Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности

Индикаторы

ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности

ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности

ПК.5 Способен проводить работы по обработке и анализу информации и результатов экспериментов по тематике исследования

Индикаторы

ПК.5.2 Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений по тематике исследования

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Информационно-аналитические системы в прогнозировании и управлении социально-экономическим развитием)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	1
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	48
Проведение лекционных занятий	12
Проведение практических занятий, семинаров	36
Самостоятельная работа (ак.час.)	96
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (1 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Непрерывные математические модели. Первый семестр

Цель дисциплины «Непрерывные математические модели» состоит в формировании компетенции в сфере конструктивных методов исследования задач для динамических моделей экономики, в том числе краевых задач и задач целевого управления, с ориентацией на возможность компьютерной реализации этих методов с использованием современных вычислительных технологий. Дисциплина включена в магистерскую программу «Информационные системы и анализ финансовых рынков» (2-й семестр) с общей трудоемкостью 144 часа (лекции – 10 часов, семинары – 26).

Входной контроль

При входном контроле студентам предлагается тест, содержащий 10 заданий с четырьмя вариантами ответов для каждого задания. Предлагаемые задания требуют применения остаточных знаний по основным разделам математического цикла: Высшая математика, Линейная алгебра, Дифференциальное исчисление, Интегральное исчисление, Дифференциальные уравнения, Элементы оптимизации.

Раздел 1. Модели экономической динамики с непрерывным временем, задача прогнозирования, задачи управления, краевые задачи, задачи оптимального управления

Дается обзор и элементы классификации математических моделей с непрерывным временем и задач их исследования

Раздел 2. Краевые задачи, условия разрешимости, представление решений

Обсуждается постановка краевых задач для моделей с непрерывным временем, излагается подход к исследованию их разрешимости, формулируются условия разрешимости и корректной разрешимости

Раздел 3. Принцип максимума Понтрягина для задачи оптимального управления со свободным правым концом траектории

Формулируется основной принцип исследования задач оптимального управления для варианта с подвижным правым концом траектории, приводятся примеры применения, обсуждается идея доказательства.

Раздел 4. Задачи управления для линейных систем, условия разрешимости, типы управлений (L₂-управление, кусочно постоянное управление, импульсное управление, смешанное управление)

Рассматриваются задачи управления для динамических моделей с непрерывным временем и классы управлений с формулировкой условий разрешимости задачи управления в каждом классе управлений.

Раздел 5. Доказательный вычислительный эксперимент в исследовании краевых задач и задач управления для линейных систем

Излагаются элементы теории доказательного вычислительного эксперимента применительно к исследованию краевых задач и задач управления для динамических моделей с непрерывным временем.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Maksimov V. P. Continuous mathematical models. Computer workshop on attainability and control problems:textbook/Vladimir P. Maksimov.-Perm:Perm University Press,2019, ISBN 978-5-7944-3319-7.-119. <https://elis.psu.ru/node/596003>
2. Maksimov V. P. Continuous Mathematical Models:textbook/V. P. Maksimov.-Perm:Perm state univ.,2015, ISBN 978-5-7944-2625-0.-147.-Библиогр.: с. 143-146 <https://elis.psu.ru/node/467898>
3. Максимов В. П. Современные математические методы в экономике : Задачи управления и краевые задачи для линейных систем:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров "Прикладная математика и информатика"/В. П. Максимов.-Пермь,2014, ISBN 978-5-7944-2406-5.-1.-Библиогр.: с. 148-151 <https://elis.psu.ru/node/348777>
4. Максимов В. П. Непрерывные математические модели. Компьютерный практикум по решению задач достижимости и управления:учебное пособие для подготовки магистров "Прикладная математика и информатика"/В. П. Максимов.-Пермь:ПГНИУ,2019, ISBN 978-5-7944-3318-0.-123. <https://elis.psu.ru/node/595878>

Дополнительная:

1. Целевое управление процессами социально-экономического развития субъектов в Российской Федерации:моделирование, информационное, математическое и инструментальное обеспечение : монография/Д. Л. Андрианов, А. О. Селянин, П. В. Шевыров.-Пермь:Изд-во Перм. гос. ун-та,2008, ISBN 978-5-7944-1221-5.-239.-Библиогр.: с. 201-204 (75 назв.)
2. Лутманов С. В. Элементы выпуклого анализа и методы оптимизации:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки магистров "Механика и математическое моделирование»/С. В. Лутманов.-Пермь:Пермский государственный национальный исследовательский университет,2018, ISBN 978-5-7944-3114-8.-1.-Библиогр.: с. 180 <https://elis.psu.ru/node/507855>
3. Максимов В. П. Теория оптимального управления:вводный курс лекций: учебное пособие/В. П. Максимов.-Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3068-4.-84.-Библиогр.: с. 69 <https://elis.psu.ru/node/511095>
4. Полосков И. Е. Теория случайных процессов. Курс лекций и практикум:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Математика" и "Механика и математическое моделирование"/И. Е. Полосков.-Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3203-9.-286.-Библиогр.: с. 273-277. - Предм. указ.: с. 278-283 <https://elis.psu.ru/node/560553>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

www.elibrary.ru Литература, доступная в elibrary

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Непрерывные математические модели** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Образовательный процесс по дисциплине «Непрерывные математические модели» предполагает:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);

- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. система Maple.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В учебном процессе для изучения дисциплины "Непрерывные математические модели" для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Для текущего контроля и промежуточной аттестации необходима аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской, презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением,

и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Индивидуальные и групповые консультации - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или

маркерной доской или аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Непрерывные математические модели**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.3

Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знать основные динамические модели, степень общности и возможность моделирования для решения задач анализа и прогнозирования. Умеет адаптировать существующую или самостоятельно предлагать новую математическую модель для решения задачи анализа и прогнозирования. Владеть навыками моделирования с переходом в более широкий класс моделей.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные динамические модели, степень общности и возможность моделирования для решения задач анализа и прогнозирования. Не умеет адаптировать существующую или самостоятельно предлагать новую математическую модель для решения задачи анализа и прогнозирования. Не владеет навыками моделирования с переходом в более широкий класс моделей.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Не уверенно знает основные динамические модели, степень общности и возможность моделирования для решения задач анализа и прогнозирования. Удовлетворительный уровень умения адаптировать существующую или самостоятельно предлагать новую математическую модель для решения задачи анализа и прогнозирования. Удовлетворительное владение навыками моделирования с переходом в более широкий класс моделей.</p> <p>Имеющихся знаний, умений и навыков, как правило, достаточно для решения стандартных профессиональных задач в сфере применения непрерывных математических моделей.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>В целом хорошее знание основных динамических моделей, степени общности и возможности моделирования для решения задач анализа и прогнозирования.</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>В целом сформировано умение адаптировать существующую или самостоятельно предлагать новую математическую модель для решения задачи анализа и прогнозирования. В целом демонстрирует хорошее владение навыками моделирования с переходом в более широкий класс моделей.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Высокий уровень знания основных динамических моделей, степени общности и возможности моделирования для решения задач анализа и прогнозирования. Сформировано уверенное умение адаптировать существующую или самостоятельно предлагать новую математическую модель для решения задачи анализа и прогнозирования. Высокий уровень владения навыками моделирования с переходом в более широкий класс моделей.</p>
<p>ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Способы формализации цели исследования и методы ее достижения. -Подходы к разработке концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач в классе непрерывных моделей. -Фундаментальные концепции методологического подхода в исследовании социально-экономических объектов и явлений с использованием непрерывных моделей и ограничения таких моделей. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Реализовать математические модели экономических процессов и явлений в классе непрерывных моделей: 	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> <p>Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Способы формализации цели исследования и методы ее достижения. -Подходы к разработке концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач в классе непрерывных моделей. -Фундаментальные концепции методологического подхода в исследовании социально-экономических объектов и явлений с использованием непрерывных моделей и ограничения таких моделей. <p>Не умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Реализовать математические модели экономических процессов и явлений в классе непрерывных моделей: формализовать исходную проблему, построить математическую модель, решить модель, проверить адекватность модели и реализовать решение -Осуществлять концептуальный анализ

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>формализовать исходную проблему, построить математическую модель, решить модель, проверить адекватность модели и реализовать решение</p> <p>-Осуществлять концептуальный анализ прикладных задач, связывать конкретные задачи предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики с использование непрерывных моделей.</p> <p>- Проводить анализ ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач.</p> <p>Владеть:</p> <p>-Навыками самосовершенствования на основе современных образовательных технологий и методами моделирования задач прикладного анализа;</p> <p>-Методами разработки концептуальных и теоретических моделей в экономике в классе непрерывных моделей.</p> <p>-Основополагающими методами увязки конкретных задач предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики;</p> <p>-Основами методологии научного и системного подхода при изучении социально-экономических объектов и явлений с использование непрерывных моделей.</p> <p>-Навыками анализа ограничений применимости непрерывных моделей для</p>	<p>Неудовлетворител</p> <p>прикладных задач, связывать конкретные задачи предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики с использование непрерывных моделей.</p> <p>- Проводить анализ ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач.</p> <p>Не владеет:</p> <p>-Навыками самосовершенствования на основе современных образовательных технологий и методами моделирования задач прикладного анализа;</p> <p>-Методами разработки концептуальных и теоретических моделей в экономике в классе непрерывных моделей.</p> <p>-Основополагающими методами увязки конкретных задач предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики;</p> <p>-Основами методологии научного и системного подхода при изучении социально-экономических объектов и явлений с использование непрерывных моделей.</p> <p>-Навыками анализа ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач.</p> <p>Удовлетворительн</p> <p>Не уверенно знает :</p> <p>-Способы формализации цели исследования и методы ее достижения.</p> <p>-Подходы к разработке концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач в классе непрерывных моделей.</p> <p>-Фундаментальные концепции методологического подхода в исследовании социально-экономических объектов и явлений с использованием непрерывных моделей и ограничения таких моделей.</p> <p>Удовлетворительный уровень умения :</p> <p>-Реализовать математические модели экономических процессов и явлений в классе</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	решения различных задач.	<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>непрерывных моделей: формализовать исходную проблему, построить математическую модель, решить модель, проверить адекватность модели и реализовать решение</p> <p>-Осуществлять концептуальный анализ прикладных задач, связывать конкретные задачи предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики с использование непрерывных моделей.</p> <p>- Проводить анализ ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач.</p> <p>Удовлетворительное владение :</p> <p>-Навыками самосовершенствования на основе современных образовательных технологий и методами моделирования задач прикладного анализа;</p> <p>-Методами разработки концептуальных и теоретических моделей в экономике в классе непрерывных моделей.</p> <p>-Основополагающими методами увязки конкретных задач предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики;</p> <p>-Основами методологии научного и системного подхода при изучении социально-экономических объектов и явлений с использование непрерывных моделей.</p> <p>-Навыками анализа ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>В целом хорошее знание:</p> <p>-Способов формализации цели исследования и методы ее достижения.</p> <p>-Подходов к разработке концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач в классе непрерывных моделей.</p> <p>-Фундаментальных концепций методологического подхода в исследовании</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>социально- экономических объектов и явлений с использованием непрерывных моделей и ограничения таких моделей. В целом сформировано умение :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Реализовать математические модели экономических процессов и явлений в классе непрерывных моделей: формализовать исходную проблему, построить математическую модель, решить модель, проверить адекватность модели и реализовать решение -Осуществлять концептуальный анализ прикладных задач, связывать конкретные задачи предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики с использование непрерывных моделей. - Проводить анализ ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач. <p>В целом демонстрирует хорошее владение:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Навыками самосовершенствования на основе современных образовательных технологий и методами моделирования задач прикладного анализа; -Методами разработки концептуальных и теоретических моделей в экономике в классе непрерывных моделей. -Основополагающими методами увязки конкретных задач предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики; -Основами методологии научного и системного подхода при изучении социально-экономических объектов и явлений с использование непрерывных моделей. -Навыками анализа ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач. <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Высокий уровень знания :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Способов формализации цели исследования

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>и методов ее достижения.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Подходов к разработке концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач в классе непрерывных моделей. -Фундаментальных концепций методологического подхода в исследовании социально- экономических объектов и явлений с использованием непрерывных моделей и ограничения таких моделей. <p>Сформировано уверенное умение :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Реализовать математические модели экономических процессов и явлений в классе непрерывных моделей: формализовать исходную проблему, построить математическую модель, решить модель, проверить адекватность модели и реализовать решение -Осуществлять концептуальный анализ прикладных задач, связывать конкретные задачи предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики с использование непрерывных моделей. - Проводить анализ ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач. <p>Высокий уровень владения :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Навыками самосовершенствования на основе современных образовательных технологий и методами моделирования задач прикладного анализа; -Методами разработки концептуальных и теоретических моделей в экономике в классе непрерывных моделей. -Основополагающими методами увязки конкретных задач предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики; -Основами методологии научного и системного подхода при изучении социально-экономических объектов и явлений с использование непрерывных моделей. -Навыками анализа ограничений

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p align="center">Отлично</p> <p>применимости непрерывных моделей для решения различных задач.</p>

ПК.5

Способен проводить работы по обработке и анализу информации и результатов экспериментов по тематике исследования

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.5.2 Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений по тематике исследования</p>	<p>Знать основные методы проведения и обобщения научных и прикладных исследований, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. Уметь проводить самостоятельное, развернутое и логически завершенное исследование научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. Владеть навыками проведения научных и прикладных исследований с использованием основных классов непрерывных математических моделей.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные методы проведения и обобщения научных и прикладных исследований, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. Не умеет проводить самостоятельное, развернутое и логически завершенное исследование научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. Не владеет навыками проведения научных и прикладных исследований с использованием основных классов непрерывных математических моделей.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Не уверенно знает основные методы проведения и обобщения научных и прикладных исследований, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. Удовлетворительный уровень умения проводить самостоятельное, развернутое и логически завершенное исследование научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. Удовлетворительное владение навыками</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>проведения научных и прикладных исследований с использованием основных классов непрерывных математических моделей.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>В целом хорошее знание основные методы проведения и обобщения научных и прикладных исследований, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. В целом сформировано умение проводить самостоятельное, развернутое и логически завершенное исследование научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. В целом демонстрирует хорошее владение навыками проведения научных и прикладных исследований с использованием основных классов непрерывных математических моделей.</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Высокий уровень знания основных методов проведения и обобщения научных и прикладных исследований, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. Сформировано уверенное умение проводить самостоятельное, развернутое и логически завершенное исследование научных данных, результатов экспериментов и наблюдений с использованием основных классов непрерывных математических моделей. Высокий уровень владения навыками проведения научных и прикладных исследований с использованием основных классов непрерывных математических моделей.</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : 12/36/0/96 экзамен

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 44 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 44 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Входной контроль Входное тестирование	Знания, полученные студентами в ходе изучения дисциплин математика, математический анализ, линейная алгебра), теория вероятностей и математическая статистика, эконометрика.
ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности ПК.5.2 Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений по тематике исследования	Раздел 1. Модели экономической динамики с непрерывным временем, задача прогнозирования, задачи управления, краевые задачи, задачи оптимального управления Письменное контрольное мероприятие	Типичное задание для письменного контрольного мероприятия содержит три теоретических вопроса и одно практическое задание. Пример. Теоретические вопросы 1. Привести математическую постановку задачи прогнозирования для динамической модели с непрерывным временем. 2. Дать постановку задачи управления с линейных целевым функционалом общего вида. 3. Сформулировать конкретную краевую задачу с краевыми условиями, допускающими экономическую интерпретацию. Практическое задание 4. Решить задачу прогнозирования.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ПК.5.2 Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений по тематике исследования</p>	<p>Раздел 2. Краевые задачи, условия разрешимости, представление решений</p> <p>Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Типичное задание для письменного контрольного мероприятия содержит три теоретических вопроса и одно практическое задание. Пример.</p> <p>Теоретические вопросы 1. Привести математическую постановку задачи краевой задачи для динамической модели с непрерывным временем. 2. Сформулировать условия однозначной разрешимости краевой задачи для краевых условий общего вида. 3. Привести 2-3 примера краевых условий, допускающих экономическую интерпретацию. Практическое задание 4. Решить краевую задачу (см. файл Задание 2).</p>
<p>ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ПК.5.2 Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений по тематике исследования</p>	<p>Раздел 4. Задачи управления для линейных систем, условия разрешимости, типы управлений (L₂-управление, кусочно постоянное управление, импульсное управление, смешанное управление)</p> <p>Письменное контрольное мероприятие</p>	<p>Типичное задание для письменного контрольного мероприятия содержит три теоретических вопроса и одно практическое задание. Пример.</p> <p>Теоретические вопросы 1. Дать постановку задачи управления с линейных целевым функционалом общего вида. 2. Сформулировать критерий разрешимости общей линейной задачи управления в классе L₂-управлений. 3. Сформулировать условия разрешимости задачи импульсного управления. Практическое задание 4. Решить задачу (см. файлы Задание 3., Задание 4.).</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.3.2 Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ОПК.3.3 Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p>ПК.5.2 Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений по тематике исследования</p>	<p>Раздел 5. Доказательный вычислительный эксперимент в исследовании краевых задач и задач управления для линейных систем</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Знает и умет применять основные понятия и методы: 1. Задача прогнозирования, краевые задачи, задачи управления и задачи оптимального управления для динамических моделей с непрерывным временем: постановка, примеры. 2. Простейшая модель многоотраслевой экономики. Структура множества траекторий, их представление. Фундаментальная матрица, матрица Коши. 3. Модель многоотраслевой экономики с учетом запаздывания. Структура множества траекторий, их представление. Фундаментальная матрица, матрица Коши. 4. Краевые задачи для динамических моделей с непрерывным временем. Общий вид краевых условий. Условия корректной разрешимости. 5. Принцип максимума Л.С. Понтрягина для задачи оптимального управления со свободным правым концом траектории. Применение принципа максимума к решению задачи о максимизации интегрального потребления. 6. Принцип максимума Л.С. Понтрягина для линейной задачи оптимального управления линейной системой. Сведение задачи к задаче линейного программирования. 7. Задачи управления для динамических моделей с непрерывным временем. Условия разрешимости. Построение управлений и траекторий. 8. Задачи импульсного управления для динамических моделей с непрерывным временем. Условия разрешимости задачи управления для динамических моделей с непрерывным временем. Построение управлений и траекторий. 9. Конструктивное</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
		исследование разрешимости краевых задач. Схема доказательного вычислительного эксперимента.10. Конструктивное исследование разрешимости задач управления. Схема доказательного вычислительного эксперимента.11. Динамические модели с дискретным временем: краевые задачи, задачи управления, задачи оптимального управления. Постановка задач, конструктивное исследование.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Входной контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Правильные ответы на задания с выбором правильного определения.	6
Правильные ответы на задания, требующие вычислений и оценок.	4

Раздел 1. Модели экономической динамики с непрерывным временем, задача прогнозирования, задачи управления, краевые задачи, задачи оптимального управления

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
На все теоретические вопросы даны правильные ответы - 15 баллов. Предлагаемая задача решена полностью и без ошибок - 5 баллов.	20
Ответы на теоретические вопросы содержат незначительные неточности - 12 баллов. Задача решена с незначительными вычислительными погрешностями - 4 балла.	16
Ответы на теоретические вопросы содержат принципиальные неточности - 7 баллов. Продемонстрирован правильный ход решения задачи, но окончательный ответ неверен - 3 балла.	10
Ответы на теоретические вопросы ошибочны - менее 7 баллов. Задача не решена - 2 балла.	8

Раздел 2. Краевые задачи, условия разрешимости, представление решений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Правильный и полный ответ на Вопрос 1 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок. Правильный и полный ответ на Вопрос 1 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить это оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Задача 4 решена полностью и без ошибок - 5 баллов. Задача решена с незначительными вычислительными погрешностями - 4 балла. Продемонстрирован правильный ход решения задачи 4, но окончательный ответ неверен - 3 балла. Задача 4 не решена - 2 балла.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 3 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 2 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5

Раздел 4. Задачи управления для линейных систем, условия разрешимости, типы управлений (L₂ -управление, кусочно постоянное управление, импульсное управление, смешанное управление)

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

Показатели оценивания	Баллы
Правильный и полный ответ на Вопрос 1 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Задача 4 решена полностью и без ошибок - 5 баллов. Задача решена с незначительными вычислительными погрешностями - 4 балла. Продемонстрирован правильный ход решения задачи 4, но окончательный ответ неверен - 3 балла. Задача 4 не решена - 2 балла.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 3 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 2 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5

Раздел 5. Доказательный вычислительный эксперимент в исследовании краевых задач и задач управления для линейных систем

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Правильный и полный ответ на Вопрос 5 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 6 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Задача 7 решена полностью и без ошибок - 5 баллов. Задача решена с незначительными вычислительными погрешностями - 4 балла. Продемонстрирован правильный ход решения задачи 4, но окончательный ответ неверен - 3 балла. Задача 4 не решена - 2 балла.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 4 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 1 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 2 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Правильный и полный ответ на Вопрос 3 оценивается в 5 баллов. Погрешности в ответе могут снизить эту оценку до 2 в зависимости от грубости ошибок.	5
Задача 8 решена полностью и без ошибок - 5 баллов. Задача решена с незначительными вычислительными погрешностями - 4 балла. Продемонстрирован правильный ход решения задачи 4, но окончательный ответ неверен - 3 балла. Задача 4 не решена - 2 балла.	5