

**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

<b>Направления подготовки</b>	01.04.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Информационно-аналитические системы в прогнозировании и управлении социально-экономическим развитием)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	1
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	48
<b>Проведение лекционных занятий</b>	12
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	36
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	96
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	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 (L<sub>2</sub>-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](http://www.elibrary.ru) Литература, доступная в elibrary

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) Литература, доступная в elibrary

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) Литература, доступная в elibrary

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) Литература, доступная в elibrary

[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) Литература, доступная в elibrary

[www.elibrary.ru](http://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](http://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><b>ОПК.3.2</b> 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"><b>Неудовлетворител</b></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"><b>Удовлетворительн</b></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"><b>Хорошо</b></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;"><b>Хорошо</b></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;"><b>Отлично</b></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><b>ОПК.3.3</b> Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Способы формализации цели исследования и методы ее достижения.</li> <li>-Подходы к разработке концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач в классе непрерывных моделей.</li> <li>-Фундаментальные концепции методологического подхода в исследовании социально-экономических объектов и явлений с использованием непрерывных моделей и ограничения таких моделей.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Реализовать математические модели экономических процессов и явлений в классе непрерывных моделей:</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Способы формализации цели исследования и методы ее достижения.</li> <li>-Подходы к разработке концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач в классе непрерывных моделей.</li> <li>-Фундаментальные концепции методологического подхода в исследовании социально-экономических объектов и явлений с использованием непрерывных моделей и ограничения таких моделей.</li> </ul> <p>Не умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-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</li> <li>-Осуществлять концептуальный анализ</li> </ul>

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><b>Неудовлетворител</b></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><b>Удовлетворительн</b></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;"><b>Удовлетворительн</b></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;"><b>Хорошо</b></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;"><b>Хорошо</b></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"> <li>-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</li> <li>-Осуществлять концептуальный анализ прикладных задач, связывать конкретные задачи предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики с использование непрерывных моделей.</li> <li>- Проводить анализ ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач.</li> </ul> <p>В целом демонстрирует хорошее владение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Навыками самосовершенствования на основе современных образовательных технологий и методами моделирования задач прикладного анализа;</li> <li>-Методами разработки концептуальных и теоретических моделей в экономике в классе непрерывных моделей.</li> <li>-Основополагающими методами увязки конкретных задач предметной области с теоретическими проблемами прикладной математики и информатики;</li> <li>-Основами методологии научного и системного подхода при изучении социально-экономических объектов и явлений с использование непрерывных моделей.</li> <li>-Навыками анализа ограничений применимости непрерывных моделей для решения различных задач.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Высокий уровень знания :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Способов формализации цели исследования</li> </ul>

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

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

## 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><b>ПК.5.2</b> 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"><b>Неудовлетворител</b></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"><b>Удовлетворительн</b></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;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>проведения научных и прикладных исследований с использованием основных классов непрерывных математических моделей.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></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;"><b>Отлично</b></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>

<b>Индикатор</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b>

## 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
<b>Входной контроль</b>	Входной контроль <b>Входное тестирование</b>	Знания, полученные студентами в ходе изучения дисциплин математика, математический анализ, линейная алгебра), теория вероятностей и математическая статистика, эконометрика.
<b>ОПК.3.2</b> Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности <b>ОПК.3.3</b> Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности <b>ПК.5.2</b> 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 <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	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><b>ОПК.3.2</b> Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК.3.3</b> Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p><b>ПК.5.2</b> Осуществляет теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений по тематике исследования</p>	<p>Раздел 2. Краевые задачи, условия разрешимости, представление решений</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></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><b>ОПК.3.2</b> Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК.3.3</b> Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p><b>ПК.5.2</b> 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 (L<sub>2</sub>-управление, кусочно постоянное управление, импульсное управление, смешанное управление)</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></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 L<sub>2</sub>-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><b>ОПК.3.2</b> Адаптирует существующую или самостоятельно предлагает новую математическую модель для решения задачи в области профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК.3.3</b> Проводит анализ ограничений применимости математической модели для решения конкретной задачи в области профессиональной деятельности</p> <p><b>ПК.5.2</b> 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><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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 (L<sub>2</sub> -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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
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