

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра информационных систем и математических методов в экономике

**Авторы-составители: Фролова Наталья Владимировна
Васёва Галина Сергеевна
Ильин Иван Вадимович
Максимов Владимир Петрович**

**Рабочая программа дисциплины
ТЕОРИЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
Код УМК 97096**

**Утверждено
Протокол №8
от «17» апреля 2024 г.**

Пермь, 2024

1. Наименование дисциплины

Теория оптимального управления

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление подготовки: **01.03.02** Прикладная математика и информатика

направленность Анализ данных и искусственный интеллект в цифровой экономике

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Теория оптимального управления** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность : Анализ данных и искусственный интеллект в цифровой экономике)

ОПК.1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности

Индикаторы

ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук

ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика (направленность: Анализ данных и искусственный интеллект в цифровой экономике)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	14
Проведение практических занятий, семинаров	14
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Входной контроль

Дается краткий исторический обзор задач оптимизации с примерами типичных задач вариационного исчисления и оптимального управления: древнейшие задачи(изопериметрические), задача о брахистохроне и др.

Тема 2. Задачи вариационного исчисления

Рассматривается простейшая задача вариационного исчисления. На основе метода вариаций дается вывод уравнения Эйлера. Обсуждаются примеры применения уравнения Эйлера к исследованию конкретных модельных задач.

Тема 3. Принцип максимума Понтрягина

Для задачи оптимального управления со свободным правым концом траектории формулируются необходимые условия оптимальности в форме принципа максимума Л.С. Понтрягина. Рассматривается в качестве примера задача о максимизации интегрального потребления для однопродуктовой экономической модели.

Тема 4. Достаточные условия оптимальности

Формулируются и доказываются теоремы о достаточных условиях оптимальности в форме теорем В.Ф. Кротова. Рассматриваются иллюстрирующие примеры.

Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели

Рассматривается задача о максимизации интегрального среднедушевого дисконтированного потребления для макроэкономической модели с производственной функцией Кобба-Дугласа. Исследование основано на применении Основной теоремы о достаточных условиях оптимальности.

Тема 6. Задачи оптимального управления для процессов с дискретным временем

Для случая дискретного времени формулируются и обсуждаются варианты теорем о достаточных условиях оптимальности, являющиеся аналогами таких теорем для случая непрерывного времени.

Тема 7. Метод Гамильтона-Беллмана

Рассматривается задача синтеза позиционного управления по принципу обратной связи. Выводятся основные соотношения метода Гамильтона-Беллмана для непрерывного и дискретного времени.

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 аудиторные 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. Лутманов С. В., Остапенко Е. Н. Оптимальное управление динамическими объектами: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Механика и математическое моделирование»/С. В. Лутманов, Е. Н. Остапенко.-Пермь:ПГНИУ, 2022, ISBN 978-5-7944-3896-3.-163. <https://elis.psu.ru/node/643139>
2. 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>
3. 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>
4. Симонов П. М. Экономико-математическое моделирование. учебное пособие Ч. 1/П. М. Симонов ; М-во науки и высш. образования РФ, Пермский государственный национальный исследовательский университет.-Пермь:ПГНИУ, 2019, ISBN 978-5-7944-3378-4.-230.-Библиогр. в конце глав <https://elis.psu.ru/node/601183>
5. 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>

Дополнительная:

1. Теория оптимального управления: программа курса, варианты индивидуальных заданий, вопросы к итоговому экзамену/сост. В. П. Максимов.-Пермь, 2001.-44.
2. Теория оптимального управления : учебное пособие / И. П. Болодурина, Т. А. Огурцова, О. С. Арапова, Ю. П. Иванова. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 147 с. — ISBN 978-5-7410-1505-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/69954.html>
3. Лагоша Б. А., Апалькова Т. Г. Оптимальное управление в экономике: теория и приложения: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 080116 "Математические методы в экономике" и другим экономическим специальностям/Б. А. Лагоша, Т. Г. Апалькова.-Москва: Финансы и статистика, 2008, ISBN 978-5-279-03183-2.-224.-Библиогр.: с. 201
4. Оптимальное управление/Э. М. Галеев [и др.] ; под ред.: Н. П. Осмоловского, В. М. Тихомирова.-Москва: Изд-во МЦНМО, 2008, ISBN 978-5-94057-367-8.-320.-Библиогр.: с. 311-312. - Предм. указ.: 319-320
5. Лагоша, Б. А. Оптимальное управление в экономике : учебное пособие / Б. А. Лагоша. — Москва : Евразийский открытый институт, Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. — 133 с. — ISBN 5-7764-0392-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/10731>

6. Симонов П. М. Экономико-математическое моделирование. учебное пособие Ч. 1/П. М. Симонов ; М-во науки и высш. образования РФ, Пермский государственный национальный исследовательский университет.-Пермь:ПГНИУ,2019, ISBN 978-5-7944-3378-4.-230.-Библиогр. в конце глав
<https://elis.psu.ru/node/601183>

7. Лагоша Б. А. Оптимальное управление в экономике:учебник для вузов/Б. А. Лагоша.- Москва:Финансы и статистика,2003, ISBN 5-279-02575-5.-192.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

https://books.google.ru/books?id=7Q_8AgAAQBAJ&pg=PA11&lpg=PA11&dq=%D0%92%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5+%D0%B2+%D1%8D%D0%BA%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1 Введение в экстремальные задачи

<http://mathhelpplanet.com/static.php?p=primery-variatsionnyh-zadach> Задачи вариационного исчисления

<https://www.youtube.com/watch?v=VQeHHI5raiw> Принцип максимума Понтрягина

http://edu.alnam.ru/book_v_tau2.php?id=88 Достаточные условия оптимальности

http://asu.ugatu.ac.ru/library/146/kniga___optimal_noe_upravlenie_v_ekonomike__avtor__b.a._lagosh Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B Задачи оптимального управления для процессов с дискретным временем

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%93%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%B0_%E2%80%94_%D0%AF%D0%BA%D0%BE%D0%B1%D0%B8_%E2%80%94_%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%BC%D0%B0%D0% Метод Гамильтона □ Беллмана

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

Образовательный процесс по дисциплине **Теория оптимального управления** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- 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. ПО Maplesoft Maple 26.12.21 (Система компьютерной алгебры MAPLE),
2. ПО Maplesoft Maple 15 26.12.21,
3. ПО Maple V Release 4 (свободное ПО),
4. Форсайт. Аналитическая платформа (свободное ПО).

Интернет-сервисы и электронные ресурсы:

http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2007/k_Gromov4.pdf;

<http://www.zyev.science/seminar/control.pdf>;

<http://www.apmath.spbu.ru/staff/nogin/publ/publ5.pdf>

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 "Теория оптимального управления" 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 и лабораторных работ требуется компьютерный класс с соответствующим программным обеспечением. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса, а так же помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

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

Индивидуальные и групповые консультации - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, 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
Теория оптимального управления**

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

ОПК.1

Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук	Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук при решении прикладных экстремальных задач и задач оптимального управления. Знает постановки основных экстремальных задач и подходов к их исследованию на основе метода вариаций. Умеет применять необходимые условия оптимальности, достаточные условия оптимальности при решении типовых задач на экстремум с ограничениями. Владеет навыками и приемами решения задач оптимизации с использованием стандартных методов, а также навыками использования компьютерного инструментария.	Неудовлетворител Демонстрирует недостаточный уровень способности к использованию опыта решения стандартных задач оптимизации. Испытывает явные и принципиальные затруднения при попытке решения стандартной типовой задачи на экстремум. В целом не готов к использованию опыта решения стандартных задач, не имеет такого опыта. Уровень достижения компетенции не позволяет продолжать обучение. Удовлетворительн Демонстрирует на необходимом уровне способность к использованию опыта решения стандартных задач оптимизации. В целом готов к использованию опыта решения стандартных задач оптимизации. Уровень достижения компетенции позволяет продолжать обучение. Хорошо Демонстрирует способность к использованию опыта решения стандартных задач оптимизации и допустимых решений для достижения заданных целевых показателей. Уверенно использует и при необходимости может расширять опыт решения задач оптимизации. Уровень достижения компетенции достаточен для успешного продолжения обучения Отлично Демонстрирует в полной мере способность к

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично использованию опыта решения стандартных задач оптимизации и допустимых решений для достижения заданных целевых показателей. Уверенно, безошибочно и профессионально использует опыт решения стандартных задач оптимизации и при необходимости модифицирует существующие методы при исследовании актуальных прикладных задач экономики. Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.
ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук	Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук при решении задач оптимального управления и вариационных задач. Знает постановки основных типовых задач оптимизации, основные подходы к их исследованию на основе общего метода вариаций. Умеет применять базовые понятия, основные положения и основную терминологию при решении прикладных задач оптимизации с учетом особенностей задач экономической динамики. Владеет основными приемами и навыками решения типовых задач оптимального управления в классах программных и позиционных управлений.	Неудовлетворител Демонстрирует недостаточный уровень способности к применению базовых понятий, терминологии и основных положений математического анализа при решении задач оптимального управления. Испытывает явные и принципиальные затруднения при попытке применения базовых положений теории оптимального управления при решении типовых задач. В целом не готов к применению основных положений и концепций в области математических и естественных наук при решении задач оптимального управления и вариационных задач. Уровень достижения компетенции не позволяет продолжать обучение. Удовлетворительн Демонстрирует удовлетворительный уровень способности к применению базовых понятий, терминологии и основных положений математического анализа при решении задач оптимального управления. Испытывает некоторые затруднения при попытке применения базовых положений теории оптимального управления при решении типовых задач. В целом готов к применению основных положений и концепций в области математических и естественных наук при

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Удовлетворительн решении задач оптимального управления и вариационных задач. Уровень достижения компетенции позволяет продолжать обучение. Хорошо Демонстрирует уверенную способность к применению базовых понятий, терминологии и основных положений математического анализа при решении задач оптимального управления. Не испытывает видимых затруднений при попытке применения базовых положений теории оптимального управления при решении типовых задач. В целом готов к уверенному применению основных положений и концепций в области математических и естественных наук при решении задач оптимального управления и вариационных задач. Уровень достижения компетенции позволяет успешно продолжать обучение. Отлично Демонстрирует явную способность к применению базовых понятий, терминологии и основных положений математического анализа при решении задач оптимального управления. Показывает полную готовность к применению базовых положений теории оптимального управления при решении типовых задач и способность к модификаций известных методов и положений. В целом готов к уверенному безошибочному и профессиональному применению основных положений и концепций в области математических и естественных наук при решении задач оптимального управления и вариационных задач. Уровень достижения компетенции близок к наивысшему.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

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 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Входной контроль Входное тестирование	Владение основными определениями и понятиями теории задач на экстремум и линейной алгебры в рамках общего курса высшей математики.
ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук	Тема 2. Задачи вариационного исчисления Письменное контрольное мероприятие	Понимание существа предлагаемой вариационной задачи. Умение поставить в соответствие краевую задачу Эйлера. Навыки решения уравнения Эйлера. Правильная реализация методики решения.
ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук	Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели Письменное контрольное мероприятие	Правильное понимание постановки задачи. Представление об основных этапах исследования. Реализация метода решения с выполнением всех вычислительных процедур. Запись полного ответа с приведением графиков оптимального управления и оптимальной траектории.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.3 Использует практический опыт решения стандартных задач математических и (или) естественных наук ОПК.1.1 Применяет базовые понятия, основную терминологию и знания основных положений и концепций в области математических и естественных наук	Тема 7. Метод Гамильтона-Беллмана Итоговое контрольное мероприятие	Общее владение теоретическим материалом в пределах списка вопросов к экзамену. Уровень ответа на два вопроса из экзаменационного билета.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Тема 1. Введение в экстремальные задачи. Входной контроль

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

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

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

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Даны правильные ответы на 8 из 10 предлагаемых вопросов.	8
Даны правильные ответы на 6 из 10 предлагаемых вопросов.	6
Даны правильные ответы на 5 из 10 предлагаемых вопросов.	5

Тема 2. Задачи вариационного исчисления

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Предлагаемая задача решена правильно и полностью. Допускаются мелкие неточности в изложении решения задачи.	28
Предлагаемая задача решена с незначительным числом погрешностей. Изложение ответа содержит изъяны непринципиального характера.	20
Предлагаемая задача решена с погрешностями. Пропущены некоторые этапы исследования. Ответ не является полным.	15
Задача не решена (решение не доведено до конца). Основные этапы решения выполнены с принципиальными ошибками.	14

Тема 5. Задача оптимального управления для нелинейной макроэкономической модели

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

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

Максимальный балл, выставяемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Продемонстрировано правильное понимание постановки задачи. Дано правильное представление об основных этапах исследования. Метод решения реализован полностью с выполнением всех вычислительных процедур. Дана запись полного ответа с приведением графиков оптимального управления и оптимальной траектории.	28
Продемонстрировано в целом правильное понимание постановки задачи. Дано в целом правильное представление об основных этапах исследования. Метод решения реализован полностью с выполнением всех вычислительных процедур, допущены некоторые неточности непринципиального плана. Дана запись полного ответа с приведением графиков оптимального управления и оптимальной траектории.	20
Продемонстрировано понимание общей постановки задачи при погрешностях в некоторых деталях. Представление об основных этапах исследования не препятствует попытке решить задачу. Метод решения в основном реализован, допущены погрешности вычислительного плана. Ответ дан с допустимыми погрешностями в интерпретации результата.	15
Продемонстрировано отсутствие понимания общей постановки задачи при погрешностях в основных деталях. Неполное представление об основных этапах исследования препятствует попытке решить задачу. Метод решения не реализован.	14

Тема 7. Метод Гамильтона-Беллмана

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

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Правильный и полный ответ на оба вопроса билета. Правильные ответы на дополнительные вопросы.	35
Правильные ответы на оба вопроса билета. Допускаются незначительные погрешности. Часть дополнительных вопросов вызывает затруднения при ответе.	28
Ответы на оба вопроса даны, при этом допущены существенные погрешности в терминологии и по существу. Дополнительные вопросы вызывают затруднения.	20
Нет ответа на один из вопросов или ответы на оба вопроса демонстрируют недопустимо низкий уровень понимания.	19