

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау  
А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Теория и практика оптимального управления
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра инновационных образовательных технологий
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 210 всего, в том числе:

- лекции: 90 час.
- семинары: 60 час.
- лабораторные занятия: 60 час.

Самостоятельная работа: 255 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 495, всего зач. ед.: 11

Программу составил: М.Г. Машкова, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры инновационных образовательных технологий 13.05.2025

## Аннотация

Дисциплина «Теория и практика оптимального управления» закладывает основы для формирования знаний о инструментарии теории оптимального управления. В курс «Теория и практика оптимального управления» включаются фундаментальные результаты по двум основным направлениям современной теории оптимального управления. Первое из них составляют теоретические утверждения и методы исследования, в основе которых находится принцип максимума Понтрягина. Второе направление содержит подробное изложение метода динамического программирования, основанного на принципе оптимальности Беллмана. При этом значительное внимание уделяется алгоритмическому содержанию практических результатов и изложению методов аналитического и численного исследования соответствующих задач оптимального управления.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Раскрытие математических методов оптимального управления динамическими экономическими процессами непрерывной и дискретной природы. Изучаются разные математические модели и методы применения этих моделей в решении задач на всем жизненном цикле проектов.

#### Задачи дисциплины

- знакомство с современным состоянием теории линейных управляемых систем с быстрыми и медленными переменными, основными понятиями и теоремами;
- выработка навыков применения полученных теоретических знаний к решению практических задач из различных проектов
- приобретение навыков в области математического аппарата теории оптимального управления, основам моделирования экономических процессов проекта как в постановке динамических-непрерывных, так и дискретных процессах

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.1 Организует и координирует работу участников проекта, способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов
	УК-3.2 Учитывает в своей социальной и профессиональной деятельности интересы, особенности поведения и мнения (включая критические) людей, с которыми работает/взаимодействует, в том числе посредством корректировки своих действий
	УК-3.3 Способен предвидеть результаты (последствия) как личных, так и коллективных действий

	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- различные варианты формулировок принципа оптимальности;
- алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов проекта и его численную реализацию;
- математическую постановку задачи оптимального управления с дискретным временем;
- значение принципа максимума в теории оптимального управления.

уметь:

- пользоваться обширным справочным материалом по методам, приборам и датчикам для измерений теплофизических параметров, микроскопического и спектроскопического анализа состава и свойств поверхности наноматериалов, для использования их в конкретных экспериментальных условиях;
- планировать измерительный эксперимент так, чтобы точность измерений соответствовала поставленной цели,
- учитывать возможность систематических ошибок и принимать меры к их устранению, анализировать результаты измерений и делать правильные выводы.

владеть:

- реализацией общего алгоритма решения задачи оптимального распределения ресурсов

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основы моделирования экономических процессов.	15	10	10	40
2	Достаточные условия оптимальности	15	10	10	40
3	Задачи оптимального управления	15	10	10	40
4	Метод Лагранжа-Понtryгина	15	10	10	45
5	Метод Гамильтона-Якоби-Белмана (динамическое программирование)	15	10	10	45
6	Итоговое занятие	15	10	10	45
Итого часов		90	60	60	255
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		495 час., 11 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Основы моделирования экономических процессов.

Математический аппарат теории оптимального управления. Система, модель, моделирование. Управление. Обратная связь. Замкнутая система. Экономическая система как объект управления. Оптимизационные модели экономической динамики. Типичные ошибки планирования и их последствия.

## 2. Достаточные условия оптимальности

Вспомогательные математические конструкции. Достаточное условие оптимальности для непрерывных и многошаговых процессов. Обобщенная теорема о достаточных условиях оптимальности. Применение достаточных условий оптимальности к решению задач. Взаимосвязь уровней планирования

## 3. Задачи оптимального управления

Содержательная постановка задачи оптимального управления.

Содержательная постановка задачи оптимального управления. Постановка задачи. Определения и соглашения:

Задача синтеза оптимальных управлений. Доказательство принципа максимума для линейной задачи быстрогодействия.

Семестр: 2 (Весенний)

## 4. Метод Лагранжа-Понтрягина

Уравнение для непрерывных управляемых процессов. Принцип максимума Понтрягина. Метод множителей Лагранжа. Правило множителей Лагранжа Условия оптимальности для многошаговых процессов с неограниченным управлением. Условия оптимальности для многошаговых процессов с при наличии ограничений на управление. Оптимальное управление движущимся объектом. Календарное планирование поставки. Оптимальное планирование поставки. Оптимальное потребление в макроэкономической модели. Возможности изменения базового плана.

## 5. Метод Гамильтона-Якоби-Белмана (динамическое программирование)

Идея и основные элементы. Алгоритм ГЯБ. Метод ГЯБ многошаговый вариант. Оптимальное распределение инвестиций между проектами методом динамического программирования. Сравнительный анализ методов ЛП и ГЯБ. План управления поставками. План управления человеческими ресурсами. План управления качеством.

## 6. Итоговое занятие

Подведение итогов семестра.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Стандартная учебная аудитория, оснащенная оборудованием для проведения презентаций. Доступ к электронным учебным материалам посредством ресурсов поддержки электронного обучения ЦДПО МФТИ и партнерских образовательных площадок. Форматы представления электронных учебных материалов: в виде массовых онлайн курсов (МООС) в системе дистанционного обучения провайдера массовых открытых онлайн курсов. Слушателю необходимо наличие доступа в сеть интернет, компьютер.

Преподавателю курса необходимо наличие доступа администратора курса на LMS-платформе к материалам курса.

## 6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Толпегин, О. А. Методы оптимального управления : учебник и практикум для вузов / О. А. Толпегин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 234 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13534-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/>

#### Дополнительная литература

1. Гнатюк, В. И. Оптимальное управление крупным инфраструктурным объектом (организацией, предприятием, фирмой) методами рангового анализа : учебное пособие : [16+] / В. И. Гнатюк. — 2-е изд., стер. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. — 291 с. : ил., схем., табл.
2. Специальные разделы теории управления: оптимальное управление динамическими системами : учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, В. В. Алексеев [и др.] ; Тамбовский государственный технический университет. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2012. — 108 с. : ил., табл., схем.
3. Тихомиров, В. М. Оптимальное управление : учебное пособие : [16+] / В. М. Тихомиров, В. М. Алексеев, С. В. Фомин. — Москва : Физматлит, 2007. — 192 с.
4. Гнатюк, В. И. Оптимальное управление крупным инфраструктурным объектом (организацией, предприятием, фирмой) методами рангового анализа : учебное пособие : [16+] / В. И. Гнатюк. — 2-е изд., стер. — Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2019. — 291 с. : ил., схем., табл.
5. Лагоша, Б. А. Оптимальное управление в экономике : учебное пособие / Б. А. Лагоша. — Москва : Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2004. — 133 с.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Технологии анализа данных <https://basegroup.ru/>  
Общероссийский портал math-net <http://www.mathnet.ru/>  
Project management institute <https://www.pmi.org/>  
Управление производством <http://www.up-pro.ru>  
RUSBASE <https://rb.ru>  
<http://mcsme.ru/> - сайт Московского центра непрерывного математического образования

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На занятиях могут использоваться мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентации.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;

– подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра инновационных образовательных технологий
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** М.Г. Машкова, доцент



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.1 Организует и координирует работу участников проекта, способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов
	УК-3.2 Учитывает в своей социальной и профессиональной деятельности интересы, особенности поведения и мнения (включая критические) людей, с которыми работает/взаимодействует, в том числе посредством корректировки своих действий
	УК-3.3 Способен предвидеть результаты (последствия) как личных, так и коллективных действий
	УК-3.4 Способен планировать командную работу, распределять поручения членам команды, организовать обсуждение разных идей и мнений
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-5 Способен и готов к повышению квалификации, профессиональному росту и руководству коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	ОПК-5.1 Способен работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
	ОПК-5.2 Владеет навыком руководства малым коллективом в сфере своей профессиональной деятельности
	ОПК-5.3 Стремится к получению новых знаний, профессиональному и личностному росту
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Теория и практика оптимального управления» обучающийся должен:

### знать:

- различные варианты формулировок принципа оптимальности;
- алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов проекта и его численную реализацию;
- математическую постановку задачи оптимального управления с дискретным временем;
- значение принципа максимума в теории оптимального управления.

### уметь:

- пользоваться обширным справочным материалом по методам, приборам и датчикам для измерений теплофизических параметров, микроскопического и спектроскопического анализа состава и свойств поверхности наноматериалов, для использования их в конкретных экспериментальных условиях;
- планировать измерительный эксперимент так, чтобы точность измерений соответствовала поставленной цели,
- учитывать возможность систематических ошибок и принимать меры к их устранению, анализировать результаты измерений и делать правильные выводы.

### владеть:

- реализацией общего алгоритма решения задачи оптимального распределения ресурсов

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущая аттестация по дисциплине «Теория и практика оптимального управления» осуществляется в форме коротких самостоятельных проверочных работ, проводимых в конце изучения каждой темы.

Примеры самостоятельных проверочных работ текущего контроля

1 семестр, осенний, 1 курс магистратуры:

1. Постановка задачи оптимального управления как экстремальной задачи с ограничениями
2. Основные особенности задачи ОУ, порожденные объективными причинами.

3. Общая постановка задачи ОУ с непрерывным временем.

4. Общая постановка задачи ОУ с дискретным временем.

5. Принцип оптимальности Беллмана.

2 семестр, весенний, 1 курс магистратуры

1. Различные варианты формулировок принципа оптимальности.

2. Метод динамического программирования как общий метод решения задач оптимизации.

3. Основное содержание метода динамического программирования.

4. Задача оптимального распределения ресурсов (классическая экономическая проблема).

5. Алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов проекта и его численную реализацию

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень типовых вопросов 9 семестр (дифференцированный зачет):

1. Решение задачи оптимального распределения ресурсов на основе метода динамического программирования.

2. Определение (формальное) функции Беллмана задачи распределения ресурсов и ее особенности.

3. Алгоритм решения задачи оптимального распределения ресурсов и его численная реализация.

4. Задача оптимального распределения с двумя видами ресурсов.

5. Решение задачи ОУ с дискретным временем методом динамического программирования.

6. Основная теорема для задачи ОУ с дискретным временем: выполнение уравнений Беллмана и достаточные условия оптимальности.

7. Алгоритм решения задачи ОУ с дискретным временем и его численная реализация.

8. Рассмотрение семейства задач ОУ, зависящих от начального момента времени  $0 \leq t \leq T$  и начального состояния (начала траектории)  $x(0) = x_0$

9. Связь принципа максимума и общего принципа Лагранжа.

10. Общая система соотношений, используемых для решения рассматриваемой задачи ОУ, состоящая из необходимых условий, входящих в принцип максимума, и ограничений исходной задачи.

11. Анализ уравнения Беллмана в задачах с непрерывным временем.

12. Метод игольчатых вариаций Вейерштрасса (описание метода и его использование).

Примеры билетов (9 семестр):

Билет №1.

1. Условия выпуклости и вогнутости функции нескольких вещественных переменных. Представление простейшей задачи КВИ в виде задачи ОУ.

2. Уравнение Эйлера и условие Вейерштрасса как следствия из условий в форме принципа максимума.

Билет №2.

1. Постановка задачи ОУ с дискретным временем при наличии дополнительных фазовых ограничений.

2. Условия гладкости и выпуклости отображений, входящих в определение исходной задачи.

Перечень типовых вопросов 10 семестра (экзамен):

## Критерии оценивания

Оценка «отлично (10)» – заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материала, чей ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, а изложение материала в нем последовательно и логично;

Оценка «отлично (9)» – заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, чей ответ отличается точностью использованных терминов, а изложение материала в нем последовательно и логично;

Оценка «отлично (8)» – заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

Оценка «хорошо (7)» – заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению;

Оценка «хорошо (6)» – заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, отличавшийся достаточной активностью на занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы;

Оценка «хорошо (5)» – заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на зачете, но обладающий необходимыми знаниями для самостоятельного устранения допущенных погрешностей;

Оценка «удовлетворительно (4)» – заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе на зачете, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей;

Оценка «удовлетворительно (3)» – заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе на зачете, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей;

Оценка «неудовлетворительно (2)» – выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившему самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, допускающему существенные ошибки при ответе, и не способному продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине;

Оценка «неудовлетворительно (1)» – нет ответа (отказ от ответа) или представленный ответ полностью не соответствует существу содержащихся в задании вопросов.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория и практика оптимального управления» осуществляется в форме дифференцированного зачета в 9-м семестре и в форме экзамена в 10-м семестре. Дифференцированный зачет проводится в устной форме по билетам. Экзамен проводится в устной форме по билетам. При проведении дифференцированного зачёта и экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.

Перечень типовых вопросов 10 семестра (экзамен):

1. Постановка классической задачи ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории.
2. Теорема о достаточных условиях оптимальности в форме условий на функции Кротова
3. Принцип максимума в задачах ОУ с дискретным временем.
4. Постановка задачи ОУ с дискретным временем при наличии дополнительных фазовых ограничений.
5. Классическая задача ОУ с фиксированными концами интервала времени, закрепленным левым и свободным правым концами траектории.
6. Принцип максимума как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ.
7. Принцип максимума как достаточное условие оптимальности в некоторых специальных задачах ОУ.
8. Алгоритмическое описание последовательности действий при исследовании общей системы соотношений с целью определения неизвестных параметров.
9. Формулировка основной теоремы о необходимых условиях экстремума в форме принципа максимума.
10. Составление и анализ общей системы соотношений для определения неизвестных параметров в рассматриваемой задаче ОУ, состоящей из необходимых условий и ограничений исходной задачи.

Примеры экзаменационных билетов 2 семестра (экзамен):

Билет №1.

### Задание 1

Определить оптимальное управление с обратной связью

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = u - 1, \quad |u| \leq 2;$$

### Задание 2

Определить управление с обратной связью

$$\dot{x} = (2e^{-t} - 1)x + u, \quad x(0) = x^0, \quad J = \int_0^{10} (x^2 + 2u^2) dt \rightarrow \min_u;$$

Билет №2.

### Задание 1

Синтезировать наблюдатель для следующих управляемых систем

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_1 + 2x_2 + x_3, \\ \dot{x}_2 &= -2x_1 + x_2, \\ \dot{x}_3 &= x_1 + 2x_2 + 3x_3 + u, \\ y &= x_1;\end{aligned}$$

### Задание 2

Определить матрицу коэффициентов усиления наблюдателя полного порядка

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= x_3, \\ \dot{x}_3 &= -x_1 - x_2 - x_3 + u, \\ y &= x_1;\end{aligned}$$