

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Теория оптимального управления»

### **Специальность**

«14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Системы контроля и управления атомных станций»

### **Квалификация выпускника**

Инженер-физик

### **Форма обучения**

Очная

## Цель освоения учебной дисциплины

Цель преподавания дисциплины: ознакомление с общими методами оптимизации; изучение методов теории оптимального управления; привитие студентам навыков в постановке задач оптимального управления и выбора методов решения задач оптимального управления.

Предметом учебной дисциплины «Теория оптимального управления» является изучение теории оптимального управления и приобретение практических навыков ее реализации.

Задачи изучения дисциплины:

1. Освоение основных понятий теории оптимального управления и методов описания динамических систем,
2. Освоение методов решения задач на поиск условного экстремума,
3. Получение практических навыков и умений применения принципа максимума в системах управления,
4. Получение практических навыков и умений применения методов динамического программирования,
5. Получение практических навыков и умений численных методов для решения задач управления.

Дисциплина изучается в соответствии с профессиональными стандартами:

24.009. Специалист по управлению проектами и программами в области производства электроэнергии атомными электростанциями

24.062 Инженер-проектировщик по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии.

## Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Знания, умения и навыки, приобретенные студентами в процессе изучения дисциплины, в дальнейшем используются во время изучения дисциплин «Основы научных исследований», «Теория оптимального проектирования», «Организация, управление и планирование производства», «Системы управления», прохождения производственной практики (научно-исследовательской работы) и производственной преддипломной практики, а также при итоговой аттестации при работе над выпускной квалификационной работой.

После изучения данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать следующие трудовые функции:

- В/03.7. Управление ресурсами проекта (Профессиональный стандарт «24.009. Специалист по управлению проектами и программами в области производства электроэнергии атомными электростанциями»);

- В/04.7. Техничко-экономическое обоснование проектных решений по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии (Профессиональный стандарт «24.062. Инженер-проектировщик по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии»).

## Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Универсальные

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УКЕ-1	Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального	З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические

	тального исследования в поставленных задачах	методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами
УКЦ-1	Способен в цифровой среде использовать различные цифровые средства, позволяющие во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей	3-УКЦ-1 Знать: современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также основные приемы и нормы социального взаимодействия и технологии межличностной и групповой коммуникации с использованием дистанционных технологий У-УКЦ-1 Уметь: выбирать современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе и применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды с использованием дистанционных технологий В-УКЦ-1 Владеть: навыками применения современных информационных технологий и цифровых средств коммуникации, в том числе отечественного производства, а также методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде с использованием дистанционных технологий

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Проведение предварительного технико-экономического обоснования при проектировании ядерных энергетических установок, их основного оборудования, технологических систем, систем контроля и управления.	Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	ПК-7 Способен к проведению предварительных технико-экономических расчетов в области проектирования ядерных энергетических установок	З-ПК-7 знать методы технико-экономических расчетов; У-ПК-7 уметь проводить технико-экономические расчеты в области проектирования ядерных энергетических установок; В-ПК-7 владеть современными пакетами прикладных компьютерных программ для технико-экономических расчетов.

### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспита- тельного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разно- плановую внеучебную деятельность
<p><b>Профессио- нальное воспи- тание</b></p>	<p>- формирование спо- собности и стремле- ния следовать в про- фессии нормам по- ведения, обеспечи- вающим нравствен- ный характер трудо- вой деятельности и неслужебного пове- дения <b>(В21)</b></p>	<p>1.Использование воспита- тельного потенциала дис- циплин профессионально- го модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и ли- дерства, творческого ин- женерного мышления, стремления следовать в профессиональной дея- тельности нормам поведе- ния, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за приня- тые решения через подго- товку групповых курсо- вых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспита- тельного потенциала дис- циплин профессионально- го модуля для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования произ- водственного коллекти- визма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепле- ние рационально- технологических навыков взаимодействия в проект- ной деятельности эмоцио- нальным эффектом успешного взаимодей- ствия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентност- ными и эмоциональными свойствами членов про- ектной группы.</li> </ul>	<p>1. Организация научного подхода и чувства «Все в одной команде» через участие студентов в проведе- нии круглых столов и семинаров.</p> <p>2. Формирование вертикальных связей и формальных правил жизни при проведении студенческих конкур- сов</p>

## Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 8-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 ак. часа.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	1	Общая теория оптимального управления.	6	4		6	4	КЛ1	30
	2	Методы построения оптимальных систем управления.	6	10		-	8		
	3	Метод неопределенных множителей Лагранжа.	12	6		4	4		
2	4	Принцип максимума Л.С. Понтрягина.	14	6		4	2	КЛ2	30
	5	Метод динамического программирования	14	4		4	4		
	6	Численные методы решения задач оптимального управления.	14	2		-	2		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>72/16</b>	<b>32</b>		<b>16/16</b>	<b>24</b>	<b>Зачет</b>	<b>40</b>

### Содержание лекционного курса

Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
Лекция 1. Введение в дисциплину. Общая характеристика задачи оптимального управления и ее математическая модель. Задачи управления. Классификация методов теории оптимальных процессов. Необходимые условия оптимальности управления, достаточные условия оптимальности и проблема существования оптимального управления.	4	[1-8]
Лекция 2. Общая характеристика результатов, которые могут быть получены методами теории оптимального управления. Условие рационального применения методов оптимизации.		
Лекция 3. Математические модели. Переменные состояния (фазовые координаты) управляемого процесса. Управление. Эволюция состояния системы. Дифференциальные уравнения движения.	10	[1-8]
Лекция 4. Критерий качества управления. Автономные систе-		

мы. Допустимое программное управление. Допустимый закон управления. Допустимые траектории и процессы. Лекция 5. Граничные условия. Краевая задача. Лекция 6. Основная задача оптимального координатного управления. Оптимальные траектории. Свойства оптимальных управлений и оптимальных траекторий. Лекция 7. Геометрическая интерпретация основной задачи оптимального управления.		
Лекция 8. Общая задача математического программирования. Лекция 9. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Лекция 10. Применение метода неопределенных множителей Лагранжа при поиске оптимальных законов управления.	6	[1-8]
Лекция 11. Необходимые условия оптимальности для основной задачи программного управления. Краткая формулировка задачи. Лекция 12. Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Некоторые следствия принципа максимума. Применение принципа максимума для нелинейных систем. Условия трансверсальности при различных режимах на концах оптимальной траектории. Лекция 13. Применение принципа максимума для решения задачи с квадратичным функционалом. Применение принципа максимума для решения дискретных задач	6	[1-8]
Лекция 14. Задача синтеза оптимального закона управления. Принцип оптимальности динамического программирования. Сводка общих процедур метода динамического программирования для вычисления оптимального закона управления. Лекция 15. Применение динамического программирования для линейных систем с квадратичным функционалом. Применение динамического программирования для нелинейных систем. Применение динамического программирования для решения дискретных задач	4	[1-8]
Лекция 16. Численные методы решения задач оптимального управления. Метод локальных вариаций. Метод вариаций в пространстве управлений	2	[1-8]

### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, обрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Исследование устойчивости линейной стационарной системы	2	[1-8]
Исследование частотных характеристик типовых динамических звеньев	2	[1-8]
Исследование замкнутых систем автоматического регулирования	2	[1-8]
Построение систем оптимального управления с помощью множителей Лагранжа	4	[1-8]
Построение систем оптимального управления с помощью принципа максимума	4	[1-8]
Построение систем оптимального управления с помощью метода динамического программирования	4	[1-8]

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
<p>Факты из линейного функционального анализа (теорема Хана—Банаха об отделимости выпуклых множеств, лемма о нетривиальности аннулятора у собственного подпространства, теорема Дубовицкого—Милютина о непересечении выпуклых конусов, теорема Банаха об открытом отображении и оценка прообраза через норму образа, лемма о замкнутости образа составного линейного оператора, лемма об аннуляторе ядра линейного сюръективного оператора). Дифференцирование отображений нормированных пространств: производные по направлению, по Гато, по Фреше. Теорема о конечном приращении (о среднем). Оператор Немыцкого и его производная. Уравнение в вариациях для ОДУ.</p>	4	[1-8]
<p>Теорема Люстерника об оценке расстояния до множеств уровня оператора и теорема о касательном подпространстве к множеству уровня. Условие регулярности оператора в данной точке: сюръективность производной. Общая задача на экстремум с ограничениями в банаховом пространстве с ограничениями равенства и неравенства. Необходимые условия первого порядка для локального минимума (схема Дубовицкого—Милютина).</p>	8	[1-8]
<p>Правило множителей Лагранжа. Активные индексы и условия дополняющей нежесткости. Единственность множителей Лагранжа в случае невырожденных ограничений равенства. Симметричность необходимых условий минимума относительно перестановки целевого функционала и любого активного ограничения неравенства. Задача на минимакс и ее сведение к гладкой задаче с ограничениями неравенства. Конус критических вариаций в гладкой задаче с ограничениями равенства и неравенства. Его тривиальность – достаточное условие первого порядка для локального минимума. Мягкие (особые) и жесткие (неособые) неравенства в записи критического конуса. Необходимые и достаточные условия квадратичного («второго») порядка для локального минимума в задаче с ограничениями равенства и неравенства.</p>	4	[1-8]
<p>Вопрос о знакоопределенности второй вариации. Необходимое условие Лежандра. Усиленное условие Лежандра. Теория сопряженных точек и условия Якоби. Критерий управляемости линейной системы на данном отрезке.</p>	2	[1-8]
<p>Каноническая понтрягинская задача оптимального управления. Формулировка принципа максимума Понтрягина. Функция Понтрягина. Доказательство ПМ для случая свободного правого конца. Игольчатые вариации управления. Общая идея решения задач оптимального управления с помощью принципа максимума. Краевая задача принципа максимума. Особые и неособые режимы. Проблема синтеза оптимального управления – построения управления как функции от фазовых переменных (обратная связь)..</p>	4	[1-8]

Принцип максимума в задачах с фазовыми и регулярными смешанными ограничениями. Функции ограниченной вариации и порождаемые ими меры. Линейные функционалы над пространством измеримых ограниченных функций и теорема Иосиды—Хьюитта.	2	[1-8]
--	---	-------

### Образовательные технологии

В соответствии с требованиями образовательного стандарта ВО НИЯУ «МИФИ» по специальности 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг» реализация компетентностного подхода в процессе изучения дисциплины предполагает организацию интерактивных занятий. Интерактивные занятия проводятся в виде практических занятий, во время которых обучающиеся в непосредственном контакте с преподавателем осваивают практические навыки владения методами теории принятия решений при решении профессиональных задач.

При реализации учебного материала курса используются различные образовательные технологии, способствующие созданию атмосферы свободной и творческой дискуссии как между преподавателем и студентами, так и в студенческой группе. Целью при этом является выработка у студентов навыков и компетенций, позволяющих самостоятельно вести исследовательскую и научную работу.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и компьютерного проектора, практических занятий с использованием ПК. Самостоятельная работа студентов проводится под руководством преподавателей, с оказанием консультаций и помощи при выполнении домашних заданий.

### Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
<b>Входной контроль</b>			
1	Входной контроль	З – УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7	Вопросы входного контроля (письменно)
<b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b>			
2	Теория и методы принятия решений	З – УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7 У- УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7 В- УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7	Коллоквиум (письменно)
3	Методы решения оптимизационных задач	З – УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7 У- УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7 В- УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7	Коллоквиум (письменно)
<b>Промежуточная аттестация</b>			



4	Зачет	З – УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7 У- УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7 В- УКЕ-1, УКЦ-1, ПК-7	Вопросы к зачету (письменно)
---	-------	--	------------------------------

Текущий контроль по темам проводится в виде отчета в устной форме по практическим работам, рефератов по темам СРС; по разделам – в виде коллоквиума.

На этапе аттестации разделов используется: письменные ответы на вопросы коллоквиума (КЛ). Коллоквиум содержит вопросы по разделам дисциплины, проводится на 8 и 16 неделе обучения. На выполнение задания отводится 45 минут.

### Вопросы коллоквиума раздела 1

1. Дайте определение - лицо, принимающее решения
2. Дайте определение - Эксперт
3. Дайте определение - Консультант
4. Дайте определение - Альтернатива
5. Критерии принятия решений -это
6. Дайте определение - Шкала порядка
7. Дайте определение - Шкала равных интервалов
8. Дайте определение - Шкала пропорциональных оценок
9. Поясните понятие - Множество Парето
10. Поясните суть метода достижимых целей при принятии решений
11. Опишите задачи принятия решений
12. Запишите выражение, определяющее весовые коэф-ты важности критериев
13. Запишите выражение для нормирования критериев
14. Дайте определение - конфликтных ситуаций
15. Дайте определение - Игра
16. Что такое Игра с нулевой суммой
17. Что называется основой игры
18. Дайте определение - Стратегии игрока
19. Дайте определение - конечной и бесконечна игры
20. В каких условиях принимаются решения (поясните)
21. Запишите выражение Критерия Лапласа
22. Запишите выражение Критерия Вальда
23. Запишите выражение Критерия Гурвица
24. Запишите выражение Критерия Сэвиджа
25. Опишите принцип составления матрицы потерь
26. Назовите основные типы задач при принятии решений
27. Опишите метод анализа иерархий МАИ
28. Опишите принцип составления дерева иерархий
29. Как составить матрицы сравнения
30. Что такое согласованность матриц
31. Запишите выражение стохастического критерия согласованности матрицы
32. Опишите критерий ожидаемого значения при принятии решений
33. Дайте определение - апостериорной вероятности
34. Как проводится расчет вектора приоритетов
35. Что такое шкала приоритетов
36. Запишите выражение для определения индекса согласованности приоритетов
37. Дайте определение отношения согласованности приоритетов
38. Что такое локальные приоритеты
39. Что такое глобальные приоритеты
40. Дайте определение дочерним и родительским элементам при составлении дерева иерархий

### Вопросы коллоквиума раздела 2

1. Дайте определение оптимизационной задачи

2. Дайте определение метода решения оптимизационных задач
3. Запишите модель одномерной безусловной оптимизации
4. Запишите модель многомерной безусловной оптимизации
5. Запишите модель условной оптимизации
6. Запишите модель задачи целочисленного программирования
7. Опишите переход от произвольной формы ЗЛП к канонической
8. Сформулируйте симплекс-метод при решении задач ЛП
9. Какие переменные называются базовыми
10. Какие переменные называются свободными
11. Что такое базисное решение
12. Что такое опорный план
13. Опишите постановку и основные свойства задачи ЛП
14. Опишите постановку задачи оптимизации перевозок
15. Запишите модель классической транспортной задачи
16. Запишите модель задачи о назначениях.
17. Что такое целевая функция
18. Как составить модель ограничений при решении задачи ЛП
19. Опишите графический способ решения задач ЛП
20. Запишите вид функционала при решении оптимизационных задач методом вариационного исчисления
21. Запишите уравнение Эйлера
22. Сформулируйте задачу Лагранжа
23. Запишите общий вид функции Лагранжа
24. Запишите виды ограничений при вариационном методе решения оптимизационных задач
25. Запишите вид функции Гамильтона
26. Запишите задачу оптимального быстродействия
27. Запишите выражение, определяющее глобальные ограничения
28. Запишите выражение, определяющее неглобальные ограничения
29. Запишите выражение, определяющее изопериметрические ограничения
30. Охарактеризуйте типы задач оптимизации при наложении граничных условий
31. Что такое оптимальная стратегия
32. Запишите необходимые условия применения метода ДП
33. Запишите что является целью использования вероятностного подхода при решении задач ДП
34. Запишите модель вероятностного динамического программирования с конечным числом этапов
35. Запишите модель вероятностного динамического программирования с бесконечным числом этапов
36. Как осуществить преобразование изопериметрические ограничений в неглобальные
37. Сформулируйте Принцип максимума Понтрягина
38. Запишите модель линейного ОУ в виде уравнений в пространстве состояний в матричной форме
39. Что называется уравнением динамики объекта
40. Что характеризуют матрицы А, В, С, Д.

### **Система оценки аттестации разделов дисциплины**

*Каждый коллоквиум оценивается в 10 баллов. Коллоквиум считается сданным, если студент правильно ответил на 60 процентов от заданных ему вопросов.*

Оценка	Количество верно данных ответов
10 баллов	39-40
9 баллов	36-38
8 баллов	33-35

7 баллов	30-32
6 баллов	27-29
5 баллов	24-26
Менее 5 баллов	менее 24

Итоговые баллы за раздел выставляются в соответствии со шкалой оценки, приведённой ниже

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка (стандартная)	Требования к знаниям
26-30	«отлично»	Оценка «отлично» за раздел дисциплины выставляется студенту, если он получил за коллоквиум оценку «отлично», выполнил на отлично и защитил практические работы, предусмотренные курсом в данном разделе, показал отличные знания в области раздела дисциплины. При этом не затрудняется с ответом при видеоизменении заданий.
22-25	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он получил за коллоквиум оценку «хорошо», хорошо выполнил и защитил практические работы, предусмотренные курсом в данном разделе, показывает хорошие знания при ответе на вопросы преподавателя. При этом не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.
18-21	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он получил за коллоквиум оценку «удовлетворительно», выполнил основную часть практических работ, предусмотренные курсом в данном разделе, показывает удовлетворительные знания по дисциплине в целом. При этом не усвоил всех деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала.
менее 18	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который получил за коллоквиум оценку «неудовлетворительно», не выполнил основную часть практических работ, предусмотренные курсом в данном разделе, не владеет знаниями по материалам курса.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачета и представляет собой ответы на вопросы письменно

#### Вопросы к зачету.

1. Общая постановка задачи математического программирования.
2. Метод неопределенных множителей Лагранжа при поиске максимальных значений.
3. Линейный функционал.
4. Понятие вариации функционала.
5. Вычисление вариации функционала.
6. Квадратичный функционал. Пример.
7. Постановка задачи Эйлера.
8. Уравнение Эйлера.
9. Пример использования уравнения Эйлера для поиска оптимального управления.
10. Понятие близости кривых.
11. Уравнение Эйлера-Пуассона.
12. Пример использования уравнения Эйлера-Пуассона в теории оптимального управления.

13. Вариационные задачи с подвижными границами. Пример в теории управления.
14. Вариационные задачи на условный экстремум.
15. Множители Лагранжа в вариационном исчислении.
16. Пример использования множителей Лагранжа для поиска управлений.
17. Понятие переменных состояния.
18. Постановка задачи оптимального управления.
19. Линеаризация дифференциальных уравнений и ее использование при получении принципа максимума.
20. Принцип максимума.
21. Теорема о числе переключений.
22. Определение моментов переключения.
23. Принцип оптимальности.
24. Уравнение Беллмана.
25. Дискретная форма динамического программирования.
26. Учет ограничений в методе динамического программирования.
27. Постановка задачи линейного программирования.
28. Поиск экстремальных точек.
29. Поиск экстремальных направлений.
30. Симплексный метод.
31. Геометрическая интерпретация симплексного метода.
32. Учет ограничений типа неравенств в линейном программировании.
33. Поиск начальной экстремальной точки.

#### Шкала оценивания на зачете

Зачет проводится в виде письменного ответа по вопросам, сформированным в билеты. Оценка знаний на зачете и начисление баллов производится в соответствии со следующей таблицей:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов	Требования к знаниям на экзамене
«зачтено»	36 - 40	выставляется студенту, если он полно, грамотно и без ошибок ответил на все вопросы, в том числе и дополнительные.
	30 - 35	выставляется студенту, если он без существенных ошибок ответил на все вопросы, однако допускал отдельные неточности или не продемонстрировал достаточно глубокого знания материала
	24-29	выставляется студенту, если он в ответах на вопросы продемонстрировал только знание основного материала, допускал существенные неточности в ответах, недостаточно технически грамотно формулировал ответы
«не зачтено»	менее 24	выставляется студенту, если допускал неправильные ответы на поставленные вопросы или не смог ответить на часть вопросов, не смог подтвердить знание значительной части материала.

#### Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

1. Воробьева, Е. Е. Теория принятия решений : учебное пособие / Е. Е. Воробьева, В. Ю. Емельянов. — 2-е, испр. и доп. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 136 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/122050/#1>

2. Горелик, В. А. Теория принятия решений : учебное пособие / В. А. Горелик. — Москва : МПГУ, 2016. — 152 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/106016/#1>
3. Колбин, В. В. Методы принятия решений : учебное пособие / В. В. Колбин. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 640 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/71785/#14>
4. Макшанов, А. В. Системы поддержки принятия решений : учебное пособие / А. В. Макшанов, А. Е. Журавлев, Л. Н. Тындыкарь. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 108 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/147135/#4>
5. Абдрахманов, В. Г. Элементы вариационного исчисления и оптимального управления. Теория, задачи, индивидуальные задания : учебное пособие / В. Г. Абдрахманов, А. В. Рабчук. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 112 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/45675/#1>
6. Сердобинцев, Ю. П. Оптимальное и адаптивное управление : учебное пособие / Ю. П. Сердобинцев, М. П. Кухтик. — Волгоград : ВолгГТУ, 2019. — 112 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/157184/#3>
7. Лившиц, К. И. Теория управления : учебник / К. И. Лившиц, Ю. И. Параев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 232 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/133923/#2>
8. Алпатов, Ю. Н. Моделирование процессов и систем управления : учебное пособие / Ю. Н. Алпатов. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 140 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/106730/#122>

### **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в мультимедийном классе, предназначенном для проведения занятий лекционного типа, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе с использованием программного обеспечения.

### **Учебно-методические рекомендации для студентов**

1) Следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, выполнение индивидуальных заданий по темам практических работ на конец семестра, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, индивидуальных заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Рабочей программе.

2) «Сценарий изучения дисциплины» предусматривает следующие схемы: по теоретическому курсу: ознакомление с тематикой лекции; изучение литературы по теме; прослушивание лекции; обсуждение вопросов.

По выполнению индивидуальных работ по темам практических занятий: подготовка к выполнению работы по методическим указаниям; работа на практическом занятии выполнение работы и оформление отчета; защита работы.

3) Изучение дисциплины требует непрерывной работы с литературой. Перед прослушиванием каждой лекции студент должен ознакомиться с материалом по списку, приведенному по теме лекции в рабочей программе. Перед выполнением индивидуальных занятий по темам практических работ необходимо изучить теоретические сведения, приведенные в методических указаниях к выполнению практических работ. Отчет, составляемый после выполнения работы,

должен соответствовать варианту, выданному преподавателем в начале выполнения практической работы.

## **Методические рекомендации для преподавателей**

### **1. Указания для проведения лекций**

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскрывая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

### **2. Указания для проведения практических занятий**

Четко обозначить тему занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практики задать аудитории несколько контрольных вопросов.

### **3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов**

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Рабочую программу составил доцент Ефремова Т.А.

Рецензент: профессор Бирюков В.П.

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Председатель учебно-методической комиссии Ефремова Т. А.