

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 15.04.04 Киберфизические системы
автоматизации технологических процессов
[2] 14.04.02 Ядерная физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КСР/КП	
3	3-4	108- 144	32	16	0		24-60	0	Э
Итого	3-4	108- 144	32	16	0	0	24-60	0	

АННОТАЦИЯ

В результате изучения дисциплины студенты осваивают общие методы оптимизации в киберфизических системах управления, изучают методы теории оптимального управления, осуществляется привитие студентам навыков в постановке задач оптимального управления, а также студенты приобретают навыки выбора методов решения задач оптимального управления. А также получение студентами навыков в постановке задач обработки данных и ознакомление с основами проверки статистических гипотез и принятия решений по экспериментальным данным.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является обучение студентов методам оптимального управления и способами проверки статистических гипотез и принятия решений по экспериментальным данным.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина является продолжением изучения дисциплины «теория автоматического управления».

Для изучения данной дисциплины студент должен обладать знаниями:

- по следующим разделам математики: математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения, теория функций комплексного переменного, теория вероятности.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
проектно-конструкторский			
Проектирование электронных систем, информационно-измерительных систем, систем	киберфизические информационно-измерительные системы, программно-технические средства	ПК-1 [1] - Способен проводить проектирование объектов профессиональной	З-ПК-1[1] - Знать: основные требования к проектированию и конструированию узлов, блоков,

<p>управления и автоматизации и их структурных элементов, включая аппаратное и программное обеспечение, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования и современных информационных технологий</p>	<p>и комплексы, электронные и электротехнические системы и оборудование, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли</p>	<p>деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, технологические и экологические требования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>приборов и систем; У-ПК-1[1] - Уметь: проводить проектирование объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией с соблюдением различных технических, технологических и экологических требований; В-ПК-1[1] - Владеть: программно-техническими средствами проектирования объектов профессиональной деятельности</p>
<p>научно- исследовательский</p>			
<p>Проведение экспериментальных исследований, математическое моделирование физических, технологических процессов и алгоритмов контроля и управления, режимов эксплуатации ядерно-физических и физических установок, в том числе с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, а также с применением специально разрабатываемого</p>	<p>системы контроля и автоматизированного управления ядерными реакторами и ядерно-физическими установками и их элементы, электронные и электротехнические системы и оборудование ядерных и физических установок, системы радиационного контроля физических установок и объектов, аппаратура измерительных систем и систем контроля, диагностики, управления и защиты ядерно-физических и электрофизических</p>	<p>ПК-4 [2] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-4[2] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[2] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их</p>

программного обеспечения	установок		обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[2] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач
научно-исследовательский			
Математическое моделирование физических, технологических процессов и алгоритмов контроля и управления, режимов эксплуатации киберфизических систем контроля, управления и автоматизации ядерно-физических установок и производств атомной отрасли, в том числе с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований, а также с применением специально разрабатываемого программного обеспечения	киберфизические информационно-измерительные системы, программно-технические средства и комплексы, электронные и электротехнические системы и оборудование, системы контроля и управления ядерно-физических установок и производств атомной отрасли	ПК-7 [1] - Способен создавать и исследовать математические модели физических и информационных процессов, относящихся к профессиональной сфере, использовать стандартные программно-инструментальные системы и средства моделирования и исследования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-7[1] - Знать: методы моделирования физических процессов в оборудовании установок и информационных процессов в системах их контроля и управления; У-ПК-7[1] - Уметь: работать с инструментальными системами анализа и моделирования систем и процессов; В-ПК-7[1] - Владеть: навыками использования стандартных программных средств анализа и моделирования для решения исследовательских и инженерных задач
производственно-технологический			
Планирование, информационное, технологическое, техническое обеспечение и реализация работ по созданию аппаратуры и программно-	системы контроля и автоматизированного управления ядерными реакторами и ядерно-физическими установками и их элементы, электронные и	ПК-10 [2] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ <i>Основание:</i>	З-ПК-10[2] - Знать основные пакеты прикладных программ для решения инженерно-физических и экономических задач ;

технических комплексов систем измерения, контроля и автоматизации физических и ядерно-физических установок, организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования	электротехнические системы и оборудование ядерных и физических установок, системы радиационного контроля физических установок и объектов, аппаратура измерительных систем и систем контроля, диагностики, управления и защиты ядерно-физических и электрофизических установок	Профессиональный стандарт: 24.033	У-ПК-10[2] - Уметь осуществлять подбор прикладных программ для решения конкретных инженерно-физических и экономических задач; В-ПК-10[2] - Владеть навыками работы с прикладными программами для решения инженерно-физических и экономических задач
--	---	-----------------------------------	--

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	16/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4
2	Раздел 2	9-16	16/8/0		25	КИ-16	3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-10, У-ПК-

							10, В- ПК- 10
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	32	16	0
1-8	Раздел 1	16	8	0
1 - 2	Задача математического программирования. Поиск наибольших и наименьших значение функций	Всего аудиторных часов		
		4	2	0

	многих переменных в ограниченных замкнутых областях. Общая задача математического программирования.	Онлайн	0	0	0
3 - 4	Основные положения вариационного исчисления. Основные положения вариационного исчисления. Оптимизация функционалов. Задача Эйлера. Задача Эйлера-Пуассона.	Всего аудиторных часов	4	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
5 - 6	Вариационные задачи. Вариационные задачи на условный экстремум. Способы описания динамических систем. Форма Коши.	Всего аудиторных часов	4	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
7 - 8	Принцип максимума. Применение множителей Лагранжа для поиска оптимальных законов управления. Принцип максимума и его применение.	Всего аудиторных часов	4	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
9-16	Раздел 2	16	8	0	
9 - 10	Исследование операций и принятие решений. Исследование операций и принятие решений. Описание случайных величин. Прогнозирование значений случайных величин. Прогнозирование с учетом весов ошибок. Задачи формирования запасов. Прогнозирование по минимуму среднеквадратичного отклонения. Линейное оценивание случайных величин. Модели страхования.	Всего аудиторных часов	4	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
11 - 12	Понятие норматива. Применение доверительных границ для организации выборочного контроля. Учет ошибок первого и второго рода. Понятие норматива. Способы расчета нормативов. Использование предельных теорем для расчета нормативов и объемов испытаний.	Всего аудиторных часов	4	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
13 - 14	Анализ рисков. Объединение средств. Стохастическая задача распределения средств. Анализ рисков. Принятие оптимальных решений.	Всего аудиторных часов	4	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	
15 - 16	Управляющее решение. Управляющее решение. Критические значения технологических параметров. Понятие уставки для результата наблюдения и связь уставок с критическими областями. Использование доверительных границ для расчета уставок. Учет случайности критического значения. Выработка управляющего решения.	Всего аудиторных часов	4	2	0
		Онлайн	0	0	0
		0	0	0	

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозна чение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты

ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>3 Семестр</i>
1	Поиск наибольших и наименьших значение функций. Поиск наибольших и наименьших значение функций многих переменных в ограниченных замкнутых областях.
2 - 3	Задача Эйлера. Задача Эйлера. Задача Эйлера-Пуассона. Вариационные задачи на условный экстремум.
4	Применение множителей. Применение множителей.
5 - 6	Принцип максимума. Принцип максимума и его применение.
7 - 8	Методы динамического программирования. Методы динамического программирования.
9 - 10	Принятие решений. Исследование операций и принятие решений.
11 - 12	Параметрические гипотезы. Общая постановка задачи проверки параметрических гипотез.
13 - 14	Выборочный контроль. Постановка задачи выборочного контроля.
15 - 16	Косвенное измерение. Контроль состояния распределённых объектов. Понятие косвенного измерения.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- проведение аудиторных занятий с помощью современных компьютерных технологий;
- проведение занятий с интерактивным участием студентов.

6. 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:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	Э, КИ-8
	У-ПК-1	Э, КИ-8
	В-ПК-1	Э, КИ-8
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-16
	У-ПК-7	Э, КИ-16

	В-ПК-7	Э, КИ-16
ПК-10	3-ПК-10	Э, КИ-16
	У-ПК-10	Э, КИ-16
	В-ПК-10	Э, КИ-16
ПК-4	3-ПК-4	Э, КИ-8
	У-ПК-4	Э, КИ-8
	В-ПК-4	Э, КИ-8

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Т 52 Методы оптимального управления : учебник и практикум для вузов, Москва: Юрайт, 2021
2. ЭИ Т 52 Методы оптимального управления : учебник и практикум для вузов, Москва: Юрайт, 2022
3. ЭИ Л 50 Основы методов оптимизации : , Санкт-Петербург: Лань, 2022

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ В58 Методы оптимизации и оптимального управления : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. 519 В58 Методы оптимизации и оптимального управления : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. 519 В58 Оценки, решения, риски : учебное пособие для вузов, Москва: Бином, 2012
4. 519 В58 Оценки и доверительные интервалы : учеб. пособие для вузов, В. А. Власов, М.: МИФИ, 2006
5. 519 В29 Теория вероятностей : учебник для втузов, Е. С. Вентцель, Москва: Высшая школа, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

1. Указания для прослушивания лекций

Перед началом занятий внимательно ознакомьтесь с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

При изучении лекционного материала обязательно следует сопоставлять его с материалом семинарских и лабораторных занятий.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

2. Указания для проведения семинарских занятий

Перед семинаром внимательно изучить лекционный материал, относящийся к теме занятия.

Активно взаимодействовать с преподавателем, задавать уточняющие вопросы по материалам лекций и семинарских занятий.

Уточнять и корректировать процесс выполнения лабораторных работ.

3. Указания по выполнению самостоятельной работы

Получить у преподавателя задание и список рекомендованной литературы.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовить письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

По разделу 1.

1. Особое внимание следует уделить:

понятию линейного пространства и его отображению на пространство R^1 (числовая ось);

понятию линейного отображения;

понятиям вариации функционала и вариации его аргумента.

2. В задаче Эйлера дать подробные пояснения:

правилам дифференцирования;

использованию условия тождественности в основной лемме вариационного исчисления;

корректности постановки задачи;

практическим приемам получения уравнения Эйлера.

3. В остальных задачах оптимизации функционалов акцентировать внимание на:

виды пространств, на которых определяются функционалы;

частные виды вариаций аргументов;

важность понятия экстремали для задач с подвижными границами;

на вид ограничений в задачах на условный экстремум;

на использование формы Коши в задачах на условный экстремум.

4. При применении вариационных методов поиска оптимальных законов управления обратить внимание на:

необходимость использования критериев оптимальности;

важность понятия переменных состояния;

путь решения задач с производными высоких порядков;

использовании условий экстремума функционалов (не всегда можно на этом пути найти наибольшие и наименьшие значения функционалов).

5. При изучении принципа максимума пояснить:

его назначение;

особенности задач, связанных с оптимальным быстродействием;

необходимость использования переменных состояния;

возможности аналитических способов поиска оптимальных управлений (в частности, в задачах, связанных с оптимальным быстродействием).

6. При изучении метода динамического программирования обратить внимание на :

аналитическую важность принципа оптимальности;

эквивалентность этого метода и принципа максимума;

на две формы метода (дискретную и аналоговую);

важность понятия переменных состояния при использовании метода;

возможность решения методом динамического программирования определенного класса задач математического программирования.

По разделу 2.

1. При рассмотрении задачи прогнозирования значений случайных величин и методов линейного оценивания пояснить:

тезис о необходимости принятия решений в задачах прогнозирования значений случайных величин;

существование нескольких различных постановок задач линейного оценивания;

различие исходных данных в этих задачах;

статистический характер теоремы Маркова-Гаусса;

принципиальную возможность анализа точности оценивания в условиях теоремы Маркова- Гаусса.

2. При изучении способов проверки параметрических гипотез обратить внимание на:

особенности исходных данных в постановке задачи проверки гипотез;

недостатки теоремы Пирсона;

способы устранения этих недостатков и обоснование способов;

трудности проведения вальдовской редукции.

3. При рассмотрении игровых ситуаций отметить:

необходимость введения критерия оптимальности выбираемой стратегии;

необходимость участия во многих игровых турах, если используются вероятностные методы выбора оптимальных решений;

важность методов линейного программирования при формировании оптимальных решений.

Указания для проведения лекций.

1. На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемые в курсе. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников.

2. 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.

3. Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения.

4. При чтении лекций, преимущественное внимания следует уделять качественным вопросам, не следует увлекаться простыми математическими выкладками, оставляя их либо на студентов, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

5. В процессе лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

6. Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

7. Давать рекомендации студентам для подготовки к очередным семинарам.

8. На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

Указания для проведения семинарских занятий.

1. Четко обозначить тему семинара.

2. Обсудить основные понятия, связанные с темой семинара.

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

4. На семинарах разбирать вопросы, связанные с темами рефератов.

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

6. В конце семинара задать аудитории несколько контрольных вопросов.

Указания по контролю самостоятельной работы студентов.

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

2. При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе, в частности тексты рефератов.

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

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

Автор(ы):

Толоконский Андрей Олегович, к.т.н., доцент