

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Математическое моделирование и методы оптимизации» является:

- дать необходимые знания по теоретическим основам математического моделирования и методов оптимизации;
- сформировать навыки численного моделирования оптимизационных задач в области теплоэнергетических систем, процессов и оборудования;
- выработать умения переводить оптимизационные задачи энергетических систем на формальный математический язык с целью привлечения к их решения стандартных электронных приложений.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина ДИСЦ.В.М.1.5. «Математическое моделирование и методы оптимизации» относится к междисциплинарному профессиональному модулю.

Она непосредственно связана (пререквизиты) с общепрофессиональными дисциплинами: «Техническая термодинамика», «Механика», «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Информационные технологии», «Прикладной системный анализ».

Кореквизитами для дисциплины «Математическое моделирование и методы оптимизации» являются дисциплины: «Гидрогазодинамика», «Тепломассообмен», «Экономика», «Безопасность жизнедеятельности».

Материал дисциплины используется студентами в учебно-исследовательской работе и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Перечень требований к входным знаниям, умениям, навыкам по дисциплине «Математическое моделирование и методы оптимизации».

Для освоения дисциплины студент должен обладать следующими знаниями, умениями, навыками.

Иметь знания о:

- практическом использовании основных термодинамических процессов в энергетических установках;
- основных языках программирования.

Уметь использовать:

- основные уравнения термодинамики;
- методы решения задач линейной алгебры и дифференциальных уравнений.

Иметь опыт:

- определения термодинамических параметров воды и водяного пара;
- программирования на одном из языков высокого уровня.

3. Результаты освоения дисциплины

При изучении дисциплины бакалавры должны научиться самостоятельно планировать проведение численного эксперимента, выбирать оптимальные методики, рационально оценивать область допустимых решений, проводить обработку полученных результатов.

После изучения данной дисциплины бакалавры приобретают знания, умения и опыт, соответствующие результатам основной образовательной программы: **Р7, Р8, Р9, Р10**. Соответствие результатов освоения дисциплины «Математическое моделирование и методы оптимизации» формируемым компетенциям ООП представлено в таблице.

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P7	37.1	методов математического моделирования выбора оптимальных решений в комплексной инженерной деятельности	У7.1	разрабатывать математические модели процессов по производству тепловой и электрической энергии		
P8			У8.1	анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач комплексного инженерного анализа		
P9			У9.1	проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии	В9.1	выполнять комплексные инженерные проекты на основе численного моделирования технологических процессов
P10			У10.1	проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии	В10.1	поиска необходимой информации, интерпретации данных и их подготовки для составления обзоров, отчетов и научных публикаций

В результате освоения дисциплины «Математическое моделирование и методы оптимизации» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

Планируемые результаты освоения дисциплины

№ п/п	Результат
РД7	Применять навыки математического моделирования и выбора оптимальных решений в <i>комплексной</i> инженерной деятельности по производству тепловой и электрической энергии.
РД8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием современных методов моделирования теоретического и экспериментального исследования.
РД9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии с применением <i>современных</i> методов достижения <i>оптимальных</i> результатов; выполнять <i>комплексные</i> инженерные проекты на основе численного моделирования технологических процессов.
РД10	Проводить <i>комплексные</i> научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с использованием современных методик поиска оптимальных решений

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Математическое моделирование объектов оптимизации

Лекции

Понятие математической модели. Классификация математических моделей. Этапы разработки математической модели. Особенности моделирования теплоэнергетических процессов и объектов. Существующие способы построения математических моделей и программ расчета теплоэнергетических установок.

Определение термодинамических и теплофизических свойств воды и водяного пара с помощью ПЭВМ. Численные методы решения нелинейных уравнений с одним неизвестным. Использование численных методов в тепловых расчетах теплоэнергетических установок. Численные методы решения системы уравнений.

Аппроксимация функций. Численное интегрирование и дифференцирование функций. Роль математических методов в решении инженерных задач. Примеры численного моделирования оборудования и тепловых схем ТЭС и АЭС.

Лабораторная работа 1

Моделирование термодинамических процессов в циклах тепловых и атомных электростанций

Раздел 2. Методы одномерной оптимизации.

Лекции

Общая формулировка оптимизационной задачи. Глобальный и локальный экстремумы. Целевая функция. Примеры целевых функций. Оптимизируемые параметры. Ограничения. Классификация задач и методов оптимизации.

Классический метод мат. анализа поиска минимума функции одной переменной. Необходимые и достаточные условия минимума дифференцируемой функции. Теорема Вейерштрасса. Пример решения одномерной задачи минимизации классическим методом. Стратегия поиска. «Удачная» тройка чисел. Унимодальные функции. Выпуклые функции.

Условие Липшица. Классификация численных методов решения задач одномерной минимизации.

Метод перебора. Метод поразрядного поиска. Методы исключения отрезков: методы дихотомии, Фибоначчи и «золотого» сечения. Метод парабол. Сравнение прямых методов. Погрешности отдельных методов. Методы одномерной минимизации, использующие производные функции: метод средней точки, метод кубической аппроксимации. Графическая иллюстрация методов и алгоритмы расчета. Сравнение методов.

Лабораторная работа 2

Моделирование оптимизационной задачи на примере расчета термического КПД простейших циклов ТЭС и АЭС.

Лабораторная работа 3

Использование методов одномерной оптимизации для выбора оптимальных термодинамических параметров циклов ПТУ.

Раздел 3. Методы многомерной безусловной оптимизации.

Лекции

Линии уровня целевой функции. Графическое представление целевой функции. Дифференцирование функций многих переменных. Градиент целевой функции. Матрица Гессе целевой функции. Необходимое условие существования минимума функции многих переменных. Достаточное условие существования минимума функции многих переменных. Алгоритм классического метода поиска точки минимума функции многих переменных.

Классификация численных методов многомерной безусловной минимизации. Общие принципы многомерной безусловной минимизации. Методы для негладких функций: метод многогранника, методы случайного поиска. Методы для гладких функций (методы спуска): методы нулевого порядка (прямые), методы первого и второго порядков. Оптимальная стратегия поиска. Возможные и приемлемые направления. Модельная схема решения задачи методом спуска. Гарантия спуска при перемещении из одной точки в другую. Сходимость модельной схемы. Вычисление длины шага. Вычисление направления поиска. Численное дифференцирование в расчетах градиента.

Метод координатного спуска и его варианты. Графическая интерпретация метода, его достоинства и недостатки, область приложения. Алгоритм метода координатного спуска и его особенности для некоторого вида функций. Методы первого порядка: градиентный метод, метод наискорейшего спуска, методы сопряженных направлений. Графическая интерпретация градиентного метода. Шаг и направление спуска. Алгоритм градиентного метода. Сходимость метода.

Метод наискорейшего спуска. Графическая иллюстрация метода. Расчет шага и направления спуска. Алгоритм метода наискорейшего спуска и примеры использования. Приложение методов градиентного спуска к задачам выбора оптимальных параметров ТЭС.

Лабораторная работа 4

Использование метода координатного спуска для оптимизации начальных параметров ПТУ.

Раздел 4. Задачи и методы оптимизации с ограничениями

Лекции

Основные разделы математического программирования. Формулирование общей задачи математического программирования. Классические задачи математического программирования: транспортная задача, задача о режиме работы энергосистемы. Виды огра-

ничений. Общая и основная задачи линейного программирования. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. Симплексный метод.

Нелинейные задачи с ограничениями. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Метод проекции градиента. Методы штрафных и барьерных функций. Дискретное и целочисленное программирование.

Основы методов динамического программирования. Геометрическая интерпретация методов и алгоритмы расчета. Использование методов целочисленного программирования в задачах сетевого планирования и оптимального резервирования энергетического оборудования. Метод динамического программирования.

Применение метода динамического программирования в задачах оптимизации режимов ТЭС.

Лабораторная работа 5

Оптимизация диаметра трубопровода ТЭС.

Лабораторная работа 6

Транспортная задача.

6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- поиск и обзор литературы (в т.ч. электронных источников информации) по изучаемым разделам курса;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к контрольным работам и зачету;
- выполнение курсовой работы.

Творческая самостоятельная работа включает:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- выполнение расчетно-графических работ;
- анализ научных публикаций по определенной преподавателем теме;
- анализ фактических материалов по заданной теме.

6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- опросом при защите выполненных лабораторных работ;
- оценкой результатов двух контрольных работ по материалам лекций и лабораторных занятий с целью проведения рейтинговой аттестации;
- оценкой ответов на вопросы и задачи при сдаче зачета;
- оценкой защиты курсовой работы.

7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролирующих мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
----------------------------	-----------------------------------

Выполнение и защита индивидуальных домашних заданий	РД7, РД8
Выполнение и защита лабораторных работ	РД8, РД9
Контрольные работы, тестирование	РД7- РД10
Зачет	РД7- РД10
Курсовая работа	РД7 – РД10

В качестве основной формы контроля по дисциплине предусмотрены зачет и защита курсовой работы (дифзачет) в пятом семестре.

Для текущего контроля в течение семестра предусматривается:

- выборочное тестирование на лекциях с целью диагностического контроля;
- две контрольные работы по материалам лекций с целью проведения рейтинговой аттестации;
- выполнение лабораторных и опрос при их защите.

В расчет рейтинговой оценки идут оценки отлично, хорошо, удовлетворительно, полученные за выполненные контрольные работы. Перечень вопросов для каждой контрольной прилагается к программе.

За лабораторные занятия баллы ставятся согласно рейтинг-плана.

В течение семестра студент должен набрать минимум баллов, необходимый для допуска к сдаче зачета, при условии выполнения и защиты всех лабораторных работ и написании всех контрольных работ. Итоговый рейтинг определяется суммированием баллов текущей оценки в течение семестра и баллов итоговой аттестации в конце семестра по результатам сдачи зачета и защиты курсовой работы.

За сдачу зачета и защиту курсовой работы ставятся баллы в соответствии с положением рейтинговой системы.

Примеры содержания фонда оценочных средств приведены ниже.

7.1. Требования к содержанию билетов, используемых во время зачета

Билеты включают три типа заданий:

1. Теоретический вопрос.
2. Проблемный вопрос или расчетная задача.
3. Творческое проблемно-ориентированное задание.

7.2. Примеры вопросов, выносимых на зачет

1. Перечислите необходимые и достаточные условия существования минимума функции многих переменных.
2. Как представить графическую иллюстрацию градиентного метода для поиска минимума функции двух переменных?
3. Опишите пример использования методов одномерной оптимизации при проектировании теплоэнергетического оборудования.

8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах

(максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);

- промежуточная аттестация (зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

В соответствии с «Календарным планом выполнения курсовой работы»:

- текущая аттестация (оценка качества выполнения разделов и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 22 баллов);
- промежуточная аттестация (защита проекта) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), по результатам защиты студент должен набрать не менее 33 баллов).

Итоговый рейтинг выполнения курсовой работы определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Основная

1. Пантелеев, Андрей Владимирович Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 3-е изд., стер.. — Москва: Высшая школа, 2008. — 544 с.: ил.. — Прикладная математика для ВТУЗов. — Библиогр.: с. 543-544.. — ISBN 978-5-06-004137-8.

2. Турчак, Леонид Иванович Основы численных методов : учебное пособие / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Физматлит, 2005. — 304 с.. — Библиогр.: с. 290-292. — Предм. указ.: с. 293-300.. — ISBN 5-9221-0153-6.

3. Лесин, Виктор Васильевич Основы методов оптимизации : учеб. пособие / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. — Москва: Лань, 2011. — 341, [10] с.: ил., табл.. — Учебники для вузов. Специальная литература. — ISBN 978-5-8114-1217-4.

Схема доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1552

9.2. Дополнительная

1. Струченков, Валерий Иванович Методы оптимизации. Основы теории, задачи, обучающие компьютерные программы : учебное пособие / В. И. Струченков. — Москва: Экзамен, 2005. — 256 с.: ил.. — Учебное пособие для вузов. — Библиогр.: с. 254-255.. — ISBN 5-472-00465-9.

2. Гапоненко, Александр Макарович Проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / А. М. Гапоненко, В. Х. Шетов. — Краснодар: Юг, 2011. — 464 с.. — Библиогр.: с. 459-463.. — ISBN 978-5-91718-144-8.

3. Автоматизированное проектирование теплотехнических установок : учебное пособие / С. И. Гинкул [и др.]. — Севастополь; Донецк: Вебер, 2003. — 141 с.: ил.. — Библиогр.: с. 131-132.. — ISBN 966-7968-61-8.

4. [Голдаев, Сергей Васильевич](#) Надежность и оптимизация систем теплоэнергоснабжения промпредприятий : учебное пособие / С. В. Голдаев; Томский политехнический университет (ТПУ) ; Институт дистанционного образования. — Томск: Изд-во ТПУ, 2007. — 168 с.: ил.. — Библиогр.: с. 164-166.

5. Гартман, Томаш Николаевич Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : учебное пособие / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. — Москва: Академкнига, 2006. — 416 с.: ил.. — Учебное пособие для вузов. — Библиогр.: с. 413-415.. — ISBN 5-94628-268-9.

9.3. Internet–ресурсы

1. <http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/view.php?id=667> – дополнительная среда дистанционного обучения по сети Интернет на платформе MOODLE. Курс «Компьютерное проектирование оборудования отрасли».
2. http://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/ – Siemens PLM Software - ведущий мировой поставщик программного обеспечения по управлению жизненным циклом изделия (PLM). Мы помогаем тысячам предприятий выпускать отличные изделия благодаря оптимизации процессов жизненного цикла — от замысла и разработки до изготовления и технической поддержки.
3. <http://www.sapr.ru/> – Web – сервер журнала САПР и графика.
4. <http://www.intuit.ru/> – Интернет-Университет Информационных Технологий.
5. <http://citforum.ru/> – Цитфорум. Новости, статьи, рассылки, форумы по темам IT-консалтинг, Software Engineering, Программирование, СУБД, Безопасность, Internet, Сети, Операционные системы, Hardware.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Компьютерный класс	к. 4, ауд. 31, 15 комп.
2	Компьютерный класс	к. 4, ауд. 32, 20 комп.
3	Компьютерный класс	к. 4, ауд. 101А, 15 комп.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по специальности: 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Программа одобрена на заседании кафедры Атомных и тепловых электростанций Энергетического института Национального исследовательского Томского политехнического университета

(протокол № 45 от «01» 09 2014 г.).

Автор _____ доцент Е.А. Маслов

Рецензент _____ доцент О.Ю. Ромашова