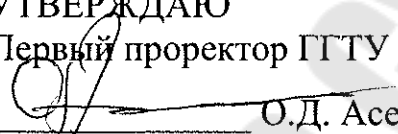


Учреждение образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О. Сухого


О.Д. Асенчик

04. 12. 2016

Регистрационный № УД- 44 - 27 /уч.

МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования первой ступени ОСВО 1-43 01 05-2013; учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика», регистрационные №№ I 43-1-40/уч. 20.09.2013, I 43-1-23/уч. 13.02.2014, I 43-1-35/уч. 17.02.2016, I 43-1-34/уч. 17.02.2016, I 43-1-11/уч. 11.02.2016, I 43-1-20/уч. 17.09.2013.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.И. Токочаков, доцент кафедры «Информационные технологии» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Д. Левчук, заведующий кафедрой автоматизированных систем обработки информации учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», кандидат технических наук, доцент;
О.Г. Широков, доцент кафедры «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Информационные технологии» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 7 от 28.11.2016);

Научно-методическим советом факультета автоматизированных и информационных систем учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 4 от 28.11.2016);
УДф-04-22/уч.

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 01.12.2016);
УДз-112-16у

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол №² от 06.12.2016).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины.

Целью изучения дисциплины является формирование знаний по современным методам исследования систем теплоснабжения промышленных предприятий и их отдельных элементов, а также методам поиска и отбора наиболее эффективных технологических схем и режимов работы этих элементов и систем.

Основными задачами курса являются:

- приобретение студентами представлений о методах математического и физического моделирования теплотехнических и теплоэнергетических установок и систем;
- овладение студентами методами составления математической модели элементов и установок систем теплоснабжения;
- приобретение студентов умений в использовании математических моделей и программных комплексов для анализа процессов в объектах теплоэнергетики.

Требования к знаниям и умениям студентов после изучения дисциплины.

После изучения дисциплины «Моделирование, оптимизация и управление теплотехническими системами» студент должен:

знать:

- основные методы исследования теплотехнических систем;
- основные принципы моделирования теплотехнических систем на микро-, макро- и метеоуровнях;
- методы оптимизации теплотехнических систем;
- основные принципы современных технологий управления теплотехническими объектами по критерию экономии топлива;

уметь:

- составлять математическую модель теплотехнической системы на макроуровне;
- разрабатывать алгоритм для параметрического анализа теплотехнических систем;
- применять основные методы моделирования теплотехнических свойств теплоносителей и рабочих тел;
- применять методы оптимизации для решения задач технико-экономического обоснования выбора теплотехнического оборудования и режимов его работы;

владеть:

- методикой синтеза и анализа технологических схем теплоэнергетических и теплотехнологических систем и их элементов;
- принципами составления математической модели и программных комплексов для анализа процессов в объектах теплоэнергетики;
- методами управления и оптимизации режимов работы теплоэнергетических и теплотехнологических систем.

Для успешного изучения данной дисциплины студентам необходимо иметь знания по следующим дисциплинам:

- математика;
- информатика;
- теплообмен;
- котельные установки промышленных предприятий.

Требования к компетенциям.

В результате изучения дисциплины «Моделирование, оптимизация и управление теплотехническими системами» должны быть сформированы следующие группы компетенций.

Академические компетенции:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

- уметь работать в команде;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям.

Профессиональные компетенции:

- составлять энергетические балансы энергетических и технологических объектов и систем, определять потери топливно-энергетических ресурсов, разрабатывать организационные и технические мероприятия по повышению энергетической эффективности теплотехнологий;
- осуществлять структурную и параметрическую оптимизацию развития теплоэнергетических и теплотехнологических объектов и систем на различных уровнях их жизненного цикла.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий для специальности 1-43 01 05 Промышленная теплоэнергетика.

Дневная форма.

Всего часов по дисциплине – 280, всего аудиторных часов – 160, из них лекций – 96 часов, лабораторных занятий – 32 часа, практических занятий – 32 часа, экзамен – 7,8 семестр, курсовой проект – 8 семестр, трудоемкость учебной дисциплины – 7,5 зачетных единиц.

Заочная форма.

Всего часов по дисциплине – 280, всего аудиторных часов – 36, из них лекций – 20 часов, лабораторных занятий – 8 часов, практических занятий – 8 часа, курсовой проект – 10 семестр, экзамен – 9,10 семестр.

Заочная форма сокращенная.

Всего часов по дисциплине – 280, всего аудиторных часов – 30, из них лекций – 18 часов, лабораторных занятий – 6 часов, практических занятий – 6 часа, курсовой проект – 8 семестр, экзамен – 8 семестр, зачет – 7 семестр.

	ДО	ЗО	ЗО сокр.
Курс	4	4,5	3,4
Семестр	7,8	8,9,10	6,7,8
Лекции (часов)	96	20	18
Практические (семинарские) занятия (часов)	32	8	6
Лабораторные занятия (часов)	32	8	6
Всего аудиторных (часов)	160	36	30
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине			
Экзамен	7,8	9,10	8
Зачет			7
Курсовой проект	8	10	8

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Системы теплоснабжения промышленных предприятий.
Методы исследования теплотехнических систем

Тема 1. Теплотехнические системы как объект математического моделирования

Определение и классификация теплотехнических систем. Современные тенденции развития теплотехнических систем. Роль математического моделирования при исследовании, проектировании и эксплуатации теплоэнергетических установок и систем. Теплотехническая система как объект системотехники: понятие системы, основные свойства и их характеристики. Методология исследования теплотехнической системы на основе системного подхода: основные этапы; структура математической модели теплотехнической системы, внутренние и внешние потоки информации; общий вид математической модели и анализ информационных переменных.

Тема 1.2. Сравнительная оценка основных подходов к исследованию теплотехнических систем

Особенности проведения натурального эксперимента на объектах теплоэнергетики. Применение методов физического и математического моделирования при исследовании теплотехнических систем. Применение методов математического моделирования на стадиях разработки и проектирования, изготовления и эксплуатации теплотехнических систем.

Тема 1.3. Методы построения математических моделей теплотехнических систем

Основы аналитических методов построения математических моделей теплотехнических систем. Математическое моделирование котельной с водогрейными котлами. Математическое моделирование котельной с паровыми котлами. Математическое моделирование котельной с водогрейными и паровыми котлами. Моделирование рассеивания вредных примесей и выбор высоты дымовой трубы.

Раздел 2. Методология математического моделирования теплотехнических систем на макроуровне

Тема 2.1. Структура математической модели теплотехнической системы на макроуровне

Формализация описания структуры теплотехнической системы. Система балансовых уравнений в составе математической модели теплотехнической системы на макроуровне. Система ограничений в составе математической модели теплотехнической системы на макроуровне. Функция цели в составе математической модели теплотехнической системы на макроуровне.

Тема 2.2. Основные подходы расчета структурных схем теплотехнических систем

Оптимизация расчета структурной схемы теплотехнической системы замкнутого вида. Формализованные методы определения последовательности расчета структурной схемы теплотехнической системы замкнутого вида. Использование методов декомпозиции, эквивалентирования, агрегирования и планирования экспериментов при построении и анализе математических моделей теплотехнических систем. Методы и алгоритмы решения систем балансовых уравнений математической модели теплотехнической системы на макроуровне.

Тема 2.3. Методы моделирования теплофизических свойств теплоносителей и рабочих тел

Классификация методов моделирования теплофизических свойств теплоносителей и рабочих тел. Методы упрощения представления сложных зависимостей в математических моделях теплотехнических систем.

Тема 2.4. Основные положения моделирования и оптимизации теплоэнергетической системы промышленного предприятия

Основы построения, структура и состав теплоэнергетической системы промышленного предприятия. Иерархия теплоэнергетической системы промышленного предприятия. Цель, задачи, этапы математического моделирования теплоэнергетической системы предприятия. Рационализация структуры теплоэнергетической системы промышленного предприятия на основе применения математического моделирования.

Раздел 3. Методы моделирования теплотехнических систем на микроуровне

Тема 3.1. Метод конечных разностей

Математические модели теплофизики. Уравнение теплопроводности. Дискретизация по времени и пространственным координатам. Конечноразностные представления производных по времени и пространству. Методология решения стационарных и нестационарных задач теплопроводности. Явные и неявные методы решения. Основные свойства численных методов, используемых при реализации математических моделей теплотехнических систем на микроуровне: устойчивость, аппроксимация, сходимости. Примеры алгоритмов реализации математических моделей на микроуровне.

Тема 3.2. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов

Метод конечных элементов: постановка задачи, основные этапы, выделение конечных элементов, алгоритмы формирования межузловых связей, определение аппроксимирующей функции элементов, объединение конечных элементов в ансамбль, определение вектора узловых значений функций. Метод граничных элементов: постановка задачи, переход от исходного дифференци-

ального уравнения к интегральному, дискретизация границы исследуемой области, алгоритм метода.

Тема 3.3. Особенности проведения численного эксперимента

Вычислительный эксперимент. Применение компьютеров при математическом моделировании. Оптимизационный вычислительный эксперимент.

Раздел 4. Методы синтеза теплотехнических систем

Тема 4.1. Основные понятия и классификация методов синтеза, их основные характеристики

Основные понятия и классификация методов синтеза, их основные характеристики. Общая постановка задачи синтеза оптимальной системы теплообмена.

Тема 4.2. Обзор методов синтеза

Метод структурных параметров, метод динамического программирования, эвристические методы, эволюционные методы, комбинаторные методы.

Тема 4.3. Примеры решения задач синтеза оптимальных теплотехнических систем

Примеры применения методов для синтеза теплотехнических систем: синтез схем теплообмена, поиск оптимальных схем системы теплоснабжения, системы теплообмена с максимальной рекуперацией теплоты, оценка вариантов.

Раздел 5. Оптимизация теплоэнергетических систем

Тема 5.1. Введение в проблему оптимизации теплотехнических систем

Постановка задач оптимизации теплотехнических систем. Процесс оптимизации: цель, основные этапы, область оптимизации, виды оптимумов. Структурная и параметрическая оптимизация.

Тема 5.2. Методы одномерного поиска

Общая характеристика, критерии сравнения методов. Методы одномерного поиска: метод общего поиска; метод деления пополам; метод золотого сечения. Алгоритмы и графическая интерпретация, преимущества и недостатки.

Тема 5.3. Методы многомерной оптимизации

Методы многомерной оптимизации: метод покоординатного подъема; методы исключения областей; метод случайного поиска; градиентные методы; симплекс-метод; метод штрафных функции. Алгоритмы и графическая интерпретация, преимущества и недостатки.

Тема 5.4. Оптимизация конструкций и режимов теплотехнологических систем

Оптимизация режимов работы систем теплоснабжения. Оптимальное распределение теплоисточников в системе централизованного теплоснабжения. Оптимизация режимов работы пламенных печей и сушилок. Решение задач оптимизации режимов работы энергетического оборудования.

Тема 5.5. Учет и анализ надежности теплотехнических систем в процессе их оптимизации

Общие понятия теории надежности; критерии надежности теплотехнических систем; методы качественного и количественного анализа надежности, структурные схемы надежности, функций и режимов работы; анализ отказов элементов с целью определения возможных последствий. Методы обеспечения оптимальной надежности теплотехнических систем.

Тема 5.6. Методы моделирования теплотехнических систем на метауровне

Применение методов исследования операций для моделирования теплотехнических систем на метауровне. Примеры постановки задач, подходы и основные алгоритмы их решения.

Раздел 6. Технологические аспекты управления теплотехническими системами

Тема 6.1. Основы современных подходов к управлению теплотехническими системами

Основы современных подходов в теории управления. Структура и состав автоматизированных систем управления технологическими процессами теплотехнических систем. Задачи автоматизации промышленных проектов. Основные принципы и законы регулирования, их недостатки и преимущества. Критерии устойчивости схем управления. Классификация систем автоматизированного регулирования. Обзор измерительных средств, применяемых автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике.

Тема 6.2. Методические аспекты синтеза автоматизированных систем управления технологическими процессами систем теплоснабжения

Классификация задач технологического уровня методического обеспечения АСУ ТП теплоснабжения. Структура и состав АСУ ТП теплоснабжения. Станции автоматического управления отдельными объектами систем централизованного теплоснабжения.

Тема 6.3. Управление теплотехническими системами по критерию экономии топлива

Основные проблемы сохранения потенциала энергии при использовании топливно-энергетических ресурсов на промышленных объектах. Особенности подходов к управлению теплотехническими системами и процессами по критерию экономии топлива.

ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Примерные темы курсовых проектов:

- оптимизация при проектировании системы теплоснабжения предприятий различных отраслей промышленности;
- оптимизация при реконструкции источника и системы теплоснабжения предприятий различных отраслей промышленности;
- оптимизация при локализации источников теплоснабжения промышленных предприятий с учетом местных энергоресурсов и нетрадиционных источников энергии;
- оптимизация и управление системами отопления промышленных предприятий.

Цель курсового проекта – закрепление знаний и умений по современным технологиям управления теплотехническими объектами по критерию экономии топлива и тепловой энергии, методам оптимизации для решения задач технико-экономического обоснования выбора энергетического оборудования и режимов его работы, методике синтеза и анализа технологических схем теплоэнергетических систем и их элементов.

Курсовой проект позволит студентам творчески решать инженерно-технические и производственные вопросы:

- составлять энергетические балансы энергетических и технологических объектов и систем, определять потери топливно-энергетических ресурсов, разрабатывать технические мероприятия по повышению энергетической эффективности системы теплоснабжения;

- осуществлять структурную и параметрическую оптимизацию развития теплоэнергетических объектов и систем.

- Всего часов по курсовому проектированию – 60, всего аудиторных часов – 16, из них практических занятий – 16 часов. Примерный перечень практических занятий по курсовому проектированию:

- составление перечня и характеристик основных и вспомогательных подразделений промышленного предприятия, создание генерального плана предприятия;

- разработка расходной части теплового (топливного) баланса предприятия;

- выбор места расположения и мощности источника системы теплоснабжения по вариантам;

- выбор диаметров участков трубопроводов системы теплоснабжения по вариантам, гидравлических расчет;

- расчет нормативных потерь во внешних трубопроводах системы теплоснабжения по вариантам;

- выбор схем управления (тепловых вводов, пунктов) параметров теплоносителей;

- технико-экономическое обоснование вариантов систем теплоснабжения со стороны государства и инвестора, определение простого и динамического сроков окупаемости проектов.

Трудоемкость к П - 1,5 зар. ед.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(Дневная форма получения образования)

Специальность

1-43 01 05 - «Промышленная теплоэнергетика»

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Системы теплоснабжения промышленных предприятий. Методы исследования теплотехнических систем	18	8		10			
1.1.	Теплотехнические системы как объект математического моделирования	4						экзамен
1.2.	Сравнительная оценка основных подходов к исследованию теплотехнических систем	2						экзамен
1.3.	Методы построения математических моделей теплотехнических систем	12	8		10			ЗЛР, экзамен
2.	Методология математического моделирования теплотехнических систем на макроуровне	16						
2.1.	Структура математической модели теплотехнической системы на макроуровне	2						экзамен
2.2.	Основные подходы расчета структурных схем теплотехнических систем	6						экзамен
2.3.	Методы моделирования теплофизических свойств теплоносителей и рабочих тел	4						экзамен
2.4.	Основные положения моделирования и оптимизации теплоэнергетической системы промышленного предприятия	4						экзамен
3.	Методы моделирования теплотехнических систем на микроуровне	16	6		6			
3.1.	Метод конечных разностей	8	6		6			ЗЛР, экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.2.	Метод конечных элементов. Метод граничных элементов	6						экзамен
3.3.	Особенности проведения численного эксперимента	2						экзамен
4.	Методы синтеза теплотехнических систем	14	2					
4.1.	Основные понятия и классификация методов синтеза, их основные характеристики	2						экзамен
4.2.	Обзор методов синтеза	4						экзамен
4.3.	Примеры решения задач синтеза оптимальных теплотехнических систем	8	2					экзамен
5.	Оптимизация теплоэнергетических систем	24	14		14			
5.1.	Введение в проблему оптимизации теплотехнических систем	2						экзамен
5.2.	Методы одномерного поиска	4						экзамен
5.3.	Методы многомерной оптимизации	4	4		6			ЗЛР, экзамен
5.4.	Оптимизация конструкций и режимов теплотехнологических систем	6	8		6			ЗЛР, экзамен
5.5.	Учет и анализ надежности теплотехнических систем в процессе их оптимизации	6	2		2			ЗЛР, экзамен
5.6.	Методы моделирования теплотехнических систем на метауровне	2						экзамен
6.	Технологические аспекты управления теплотехническими системами	8	2		2			
6.1.	Основы современных подходов к управлению теплотехническими системами	4	2		2			ЗЛР, экзамен
6.2.	Методические аспекты синтеза автоматизированных систем управления технологическими процессами систем теплоснабжения	2						экзамен
6.3.	Управление теплотехническими системами по критерию экономии топлива	2						экзамен
	Итого:	96	32		32			

Примечание: ЗЛР – защита лабораторной работы.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 (Заочная форма получения образования)
 1-43 01 05 - «Промышленная теплоэнергетика»

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля зна- ний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Системы теплоснабжения промышленных предприятий. Методы исследования теплотехнических систем	4/3	4/2		4/2			
1.1.	Теплотехнические системы как объект математического моделирования	1/--						экзамен
1.2.	Сравнительная оценка основных подходов к исследованию теплотехнических систем							экзамен
1.3.	Методы построения математических моделей теплотехнических систем	3/3	4/2		4/2			ЗЛР, экзамен
2.	Методология математического моделирования теплотехнических систем на макроуровне	2/2						
2.1.	Структура математической модели теплотехнической системы на макроуровне	1/1						экзамен
2.2.	Основные подходы расчета структурных схем теплотехнических систем	1/1						экзамен
2.3.	Методы моделирования теплофизических свойств теплоносителей и рабочих тел							экзамен
2.4.	Основные положения моделирования и оптимизации теплоэнергетической системы промышленного предприятия							экзамен
3.	Методы моделирования теплотехнических систем на микроуровне	3/2						
3.1.	Метод конечных разностей	2/2						экзамен

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.2.	Метод конечных элементов. Метод граничных элементов	1/-						экзамен
3.3.	Особенности проведения численного эксперимента							экзамен
4.	Методы синтеза теплотехнических систем	2/2						
4.1.	Основные понятия и классификация методов синтеза, их основные характеристики							экзамен
4.2.	Обзор методов синтеза	1/1						экзамен
4.3.	Примеры решения задач синтеза оптимальных теплотехнических систем	1/1						экзамен
5.	Оптимизация теплоэнергетических систем	6/6	4/4		4/4			
5.1.	Введение в проблему оптимизации теплотехнических систем							экзамен
5.2.	Методы одномерного поиска	2/2						экзамен
5.3.	Методы многомерной оптимизации		4/4		4/4			ЗЛР, экзамен
5.4.	Оптимизация конструкций и режимов теплотехнологических систем	2/2						экзамен
5.5.	Учет и анализ надежности теплотехнических систем в процессе их оптимизации	2/2						экзамен
5.6.	Методы моделирования теплотехнических систем на метауровне							экзамен
6.	Технологические аспекты управления теплотехническими системами	3/3						
6.1.	Основы современных подходов к управлению теплотехническими системами	2/2						экзамен
6.2.	Методические аспекты синтеза автоматизированных систем управления технологическими процессами систем теплоснабжения	1/1						экзамен
6.3.	Управление теплотехническими системами по критерию экономии топлива							экзамен
	Итого:	✓ 20/18 ✓	✓ 8/6 ✓		✓ 8/6 ✓			

Примечание: ЗЛР – защита лабораторной работы.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Михневич, А. В. Гидравлические расчеты в теплоэнергетике : учеб. пособие для вузов / А. В. Михневич, О. Л. Рыхтер, Н. Н. Михневич. – Минск : Технопринт, 2000. – 278 с.
2. Охорзин В.А. Компьютерное моделирование в системе MathCad. Учебный курс. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 143 с.
3. Петренко, Ю. Н. Программное управление технологическими комплексами в энергетике: учебное пособие для вузов / Ю. Н. Петренко, С. О. Новиков, А. А. Гончаров. – Минск : Вышэйшая школа, 2013. – 406 с.
4. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети : учебник для вузов. / Е.Я. Соколов. – 7-е изд., стер. – М.: МЭИ, 2001. – 472 с.
5. Тепловое оборудование и тепловые сети : учебник для вузов / Г. В. Арсеньев [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.
6. Турчак Л.И. Основы численных методов: Учеб. Пособие. – М.: Наука, 1987. – 318 с.

Дополнительная литература

7. Аттетков, А.В. Методы оптимизации : учебник для вузов / под ред. В.С. Зарубина, А. П. Крищенко. – 2-е изд., стер. – М.: МГТУ, 2003. – 439 с.
8. Безгрешнов А.Н. и др. Расчет паровых котлов в примерах и задачах. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
9. Дульнев Г.Н., Парфенов В.Г., Сигалов А.В. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена. – М.: Высш. Шк., 1990. – 206 с.
10. Дэннис, Дж. Численные методы безусловной оптимизации и решения нелинейных уравнений: Пер.с англ. / Дж. Дэннис – М. : Мир, 1988. – 440 с.
11. Иванов, А. А. Управление в технических системах : учебное пособие для вузов / А. А. Иванов, С. Л. Торохов. – М.: Форум, 2012. – 271 с.
12. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. – СПб: ВНУ, 1997. – 384 с.
13. Плетнев, Г. П. Автоматизация технологических процессов и производств в теплоэнергетике : учебник для студентов вузов / Г. П. Плетнев. – 4-е изд. – М.: Издательство МЭИ, 2007. – 351 с.
14. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник/Под общ.ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина.– М.:Энергоатомиздат, 1991.
15. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / под общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. – 3-е изд.. – М.: МЭИ, 2004. – 630 с.
16. Струченков В. И. Методы оптимизации: основы теории, задачи, обучающие компьютерные программы: учеб. пособие. / В.И. Струченков В. И. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Экзамен, 2007. – 255 с.

17. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник / под общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорина. – 3-е изд.. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 561 с.
18. Токоचाков В.И. Моделирование, оптимизация и управление теплотехническими системами: лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" дневной и заочной форм обучения. В 3 ч. Ч.1 / В. И. Токочаков. – Гомель: ГГТУ, 2009. – 32 с.
19. Токочаков В.И. Моделирование, оптимизация и управление теплотехническими системами: лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" дневной и заочной форм обучения. В 3 ч. Ч.2 / В. И. Токочаков. – Гомель: ГГТУ, 2009. – 41 с.
20. Токочаков В.И. Моделирование, оптимизация и управление теплотехническими системами: лабораторный практикум по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 "Промышленная теплоэнергетика" дневной и заочной форм обучения. В 3 ч. Ч.3 / В. И. Токочаков. – Гомель: ГГТУ, 2010. – 39 с.
21. Эстеркин Р.И. Котельные установки. / Р.И. Эстеркин – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.
22. Шульц, Л.А. Теплоэнергетическое оборудование и энергосбережение: учебное пособие для вузов / Л. А. Шульц. – М.: Учеба, 2007. – 251 с.

Учебно-методические комплексы

23. Токочаков, В.И. Моделирование, оптимизация и управление теплотехническими системами: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В.И. Токочаков; кафедра "Информационные технологии". – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. Режим доступа: <http://elib.gstu.by/handle/220612/1987>.

Список литературы оверек АИ (Титова И.В.)
Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Математическое моделирование котельной.
2. Моделирование рассеивания вредных примесей и выбор высоты дымовой трубы котельной.
3. Решение задачи методом конечных разностей.
4. Решение задачи оптимизации методом линейного программирования.
5. Решение задачи оптимизации методом нелинейного программирования.
6. Энергетический баланс хлебопекарной печи.
7. Моделирование зерновой сушилки.
8. Анализ структурной надежности системы.
9. Критерии устойчивости систем управления.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Математическое моделирование котельной с водогрейными котлами.
2. Математическое моделирование котельной с паровыми котлами.
3. Математическое моделирование котельной с паровыми и водогрейными котлами.
4. Моделирование рассеивания вредных примесей и выбор высоты дымовой трубы.
5. Решение задач методом конечных разностей.
6. Решение задачи о рюкзаке.
7. Решение оптимизационной задачи методом линейного программирования.
8. Решение оптимизационной задачи методом нелинейного программирования.
9. Энергетический баланс хлебопекарной печи при сжигании природного газа.
10. Энергетический баланс хлебопекарной печи при сжигании жидкого топлива.
11. Моделирование зерновой сушилки при сжигании жидкого топлива.
12. Моделирование зерновой сушилки при сжигании природного топлива.
13. Анализ структурной надежности системы.
14. Критерии устойчивости систем управления.

Тестовые задания

На учебном портале университета размещены вопросы к тестам по модулям, по семестрам.

Характеристика инновационных подходов к преподаванию учебной дисциплины

Для дисциплины используется модульно-рейтинговая система контроля качества усвоения знаний, Интернет-ресурсы.

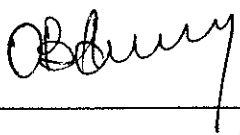
Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

Студент согласно графика учебного процесса должен посещать все виды занятий, своевременно защищать лабораторные работы и курсовой проект, проходить тесты.

Информация по контролю качества усвоения знаний

Для дисциплины используется модульно-рейтинговая система контроля качества усвоения знаний. Оценки на экзамене формируются на основе полученных баллов текущего, поощрительного и контрольного рейтингов.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Теплоэнергетические системы промышленных предприятий	ПТиЭ	Согласование не требуется 	№ 7 от 28.11.2016

Библиотека ГГТУ ИМ. П. А. Флаева