

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ и ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Уральский энергетический институт

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
« » 20 г.






РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры <i>Теоретическая и прикладная теплотехника</i>	Код ПА 2.4.6
Группа специальностей <i>Энергетика и электротехника</i>	Код 2.4
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Мунц Владимир Александрович	Профессор, доктор технических наук	Заведующий кафедрой	Теплоэнергетика и теплотехника	
2	Голдобин Юрий Матвеевич	доктор технических наук, доцент	Профессор	Теплоэнергетика и теплотехника	
3	Павлюк Елена Юрьевна	кандидат технических наук доцент,	Доцент	Теплоэнергетика и теплотехника	

Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральского энергетического

Председатель учебно-методического совета
Протокол № 3 от 16.05.22.



[Н.В. Гредасова]

Согласовано:

Начальник ОПНПК



[Е.А. Бутрина]

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ *Теоретическая и прикладная теплотехника*

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Настоящая дисциплина относится к дисциплинам базовой части. Дисциплина является фундаментальной, она участвует в формировании базовых знаний в области теплотехники как теоретического, так и прикладного направления. Изучаются современные научные и технические подходы к эксплуатации и исследованию теплотехнического оборудования, а также химической термодинамики, термодинамики фазовых переходов, термодинамики поверхностных явлений и неравновесной термодинамики переноса энергии и массы. На базе последних строятся соотношения для расчета теплообменных аппаратов для двухкомпонентных потоков с фазовыми переходами.

Основная цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов комплекса базовых знаний и практических навыков, позволяющих на современном уровне (на уровне современных требований) анализировать проблемы науки и производства теплоты с целью их совершенствования.

Программа дисциплины разработана с учетом Паспорта научной специальности 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника. Программа объединяет предыдущие номенклатуры специальностей: 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Дисциплина формирует комплексные знания на базе теоретических, экспериментальных и прикладных исследований термодинамических, тепловых, гидрогазодинамических, механических и физико-химических процессов, протекающих в теплотехнического оборудования различного назначения (котельные установки, теплообменные аппараты, криогенная техника), а также математическое моделирование тепловых процессов.

1.2. Язык реализации дисциплины - русский

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- направления развития парогенераторостроения и теплоэнергетических установок;
- способы обеспечения соответствия объектов профессиональной деятельности мировым стандартам и требованиям к техническому уровню, качеству и сертификации парогенераторов и теплоэнергетических установок;
- новые материалы;
- экологически чистые технологии;
- новые виды преобразования энергии;
- перспективы и пути совершенствования расчетных методик для создания численных моделей парогенераторов;
- технико-экономические проблемы выбора параметров оборудования;
- современные тенденции и методы повышения эффективности, надежности и экологической безопасности теплоэнергетических установок;
- основы современных методов технико-экономического анализа применительно к задачам проектирования и моделирования парогенераторов и теплоэнергетических установок.

Уметь:

- определять эффективность моделируемых изделий и конструкций на основе технико-экономических расчетов и анализа;
- анализировать информацию, получаемую с помощью компьютерных технологий, и принимать решения в соответствии с ней;
- анализировать информацию с объектов энергетики и принимать на её основе обоснованные технические решения;
- определять возможные направления совершенствования энергоустановок на различных этапах их жизненного цикла.

Владеть:

приемами численного расчета и моделирования;
 практическими навыками для определения эффективности работы объектов энергетики и теплоэнергетических установок;
 представлениями о проблемах и методах обеспечения надежности энергоустановок.

Это возможно при выполнении следующих мероприятий:

стратегия развития энергетики РФ должна предусматривать развитие отечественного теплотехнического оборудования. Обе стратегии должны быть взаимоувязаны;

технический уровень отечественных приборостроительных и других предприятий должен соответствовать современному мировому уровню;

необходимо активизировать разработки по совершенствованию энергетического оборудования, производимого отечественными предприятиями;

методами дифференцирования, интегрирования функций, основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования;

основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешности измерений;

Основная цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов комплекса базовых знаний и практических навыков, позволяющих на современном уровне (на уровне современных требований) анализировать проблемы моделирования и численного расчета рабочих процессов в парогенераторах и теплоэнергетических установках с целью их совершенствования.

Демонстрировать навыки и опыт деятельности:

- навыками постановки задачи для экспериментального исследования или математического моделирования в области проектирования, расчета теплотехнического оборудования;
- в вопросах проектирования и эксплуатации тепловых установок различного назначения.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6 семестр
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия			
4.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	108	0,6	104
5.	Промежуточная аттестация	2,33	1	э
6.	Общий объем по учебному плану, час.	108		108
7.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		

*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3, - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.4 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий).

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного аспиранта.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

[содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий]

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P.1.	Фундаментальные основы промышленной теплоэнергетики	
P1.T.1	Техническая термодинамика. Основные законы	Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Изопроцессы. Применение первого закона термодинамики к расчетам изопроцессов. Второй закон термодинамики. Энтропия. Термодинамические потенциалы и их применение в термодинамических расчетах. Водяной пар. P-V, T-S, H-S диаграммы и таблицы. Их применение в термодинамических расчетах. Влажный воздух. H-D диаграммы. Циклы Карно, Ренкина. Циклы двигателей внутреннего сгорания и газовых турбин.
P1.T.2	Термодинамика потока.	Термодинамика потока. Скорость звука. Сопло Лаваля. Истечение водяного пара. Дросселирование. Конвективный тепло- и массоперенос. Законы сохранения массы, потока импульса, энергии. Законы Ньютона, Фурье и Фика. Основы теории пограничного слоя. Автомодельные решения уравнений ламинарного слоя. Особенности расчета тепло- и массообмена при турбулентном течении жидкости. Влияние на тепло- и массообмен вдува и отсоса вещества. Решения для ламинарного слоя и турбулентный слой
P1.T.3	Тепломассообмен	Трение и теплообмен при массообмене на поверхности тел. Внутренние задачи тепло- и массопереноса. Трение и теплообмен при ламинарном и турбулентном течениях в трубах. Тепло- и массообмен при фазовых превращениях. Кипение внутри труб. Особенности двухфазного потока и теплообмена. Влияние давления на процесс кипения. Конденсация пленочная и капельная. Конденсация паров из смеси с инертными газами. Тепло- и массообмен при испарении жидкости в парогазовую среду. Тепло- и массообмен в процессах сублимации: с открытой поверхности, из пористой металлокерамики. Диффузия жидкости в газопыльные среды и перенос массы в капиллярно-пористых телах. Дифференциальные уравнения диффузии
P1.T.4	Отдельные задачи тепло- и массообмена	Радиационный теплообмен. Законы Планка, Ламберта, Кирхгофа, Стефана—Больцмана. Теплообмен излучением в прозрачных и поглощающих средах. Собственное интегральное излучение твердых тел. Спектр излучения твердых тел. Поглощательная и излучательная способности тела. Тепловое излучение в процессах интенсивного теплообмена, сушки и других технологических процессах. Процессы смесеобразования. Молекулярная и турбулентная диффузия. Смесеобразование в турбулентных слоях. Аналогия между диффузией и теплообменом.
P1.T.5	Основы теории горения, интенсификация процессов горения	Процессы самовоспламенения и распространения пламени. Самовоспламенение и зажигание горючих смесей. Тепловая и цепная теория самовоспламенения. Концентрационные границы самовоспламенения и зажигания. Самовоспламенение твердого топлива. Нормальное горение. Турбулентное распространение пламени в газовых смесях. Механизм и кинетика горения индивидуальных газов. Механизм термического разложения углеводородов. Диффузионный, кинетический и смешанный принципы сжигания. Устойчивость горения газового факела. Методы интенсификации сжигания газов. Основные реакции горения и газификации углерода. Термическое разложение натуральных топлив. Роль летучих и золы в процессах горения. Особенность горения угольной пыли. Горение и газификация угля

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
		в неподвижном слое. Пути интенсификации горения твердого топлива. Воспламенение и механизм горения жидкого топлива. Горение распыленного топлива в факеле. Интенсификация процессов горения
Р1.Т6	Гидро- и газодинамика	<p>Кинематика сплошной среды. Движение малой частицы жидкости и теорема Гельмгольца о движении жидкости в общем случае. Потенциальные и вихревые движения в жидкости. Линия тока и вихревая линия. Методы изучения движения жидкости. Основные уравнения движения жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнение расхода. Уравнения движения в форме Эйлера, и Навье -Стокса. Интегральные уравнения движения для идеальной жидкости. Уравнение энергии и его формы.</p> <p>Одномерная схема течения. Уравнения одномерного течения. Параметры полного торможения. Скорость звука и критическая скорость. Связь безразмерных параметров потока с безразмерными скоростями. Критические параметры. Условия перехода через скорость звука. Приведенный расход и удельный приведенный расход. Газодинамические функции. Осреднение неравномерных потоков и приведение их к одномерной схеме течения.</p> <p>Гидравлический удар в трубопроводе. Уравнение Н.Е. Жуковского о подъемной силе. Возникновение скачков уплотнений. Прямой скачок уплотнения и его расчет. Истечение из сопл и непрофилированных отверстий. Теория подобия и размерностей. Задачи теории подобия. Коэффициенты подобия и числа подобия.</p> <p>Способы осреднения турбулентных потоков и их основные характеристики. Уравнение Рейнольдса. Пограничный слой. Пути решения уравнений для пограничного слоя. Модели турбулентности. Отрыв пограничного слоя и пути его предотвращения. Численные решения задач МЖГ. Течение двухфазных и двухкомпонентных сред</p>
Р.2	Источники и системы теплоснабжения предприятий	
Р2.Т1	Определение основных тепловых нагрузок	Методы определения потребности промышленных потребителей в паре и горячей воде. Нагрузки на отопление, вентиляцию, кондиционирование и горячее водоснабжение. Методы определения расчетного расхода воды и пара. Выбор основного и вспомогательного оборудования котельных в зависимости от подключенных нагрузок.
Р2.Т2	Тепловые сети	Тепловые сети. Тепловой и прочностной расчеты элементов тепловых сетей. Расчет тепловых схем, выбор режима работы утилизационных установок параллельно с заводскими и районными котельными, ТЭЦ и конденсационными электрическими станциями. Использование математического моделирования, пакетов прикладных программ, банков данных для расчета систем теплоснабжения.
Р2.Т3	Источники теплоты	Промышленные котельные. Тепловые схемы и их расчет. Методы распределения нагрузки котлами. Энергетические, экономические и экологические характеристики котельных. Теплоэлектроцентрали промышленных предприятий. Методика определения энергетических показателей теплоэлектроцентралей. Утилизационные котельные, теплонасосные установки и ТЭЦ, использующие вторичные энергетические ресурсы предприятий для генерации тепла и электроэнергии.
Р3.	Котельные установки и парогенераторы	
Р3. Т1.	Классификация котельных установок	Источники теплоты промышленных котельных установок. Типы котлов, их классификация. Конструкции котлов с естественной

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
		циркуляцией, прямоточных и с многократной принудительной циркуляцией. Водогрейные и паро-водогрейные котлы
P3.T2	Основы расчета котельных установок. Использование современных модельных представлений	Материальные и тепловые балансы котельных установок при работе на газовом, жидком и твердом топливах. Расчет топочных устройств для сжигания газового, жидкого и твердого топлив, производственных отходов. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции. Пароперегреватели котлов. Методы регулирования температуры пара. Экономайзеры и их включение в питательные магистрали.
P3.T3	Экологический аспект эксплуатации оборудования	Очистка продуктов сгорания от твердых и газообразных примесей. Определение основных характеристик работы котельного агрегата по результатам испытаний.
P4	Тепловые двигатели и нагнетатели	
P4.T1	Основы теории	Место нагнетателей и тепловых двигателей в системах теплоэнергоснабжения промышленных предприятий. Классификация и область применения нагнетателей объемного действия и поршневых детандеров. Схемы поршневых компрессоров. Принцип работы поршневого детандера. Холодопроизводительность, КПД и отводимая мощность поршневого детандера. Теоретическая характеристика нагнетателя.
P4.T2	Расчет нагнетателей и компрессорных ашин	Общая классификация потерь в нагнетателях. Способы изменения характеристики вентилятора. Особенности работы насосов в сети. Центробежные и осевые компрессоры. Основные способы изменения характеристики компрессора..
P4.T3	Основы теории турбин, области их реализации	Типы паровых турбин. Работа и мощность турбинной ступени. Типы потерь в проточной части турбины. Баланс энергии и структура КПД турбинной ступени. Анализ потерь в характерных сечениях турбины. Работа турбинной ступени в переменном режиме. Принципиальные схемы паротурбинных установок. Схемы газотурбинных установок. Особенности работы высокотемпературных ступеней газовой турбины. Работа газовой турбины в составе энергетических и приводных установок. Особенности работы турбодетандеров. Область применения двигателей Стирлинга
P5	Технологические энергоносители предприятий	
P5.T1	Основные типы теплоносителей	Системы производства и распределения энергоносителей на промышленных предприятиях. Характеристика энергоносителей. Методика определения потребности в энергоносителях.
P5.T2	Системы воздухообеспечения предприятий. Основы расчета	Система воздухообеспечения. Определение расчетной нагрузки для проектирования компрессорной станции. Методика определения потребности в воде на технологические и противопожарные нужды предприятия. Прямоточные, оборотные и бессточные системы технического водоснабжения.
P5.T3	Газоснабжение предприятий. Основы расчета	Расчет системы газоснабжения. Газовый баланс предприятия. Определение расчетной потребности в газе. Природные искусственные и отходящие горючие газы. Проблемы очистки, аккумулирование, использование избыточного давления. Проблемы защиты окружающей среды.
P5.T4	Системы холодоснабжения, моделирование и расчет	Системы холодоснабжения. Методика определения потребности в холоде. Системы обеспечения предприятий продуктами разделения воздуха. Схемы потребителей технического и технологического кислорода, азота, аргона и других продуктов разделения. Методы расчета технологических схем станций разделения.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

«не предусмотрено»

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

«не предусмотрено»

3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

«не предусмотрено»

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)

Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.
----------------------------	--	--	--

4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

«не предусмотрено»

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Основные законы излучения. Теплообмен излучением в топках котлов.
2. Массообмен при горении твердого топлива .
3. Циклы ГТУ, его КПД, основные характеристики
4. Материальный, энергетический тепловой баланс теплотехнологических установок.
5. Цикл Ренкина на перегретом паре. Способы повышения использования теплоты сгорания топлива в цикле ПГУ
6. Органическое топливо. Теплотворная способность топлив. Особенности сжигания различных видов топлива.
7. Циклы ДВС, их разновидности, КПД
8. Нетрадиционные источники энергии. Теплонасосные установки.
9. Возобновляемые источники энергии. Гелиоэнергетика, ветряные двигатели.
10. Понятие о неравновесной термодинамике. Постулаты Пригожина.
11. Принципы разделения бинарных смесей
12. Основное уравнение теплопроводности. Регулярный тепловой режим
13. Расчет теплообмена в топках паровых котлов
14. Способы термохимической подготовки топлива и других энергоносителей к использованию в теплотехнологических установках
15. Испарительное охлаждение промышленных установок
16. Горение коксовой частицы
17. Нестационарная теплопроводность
18. Определение расчетной нагрузки для проектирования компрессорной станции
19. Тепловой баланс котла.
20. Теплоотдача при вынужденной конвекции
21. Испарительные и выпарные установки
22. Скорость нормального распространения пламени
23. Основы кинетики и динамики сушки. Тепловой баланс конвективной сушильной установки
24. Схемы потребления технического и технологического кислорода
25. Математическое моделирование теплотехнических процессов в теплотехнологиях
26. Молекулярная и турбулентная диффузия
27. Смесеобразование в турбулентных слоях
28. Основы методики расчета простых и сложных контуров циркуляции
29. Баланс энергии и структура, КПД турбинной ступени.

30. Динамика потребления энергетических ресурсов
31. Уравнение Фурье – Фика
32. Тепловой, гидравлический расчеты регенеративных теплообменников
33. Центробежные и осевые компрессорные машины. Основные способы изменения характеристик
34. Теория Прандтля – теория пограничного слоя
35. Закон сохранения массы, потока импульса энергии
36. Основные реакции горения и газификации углерода
37. Схема газотурбинных установок. Работа газовой турбины в составе энергетических установок
38. Диффузионный, кинетический и смешанный принципы сжигания
39. Эмпирические закономерности Фурье и Фика.
40. Парадоксы классической теории теплопроводности.
41. Волновые уравнения нестационарного теплопереноса

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

5.1. Рекомендуемая литература

Основная литература

1. В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. Теплопередача. М., Энергоиздат, 1981.
2. Ю.М. Коршунов. Математические основы кибернетики // М., Энергоатомиздат, 1987.
3. Г.Н. Дульнев, В.Г. Парфенов, А.В. Сигалов. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена // М., Высшая школа, 1990.
4. В.И. Ракитин, В.Е. Первушин. Практическое руководство по методам вычислений. // М., Высшая школа, 1998.
5. Г.Б. Беляев. Элементы математического и программного обеспечения расчетов динамических характеристик теплообменного оборудования // М., МЭИ, 1991.
6. В.Я. Арсенин. Математическая физика. Основные уравнения и специальные функции // М., Наука, 1971.
7. В.В. Кафаров. Методы кибернетики в химии и химической технологии // М., Химия, 1976.
8. В.В. Кафаров, В.П. Мешалкин. Проектирование и расчет оптимальных систем технологических трубопроводов // М., Химия. 1991.
9. В.В. Иванов. Методы вычислений на ЭВМ. Справочное пособие // Киев, Наукова Думка, 1986.
10. Л.С. Попырин. Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических установок // М., Энергия, 1978.
11. Р.П. Федоренко. Введение в вычислительную физику // М., Изд. МФТИ, 1994.
12. Термодинамические параметры при сжатии влажного газа / С.Л. Маграчев, Г.П. Ясников, Ю.В. Кузнецов, Л.Г. Гальперин // В сборнике «Надежность и экономичность компрессорных машин». Изд. УПИ, Свердловск, 1971.
13. Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селиверстов // М., Машиностроение, 1989. – 368 с.

Дополнительная литература

1. Е.И. Таубман. Анализ и синтез теплотехнических систем // М., Энергоатомиздат, 1983.
2. Ю.Б. Мельников. Математическое моделирование: структура, алгебра моделей, обучение построению математических моделей // Екатеринбург, Уральское издательство, 2004.
3. Б.Х. Ишмухаметов, М.И. Кацнельсон. Механика. Учебное пособие // Екатеринбург, 1999.

2.2. Программное обеспечение

1. Комплект презентаций по темам дисциплины для мультимедийного проектора

2.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Официальный интернет-сайт Министерства энергетики РФ: <http://minenergo.gov.ru>

2. Официальный интернет-сайт ОАО «Viessmann»: <http://www.viessmann-ural.ru/>
3. Официальный интернет-сайт ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» <http://www.ckti.ru/>
4. Официальный интернет-сайт ОАО Всероссийский теплотехнический институт <http://www.vti.ru/>

5.2. Методические разработки

Не используются

5.3. Программное обеспечение

Программный комплекс Zulu

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) eLibrary <http://elibrary.ru/>
- 2) Scopus <http://www.scopus.com/>
- 3) Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
- 4) EBSCO publishing <http://search.ebscohost.com/>
- 5) ЭБС Университетская библиотека онлайн <http://www.biblioclub.ru/>
- 6) Издательство "Лань" <http://e.lanbook.com/ook.com/>
- 7) Поисковая система Google <https://www.google.com/>
- 8) Поисковая система Yandex <https://yandex.ru/>

5.5. Электронные образовательные ресурсы

Не используются

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Google Chrome, Mozilla Firefox
2	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Windows Server Datacenter 2012R2 Single MVL 2Proc A Each Academic Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Google Chrome, Mozilla Firefox