

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 27.03.2024 15:11:26  
Уникальный программный ключ:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2716140011

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель директора по УМР



Т.А. Харитонова

«23» июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем


направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

направленность (профиль): Цифровой инжиниринг и энергосберегающие технологии

форма обучения: очная, заочная

Рабочая программа разработана для обучающихся по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», направленность (профиль): Цифровой инжиниринг и энергосберегающие технологии.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика»

Заведующий кафедрой  А. П. Белкин

Рабочую программу разработал:  
О.А. Степанов, д.т.н., профессор кафедры ПТ



Н.В. Рыдалина, старший преподаватель кафедры ПТ



## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины:

- формирование у студентов знаний, умений и навыков применения математических методов моделирования и оптимизации теплоэнергетических процессов для установок тепловых электрических станций и промышленных предприятий.

Задачи дисциплины:

- овладение студентами методами и приемами аналогового, физического и математического моделирования;

- выработка навыков и умений: математического моделирования процессов, аппаратов и систем теплоэнергетики;

- овладение навыками проведения вычислительного эксперимента;

- выработка навыков использования вычислительной техники и компьютерных технологий для исследования и отбора оптимальных вариантов установок и систем теплоэнергетики.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

- знание основных законов движения жидкостей и газов, методов теоретического исследования движения, теплообмена и термодинамики теплоносителей;

- умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин для решения задач теплообмена происходящем в теплоэнергетическом оборудовании ТЭС и применять физико-математический аппарата для исследования режимов работы оборудования ТЭС;

- владение методами и способами решения задач оптимизации работы теплоэнергетического оборудования ТЭС с использованием соответствующего физико-математического аппарата.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Теория принятия решений», «Современные проблемы энерго- и ресурсосбережения в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии», «Физические основы генерации и преобразования энергии» и служит основой для освоения дисциплин «Теория и практика инженерного исследования», «Принципы эффективного управления в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии», «Основы инженерного проектирования и реконструкции теплоэнергетических систем», «Основы методологии и принципы интенсивного энергосбережения».

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование результата обучения по дисциплине
<p><i>ПКС-8. Способность подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований, а так же разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере</i></p>	<p>ПКС-8.1 Владеет методами подготовки научно-технических обзоров по проблемам повышения энергетической эффективности установок, систем и комплексов современной теплоэнергетики</p>	<p>Знать (З1): методы оптимизации параметров ТЭС; методы принятия решений в условиях неопределенности исходной информации; Уметь (У1): определять места разрывов обратных связей и составлять алгоритм расчета тепловой схемы, логически и математически формулировать задачу оптимизации параметров ТЭС, сравнивать эффективность и выбирать методы нелинейного программирования. Владеть (В1): способностью определять места разрывов обратных связей, делать выводы и заключения по результатам проведенных исследований.</p>
	<p>ПКС-8.2. Применяет знания для разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере.</p>	<p>Знать (З2): методы решения систем балансовых уравнений и способы получения исходной информации для математического моделирования; Уметь (У2): представлять ТЭС различных типов в виде иерархических структур, формулировать задачу математического моделирования ТЭС применительно к различным условиям, решать систему балансовых уравнений; Владеть (В3): навыком представления тепловой схемы ТЭС в виде ориентированного графа; навыком анализа графов и определять объем математической модели ТЭС, составлять уравнения тепловых, гидравлических, аэродинамических и других балансов для основных элементов ТЭС.</p>

### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 1/1 зачетных единиц, 36/36 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
очная	1/2	14	14	-	8	зачет
заочная	1/2	4	4	-	24	зачет

### 5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины.

## очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
<b>2 семестр</b>									
1	1	Модели и виды моделирования	2	2	-	1	5	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
2	2	Математическое моделирование процессов теплообмена	4	4	-	1	9	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
3	3	Математическое моделирование и оптимизация теплообменных аппаратов	4	4	-	1	9	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
4	4	Моделирование процессов в теплообменном оборудовании ТЭС	2	2	-	1	5	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
5	5	Оптимизационные задачи теплоэнергетики	2	2	-	1	5	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
Зачет			-	-	-	3	3		Задание к зачету
Итого			14	14	-	8	36		

## заочная форма обучения (ЗФО)

Таблица 5.1.2

№ п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
<b>2 семестр</b>									
1	1	Модели и виды моделирования	0,5	0,5	-	4	5	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
2	2	Математическое моделирование процессов теплообмена	1	1	-	5	7	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
3	3	Математическое моделирование и оптимизация теплообменных аппаратов	1	1	-	5	7	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
4	4	Моделирование процессов в теплообменном оборудовании ТЭС	1	1	-	5	7	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
5	5	Оптимизационные задачи теплоэнергетики	0,5	0,5	-	5	6	ПКС-8.1 ПКС-8.2	Опрос
Зачет			-	-	-	4	4		
Итого			4	4	-	28	36		

### 5.2. Содержание дисциплины.

#### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

Раздел 1. «*Модели и виды моделирования*» Аналоговое, физическое и математическое моделирование. Анализ размерностей и их примеры из курса теплообмена. Математическое моделирование как метод решения задач оптимальной организации теплотехнологических процессов. Основные виды и этапы разработки математических моделей. Использование блочного принципа построения математических моделей. Установление адекватности моделей.

Раздел 2. «*Математическое моделирование процессов теплообмена*» Краткий обзор развития и современное состояние моделирования процессов теплообмена. Математические

модели, расчет теплофизических свойств водяного пара и продуктов сгорания. Используемые при этом зависимости и полиномы и погрешность вычисления. Программа расчета теплофизических свойств воды и водяного пара. Численные методы решения стационарных и нестационарных задач теплопроводности. Моделирование задач конвективного теплообмена. Применение метода конечных разностей к уравнениям конвективного теплообмена. Методы моделирования процессов лучистого теплообмена. Детерминированные и стохастические модели массообмена.

Раздел 3. «Математическое моделирование и оптимизация теплообменных аппаратов». Моделирование и оптимизация работы рекуперативных и смесительных теплообменников. Постановка задачи расчета теплообменного аппарата. Конструкторский и поверочный расчет. Расчет поверхности теплообмена численным методом. Численный расчет теплообмена при течении несжимаемой жидкости в трубе. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методами сеток и прогонки.

Раздел 4. «Моделирование процессов в теплообменном оборудовании ТЭС». Численный расчет процесса расширения пара в ступени турбины и в турбине в целом. Численные методы решения нелинейных уравнений. Расчет паротурбинной установки с системой регенерации. Приближенные методы решения систем линейных уравнений. Численный расчет процесса горения в котельном агрегате, равновесного состава продуктов сгорания. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Методики, их точность и реализация на ЭВМ. Тепловой расчет котельных агрегатов на ЭВМ. Статическая модель расчета поверхности нагрева парового котла. Составление алгоритма и программы расчета. Расчет динамических характеристик котельных агрегатов численным методом.

Раздел 5. «Оптимизационные задачи теплоэнергетики». Общие методы и принципы подхода к решению задач оптимизации сложных энергетических установок и систем. Основные задачи оптимизации СТЭПП. Задачи линейного программирования и методы их решения. Численные методы решения задач нелинейного программирования. Градиентные методы оптимизации. Метод штрафных функций. Методы оптимизации, основанные на последовательном анализе вариантов. Задачи моделирования СТЭПП, сводящиеся к задачам дискретного программирования. Постановка задачи многокритериальной оптимизации и ее особенности. Оптимизация скорости теплоносителя и диаметра труб в теплообменнике. Оптимизация параметров газотурбинной установки. Методы одномерной оптимизации. Оптимизация распределения нагрузки между агрегатами ТЭС и энергетические характеристики паровых турбин и котельных агрегатов. Методы обработки экспериментальных данных. Интерполяция и аппроксимация. Метод наименьших квадратов. Планирование эксперимента. Уравнения для определения характеристик теплофикационных турбин. Многомерная оптимизация. Симплекс-метод, алгоритм и программа расчета. Примеры математических моделей теплоэнергетических процессов и объектов. Пакеты прикладных программ и баз данных для теплоэнергетических процессов.

## 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.		Тема лекции
		ОФО	ЗФО	
1	1	2	0,5	Модели и виды моделирования
2	2	4	1	Математическое моделирование процессов теплообмена
3	3	4	1	Математическое моделирование и оптимизация теплообменных аппаратов
4	4	2	1	Моделирование процессов в теплообменном оборудовании ТЭС
5	5	2	0,5	Оптимизационные задачи теплоэнергетики
Итого:		14	4	

## Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.		Тема лекции
		ОФО	ЗФО	
1	1	2	0,5	Модели и виды моделирования
2	2	4	1	Математическое моделирование процессов теплообмена
3	3	4	1	Математическое моделирование и оптимизация теплообменных аппаратов
4	4	2	1	Моделирование процессов в теплообменном оборудовании ТЭС
5	5	2	0,5	Оптимизационные задачи теплоэнергетики
Итого:		14	4	

## Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены

## Самостоятельная работа

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.		Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО		
1	1	1	4	Модели и виды моделирования	Подготовка к устному опросу
2	2	1	5	Математическое моделирование процессов теплообмена	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к опросу
3	2	1	5	Математическое моделирование и оптимизация теплообменных аппаратов	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к опросу
4	3	1	5	Моделирование процессов в теплообменном оборудовании ТЭС	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к опросу
5	4	1	5	Оптимизационные задачи теплоэнергетики	Подготовка к практическим занятиям. Подготовка к опросу
6	Зачет	3	4		Подготовка к зачету
Итого:		8	28		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- Традиционные образовательные технологии: информационные лекции; практические занятия.
- Технологии проблемного обучения: практические занятия в форме практикума.
- Информационно-коммуникационные образовательные технологии: лекция-визуализация.

## 6. Тематика курсовых работ

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

## 7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены.

## 8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
<b>2 семестр</b>		
1 текущая аттестация		
1	Работа на практических занятиях	3
2	Результаты опроса	10
3	Выполнение индивидуальной работы	12
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	25
2 текущая аттестация		
4	Работа на практических занятиях	5
5	Результаты опроса	10
6	Выполнение индивидуальной работы	15
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	30
3 текущая аттестация		
7	Работа на практических занятиях	5
8	Результаты опроса	10
9	Выполнение индивидуальной работы	30
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	45
	<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>

8.3. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся заочной формы обучения представлена в таблице 8.2.

Таблица 8.2

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
<b>2 семестр</b>		
1	Выполнение контрольной работы (аудиторная)	35
2	Выполнение индивидуальной работы (домашнее задание)	65
	<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

9.2.1. Единое окно доступа к ЭБС ТИУ [Электронный ресурс]: URL: <http://www.lib.tyuiu.ru>

9.2.2. web-каталог Библиотечно-издательского комплекса ТИУ [Электронный ресурс]:



URL: <http://www.webirbis.tsogu.ru>

9.2.3. Полнотекстовая база данных ТИУ [Электронный ресурс]:

URL: <http://www.elib.tyuiu.ru>

9.2.4. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]:

URL: <http://www.e.lanbook.com>

9.2.5. Научная электронная библиотека e-library.ru [Электронный ресурс]:

URL: <http://www.e-library.ru>

9.2.6. ЭБС IPRbooks [Электронный ресурс]: URL: <http://www.iprbookshop.ru>

9.2.7. ЭБС «Юрайт» [Электронный ресурс]: URL: <http://www.biblio-online.ru>

9.2.8. ЭБС «Консультант студент» [Электронный ресурс]: URL: <http://www.studentlibrary.ru>

9.2.9. Правовая база «Консультант-Плюс» [Электронный ресурс]:

URL: <http://www.consultant.ru>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

Операционная система Microsoft Windows 7

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

### Обеспеченность материально-технических условий реализации ОПОП ВО

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
1	Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем	Лекционные занятия: Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации, Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная. Компьютер в комплекте, проектор, проекционный экран.	625001, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Луначарского, д.4
		Практические занятия: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа	625001, Тюменская область, г. Тюмень, ул. Луначарского, д.2,

	(практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащенность: Учебная мебель: столы, стулья, доска аудиторная.	корп.1
--	---	--------

## **11. Методические указания по организации СРС**

### 11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

Практические занятия организуются с использованием интерактивных методов обучения (разбор практических ситуаций, деловые игры, работа в группе). Практические занятия предполагают совмещение информационной подготовки и решение проблемных ситуаций с последующим их анализом. Одной из основных функций такого занятия является: развивающая – развитие критического, творческого мышления, умение убеждать, обосновывать, отстаивать свою точку зрения. Для эффективной работы, обучающиеся должны заранее изучить все вынесенные на занятие вопросы и подготовиться к выступлению по каждому из вопросов в объеме 3-5 минут. В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающиеся могут обращаться к консультациям преподавателя.

### 11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в выполнении заданий для индивидуального освоения. Преподаватель на занятии предлагает темы и методы решения различных учебных задач, необходимые для освоения материала. Для эффективного выполнения самостоятельной работы обучающемуся необходимо конспектировать, подбирать примеры, сравнивать, устанавливать межпредметные связи, использовать дополнительную литературу, перефразировать, составлять понятийное дерево цели. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, используемого в работе и т.п.).

**Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания**

Дисциплина Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем

Код, направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль): Цифровой инжиниринг и энергосберегающие технологии

Код компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		1-2	3	4	5
<i>ПКС-8</i>	ПКС-8.1 Владеет методами подготовки научно-технических обзоров по проблемам повышения энергетической эффективности установок, систем и комплексов современной теплоэнергетики. . Знать (З1): методы оптимизации параметров ТЭС; методы принятия решений в условиях неопределенности и исходной информации;	обучающийся не овладел основными знаниями в соответствии с требованиями программы и отвечает правильно менее чем на половину поставленных вопросов	обучающийся недостаточно полно овладел знаниями согласно программе, допускает ошибки при ответе на половину из поставленных вопросов	обучающийся достаточно полно овладел знаниями согласно программы, но допускает ошибки при ответе на некоторые из поставленных вопросов или допускает неточности	обучающийся полно овладел знаниями согласно программы, на вопросы дает полные и развернутые ответы

Код компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		1-2	3	4	5
	<p>ПКС-8.1. Использует знания для <i>подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований.</i></p> <p>Уметь (У1): определять места разрывов обратных связей и составлять алгоритм расчета тепловой схемы, логически и математически формулировать задачу оптимизации параметров ТЭС, сравнивать эффективность и выбирать методы нелинейного программирования.</p>	<p>обучающийся решает поставленные задачи, допуская грубые ошибки в формулах и выполняя неправильные расчеты</p>	<p>обучающийся решает поставленные задачи с многочисленным и ошибками и неточностями, ошибается при написании единиц измерения</p>	<p>обучающийся решает поставленные задачи, допустив небольшие неточности, решение не достаточно развернуто или присутствуют неточности в единицах измерения</p>	<p>обучающийся решает задачи, представляя развернутое решение, а так же все вычисления выполнены верно</p>
	<p>ПКС-8.1. Использует знания для <i>подготовки научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных исследований.</i></p> <p>Владеть (В1): способностью определять места разрывов обратных связей, делать выводы и заключения по результатам проведенных исследований.</p>	<p>обучающийся не овладел навыком выбора режима работы теплотехнических устройств с минимальными энергетическими затратами</p>	<p>обучающийся овладел навыком выбора режима работы теплотехнических устройств, но выполняет с ошибками</p>	<p>обучающийся овладел навыком выбора режима работы теплотехнических устройств, но при выполнении работы допускает небольшие неточности</p>	<p>обучающийся овладел навыком выбора режима работы теплотехнических устройств с минимальными энергетическими затратами</p>

Код компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		1-2	3	4	5
	<p>ПКС-8.2. Применяет знания для разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере. Знать (З2): методы решения систем балансовых уравнений и способы получения исходной информации для математического моделирования</p>	<p>обучающийся не овладел основными знаниями в соответствии с требованиями программы и отвечает правильно менее чем на половину поставленных вопросов</p>	<p>обучающийся недостаточно полно овладел знаниями согласно программе, допускает ошибки при ответе на половину из поставленных вопросов</p>	<p>обучающийся достаточно полно овладел знаниями согласно программе, но допускает ошибки при ответе на некоторые из поставленных вопросов или допускает неточности</p>	<p>обучающийся полно овладел знаниями согласно программы, на вопросы дает полные и развернутые ответы</p>
ПКС-8	<p>ПКС-8.2. Применяет знания для разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере. Уметь (У2): представлять ТЭС различных типов в виде иерархических структур, формулировать задачу математического моделирования ТЭС применительно к различным условиям, решать систему балансовых уравнений;</p>	<p>обучающийся решает поставленные задачи, допуская грубые ошибки в формулах и выполняя неправильные расчеты</p>	<p>обучающийся решает поставленные задачи с многочисленным и ошибками и неточностями, ошибается при написании единиц измерения</p>	<p>обучающийся решает поставленные задачи, допустив небольшие неточности, решение не достаточно развернуто или присутствуют неточности в единицах измерения</p>	<p>обучающийся решает задачи, представляя развернутое решение, а так же все вычисления выполнены верно</p>

Код компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		1-2	3	4	5
	<p>ПКС-8.2.            Применяет знания для разработки физических и математических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере.            Владеть (В3):            навыком представления тепловой схемы ТЭС в виде ориентированного графа;            навыком анализа графов и определять объем математической модели ТЭС, составлять уравнения тепловых, гидравлических, аэродинамических и других балансов для основных элементов ТЭС.</p>	<p>обучающийся не овладел навыком выбора режима работы теплотехнических устройств с минимальными энергетическими затратами</p>	<p>обучающийся овладел навыком выбора режима работы теплотехнических устройств, но выполняет с ошибками</p>	<p>обучающийся овладел навыком выбора режима работы теплотехнических устройств, но при выполнении работы допускает небольшие неточности</p>	<p>обучающийся овладел навыком выбора режима работы теплотехнических устройств с минимальными энергетическими затратами</p>

**КАРТА**  
**обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем  
Код, направление подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
Направленность (профиль): Цифровой инжиниринг и энергосберегающие технологии

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1.	<u>Сазанов, Б. В.</u> Промышленные теплоэнергетические установки и системы : учебное пособие / Б. В. Сазанов, В. И. Ситас. - Москва : Издательский дом МЭИ, 2019. - 275 с. - <b>URL:</b> <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012468.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012468.html</a> . - Текст: электронный	ЭР*	40	100	+
2.	Принципы эффективного управления в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии : учебное пособие / О. А. Степанов, А. А. Меньшикова, П. А. Третьякова ; Тюменский индустриальный университет. - Тюмень : ТИУ, 2022. - 77 с. : ил. - Электронная библиотека ТИУ. - Библиогр.: с. 28.. - Режим доступа: <a href="file:///C:/Users/79222/Downloads/Stepanov_2022%20(1).pdf">file:///C:/Users/79222/Downloads/Stepanov_2022%20(1).pdf</a>	ЭР*	40	100	+

ЭР\* - электронный ресурс без ограничения числа одновременных подключений к ЭБС