

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Кумертауский филиал  
федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»  
(Кумертауский филиал ОГУ)

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий (КФ)



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.21 Теоретические основы теплотехники»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

(код и наименование направления подготовки)

Энергообеспечение предприятий

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Кумертау 2023

**Рабочая программа дисциплины «Б1.Д.Б.21 Теоретические основы теплотехники» /сост. В.И. Андросов. - Кумертау: Кумертауский филиал ОГУ, 2023**

Рабочая программа предназначена обучающимся очной формы обучения по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

### Цель (цели) освоения дисциплины:

Цель дисциплины состоит в освоении студентами знаниями фундаментальных законов, являющихся основой функционирования тепловых машин и аппаратов, представлениями о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах и их эффективности, о свойствах рабочих тел и теплоносителей; основных законов теплообмена при решении задач в области теплогазоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха.

### Задачи:

Задачей изучения дисциплины является формирование у учащихся необходимых компетенций в области экспериментального и расчетно-теоретического исследования процессов тепло- и массообмена в различных аппаратах и устройствах.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)» Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.12 Физика, Б1.Д.Б.14 Математика*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.21 Источники и системы теплоснабжения предприятий, Б1.Д.В.3 Технологические энергосистемы предприятий, Б1.Д.В.4 Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, Б1.Д.В.7 Малоотходные технологии в энергетике, Б1.Д.В.9 Диагностика энергетического оборудования, Б1.Д.В.10 Физико-химические основы водоподготовки, Б1.Д.В.11 Тепловые двигатели и нагнетатели, Б1.Д.В.12 Тепломассообменное оборудование предприятий, Б1.Д.В.14 Котельные установки и парогенераторы, Б1.Д.В.16 Автоматизированные системы учета энергоносителей, Б1.Д.В.18 Прикладные задачи программирования, Б2.П.В.У.1 Профилирующая практика, Б2.П.В.П.2 Проектная практика*

## 3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ОПК-4-В-4 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений ОПК-4-В-5 Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей ОПК-4-В-6 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы ОПК-4-В-7 Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках	<b>Знать:</b> основные законы гидрогазодинамики и теплообмена <b>Уметь:</b> исходя из соответствующих законов применять газы и жидкости в термодинамических и тепловых установках <b>Владеть:</b> навыками обслуживания теплотехнических установок и систем

## 4 Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных единиц (396 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	4 семестр	5 семестр	всего
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>180</b>	<b>216</b>	<b>396</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>66,5</b>	<b>67,25</b>	<b>133,75</b>
Лекции (Л)	32	34	66
Практические занятия (ПЗ)	16	16	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	32
Консультации	1	1	2
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий	1		1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,5	0,25	0,75
<b>Самостоятельная работа:</b> - выполнение курсовой работы (КР); - выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ); - выполнение расчетно-графического задания (РГЗ); - написание реферата (Р); - написание эссе (Э); - самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий); - подготовка к лабораторным занятиям; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к коллоквиумам; - подготовка к рубежному контролю и т.п.)	<b>113,5</b> +	<b>148,75</b>	<b>262,25</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>	

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1,2	Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики. Реальные газы. Водяной пар.	24	3	3	-	18
3.4	Термодинамические свойства реальных газов. PV-диаграмма. Таблицы термодинамических свойств веществ	24	4	4	2	14
5.6	Истечения из сопел. Дросселирование. Циклы паротурбинных установок.	24	4	4	2	14
7.8	Тепловой и энергетический балансы паротурбинной установки. Газовые циклы. Схемы, циклы и термический КПД двигателей и холодильных установок.	24	4	4	2	14
9,10	Эксергетический анализ циклов. Основы термодинамики необратимых процессов.	24	3	1	2	16
11,12	Состав и основные характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива. Теплота сгорания топлива, характеристики условного топлива.	24	4	-	2	14

13,14	Теплота «сгорания» воздуха. Энтальпия продуктов сгорания. Основы расчета и основные параметры топочных устройств. Горелки и топки для газообразного топлива и газообразных отходов производства	24	4	-	2	14
15,16	Паровой котел и его основные элементы. Конструкции паровых и водогрейных котлов, отечественного и зарубежного производства. Тепловой баланс парового котла; коэффициент полезного действия.	16	4	-	2	10
17,18, 19	Особенности эксплуатации котельных установок. Охрана окружающей среды от вредных выбросов котельного агрегата. Паровые и газовые турбины. Турборасширительные машины. Коэффициент полезного действия и тепловая схема паротурбинной конденсационной ТЭС	6	2	-	2	2
	Итого:	180	32	16	16	116

#### Разделы дисциплины, изучаемые в 5 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
20	Теплопроводность	54	8	4	4	34
21	Конвективный теплообмен	54	9	4	4	32
22	Теплообмен излучением	54	9	4	4	50
23	Массоотдача	54	8	4	4	34
	Итого:	216	34	16	16	150
	Всего:	396	66	32	32	266

#### 4.2 Содержание разделов дисциплины

##### № 1 Первый закон термодинамики.

Эквивалентные формулировки первого начала термодинамики. Внутренняя энергия. Элементарное количество теплоты.

##### № 2 Второй закон термодинамики. Реальные газы. Водяной пар.

Энтропия. Цикл Карно. Изотермическое расширение. Адиабатическое расширение. Изотермическое сжатие замыкающее цикл. Закон Бойля — Мариотта. Закон Гей-Люссака.

##### № 3 Термодинамические свойства реальных газов.

Модель идеального газа. Термодинамические свойства реальных газов. Конденсация. Критические явления. Внутренняя энергия реального газа. Уравнение и изотермы Ван-дер-Ваальса. Фазовые переходы первого и второго рода. Закон соответственных состояний.

##### № 4 PV-диаграмма. Таблицы термодинамических свойств веществ

Паровой цикл, заданный в  $p-v$  – диаграмме. Рабочая диаграмма. Тепловая диаграмма. Изохорный процесс, Изобарный процесс. Изотермический процесс.

##### № 5 Истечения из сопел. Дросселирование.

Уравнению Бернулли. Сопло Лавала. Оценка влияния трения. Местное сопротивление. Адиабатное дросселирование. Дросселирование водяного пара.

##### № 6 Циклы паротурбинных установок.

Термодинамический цикл Ренкина. Паровая турбина. Питательный насос. Энергетический котел. Располагаемый теплоперепад турбины.

##### № 7 Тепловой и энергетический балансы паротурбинной установки.

Выбор котла и турбины. Описание тепловой схемы паротурбинной установки. Методика и этапы определения параметров основных точек термодинамического цикла. Тепловой баланс паротурбинной установки, принципы расчета главных показателей и коэффициентов.

№ 8 Газовые циклы. Схемы, циклы и термический КПД двигателей и холодильных установок.

Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Прямые газовые изохорные и изобарные циклы неполного расширения

#### **№ 9 Эксергетический анализ циклов.**

Баланс эксергии и эксергетический КПД ГТУ. Удельная эксергия. Регенерация теплоты в цикле паротурбинной установки. Теплофикационные циклы.

#### **№ 10 Основы термодинамики необратимых процессов.**

Изолированные системы Экстенсивные параметры Интенсивные параметры Равновесный процесс Равновесное состояние системы

#### **№ 11 Состав и основные характеристики твердого, жидкого и газообразного топлива.**

Элементарный состав твердого и жидкого топлива. Влажность топлива. Зола топлива. Твердый остаток.

#### **№ 12 Теплота сгорания топлива, характеристики условного топлива.**

Высшая теплота сгорания. Низшая теплота сгорания. Понятием условного топлива.

#### **№ 13 Теплота «сгорания» воздуха. Энтальпия продуктов сгорания.**

Удельная энтальпия. Энтальпия продуктов сгорания.

#### **№ 14 Основы расчета и основные параметры топочных устройств. Горелки и топки для газообразного топлива и газообразных отходов производства.**

Классификация топок и топочных устройств. Основные преимущества камерных топок.

Важнейшая теплотехническая характеристика топочных устройств

#### **№ 15 Паровой котел и его основные элементы. Конструкции паровых и водогрейных котлов, отечественного и зарубежного производства**

Характеристика котельной установки. Устройство современного парового котла. Вспомогательные устройства и механизмы пароперегревателей. Понятие - насыщенный пар.

#### **№ 16 Тепловой баланс парового котла; коэффициент полезного действия.**

Уравнения теплового баланса. закон сохранения энергии. Коэффициент удержания тепла в котле.

#### **№ 17 Особенности эксплуатации котельных установок. Охрана окружающей среды от вредных выбросов котельного агрегата. Загрязнение атмосферы вредными выбросами. Загрязнение водоемов. Способ очистки сточных вод.**

#### **№ 18 Паровые и газовые турбины. Турборасширительные машины. Коэффициент полезного действия и тепловая схема паротурбинной конденсационной ТЭС.**

Основные типы паровых турбин и их параметры Конструкция паровой турбины.. Основные элементы энергетических газотурбинных установок и их назначение.

#### **№ 19 Теплоснабжение.**

Состав системы теплоснабжения. Классификация систем теплоснабжения. Виды потребителей тепла. Проблемы в теплоснабжении.

#### **№ 20 Вентиляция; кондиционирование.**

Типы систем кондиционирования. Модели кондиционера. Системы вентиляции.

#### **№ 21 Энергосберегающие технологии. Утилизация**

#### **№ 22 Теплопроводность**

Основные положения стационарной теплопроводности. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки. Интенсификация теплопередачи. Нестационарная теплопроводность.

#### **№ 23 Конвективный теплообмен**

Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Подobie и моделирование процессов конвективного теплообмена. Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб. Определение коэффициентов теплоотдачи при вынужденном течении жидкости в трубах.

#### **№ 24 Теплообмен излучением**

Основные положения теплообмена излучением. Законы теплового излучения. Теплообмен излучением между твердыми телами. Излучение газов и паров.

#### **№ 25 Массоотдача**

Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах. Основные положения тепло- и массообмена. Тепло- и массоотдача в двухкомпонентных средах. Тройная аналогия. Тепло- и массоотдача при испарении жидкости в парагазовую среду. Испарение воды в воздух

### 4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Приборы для измерения давления	1
2	1	Способы измерения температур в теплотехнике (бесконтактные методы).	2
3	2	Определение отношения удельных теплоемкостей газа методом адиабатического расширения.	1
4	3,4,5,6	Исследование характеристик ТЭНа.	2
5	21	Исследование работы холодильных установок.	2
6	8,9	Определение коэффициента теплопроводности металлов.	2
7	10	Исследование индикаторной диаграммы поршневого компрессора.	1
8	11,12	Исследование индикаторной диаграммы карбюраторного двигателя внутреннего сгорания	1
9	13,14,15	Измерение температуры бесконтактными методами.	2
10	16,17	Определение параметров влажного воздуха.	2
11	18	Изучение свойств h,d -диаграммы	1
12	19	Определение постоянной Стефана-Больцмана при помощи оптического пирометра.	2
13	19	Качественная проверка закона Кирхгофа и закона смещения Вина.	2
14	20	Определение коэффициента теплопроводности методом плиты	2
15	21	Определение коэффициента теплопроводности методом цилиндра	2
16	22	Исследование процесса теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе	1
17	24	Исследование теплоотдачи при свободной конвекции	2
18	23	Определение коэффициента лучеиспускания и степени черноты серого тела	1
19	23	Определение естественно-конвективной теплоотдачи от неоребреной и оребреной трубы круглого сечения	1
20	24	Определение коэффициента диффузии водяного пара в воздухе	2
		Итого:	32

### 4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Термодинамические параметры состояния системы.	4
2	2	Уравнение состояния идеального газа.	4
3	3	Второй закон термодинамики.	4
4	4	Реальные газы	4
5	5	Свойства воды и водяного пара. Процессы изменения его состояния	2
6	6	Дросселирование газа и пара	2
7	7	Циклы работы газотурбинных установок	3
8	8	Циклы работы холодильных машин	3
9	18	Расчет КПД и мощности турбины	2
10	19	Проектирование системы теплоснабжения	4
11	20	Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме	4
12	20	Теплопроводность при нестационарном режиме	4
13	21	Теплоотдача при свободной конвекции	4
14	22	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости	4
15	23	Теплообмен излучением	8
16	24	Процессы массообмена	4
		Итого:	64

## **4.5 Курсовая работа (2 семестр)**

1. Исследование термодинамического цикла
2. Расчет теплового и энергетического баланса паротурбинной установки
3. Расчет термического КПД двигателей и холодильных установок .
4. Определение абсолютных параметров энергетической установки.
5. Расчет абсолютных мощностей агрегатов установки. 6 Тепловой расчет теплообменного оборудования

## **5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **5.1 Основная литература**

1. Смирнова, М. В. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие для вузов / М. В. Смирнова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 237 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13322-6. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/518705>.
2. Островская, А. В. Теоретические основы теплотехники. Техническая термодинамика : учебное пособие / А. В. Островская, В. Н. Королев ; науч. ред. Б. Г. Сапожников ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. — Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2020. — 242 с. : схем., табл. — ISBN 978-5-7996-3089-8. — Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=699090>.

### **5.2 Дополнительная литература**

1. Теплотехника. Практикум : учебное пособие для вузов / В. Л. Ерофеев [и др.] ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 395 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6992-4. — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/511746>.
2. Яновский, А. А. Теоретические основы теплотехники : учебное пособие / А. А. Яновский ; Ставропольский государственный аграрный университет. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет (СтГАУ), 2017. — 104 с.: ил. — Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=484962>.
3. Овчинников, Ю. В. Основы теплотехники : учебник : [16+] / Ю. В. Овчинников, С. Л. Елистратов, Ю. И. Шаров ; Новосибирский государственный технический университет. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 554 с. : ил., табл. — (Учебники НГТУ). — ISBN 978-5-7782-3453-6. — Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575262>.

### **5.3 Периодические издания**

- Теплоэнергетика: журнал. - М.: Агенство "Роспечать";
- Известия РАН. Энергетика: журнал. - М.: Академиздатцентр "Наука" РАН;
- Энергетика и промышленность России: газета. - М.: Агенство "Роспечать";
- Энергетик: журнал. - М.: АРЗИ.
- Водоснабжение и санитарная техника: журнал. - М.: Стройиздат

### **5.4 Интернет-ресурсы**

- <https://universarium.org/course/869> - «Универсариум», Курсы, MOOK: «Энергосбережение в производстве и в быту»;
- <https://www.edx.org/course/thermodynamics-iitbombayx-me209-1x-1> - «EdX», MOOK: «Thermodynamics »;
- <https://openedu.ru/course/urfu/TEPL/> - «Открытое образование», Курсы, MOOK: «Теплотехника»

### **5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий**

- Операционная система Microsoft Windows
- Пакет настольных приложений Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint, OneNote, Outlook, Publisher, Access)
- Операционная система РЕД ОС
- Пакет офисных приложений LibreOffice (Writer, Calc, Impress, Math, Draw, Base)
- 7zip — архиватор: P7Zip
- Веб-браузер с поддержкой ГОСТовского шифрования для работы с ГИС (госИС): Chromium
- Программа для создания и обработки растровой графики с частичной поддержкой работы с векторной графикой: GIMP
- Простой редактор файлов PDF: PDFedit
- <https://yandex.ru/> - бесплатный российский Интернет обозреватель Яндекс. Браузер
- <http://aist.osu.ru/> АИССТ ОГУ - автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования ОГУ

### **6 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду филиала и ОГУ.

### **К рабочей программе прилагаются:**

- Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине;
- Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина: Б1.Д.Б.21 Теоретические основы теплотехники

Форма обучения: очная

Год набора 2023

РЕКОМЕНДОВАНА на заседании кафедры

электроснабжения промышленных предприятий  
*наименование кафедры*

протокол № 1 от «31» августа 2023г.

Ответственный исполнитель, заведующий кафедрой  
электроснабжения промышленных предприятий  
*наименование кафедры*



*подпись*

А.В. Богданов

*расшифровка подписи*

*Исполнители:*

доцент каф. ЭПП

*должность*



*подпись*

В.И. Андросов

*расшифровка подписи*

ОДОБРЕНА на заседании НМС, протокол № 1 от «04» сентября 2023 г.

Председатель НМС



*подпись*

Л.Ю. Полякова

*расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ЭПП



*подпись*

А.В. Богданов

*расшифровка подписи*

Заведующий библиотекой



*подпись*

С.Н. Козак

*расшифровка подписи*