

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 01.12.2022 10:09:14  
Уникальный программный ключ:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИСОУ

А.В. Воронин

« 20 » 12 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины:** Теоретическая и прикладная теплотехника


**научная специальность:** 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 29.08.2022 г. и требованиями программы аспирантуры 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника к результатам освоения дисциплины теоретическая и прикладная теплотехника.

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика»  
Протокол № 1 от 29.08.2022 г.

Заведующий кафедрой  А.П. Белкин

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой  
 А.П. Белкин

«~~19~~» 08 2022 г.

Начальник УНИиР  Д.В. Пяльченков

« 20 » 09 2022 г.

Начальник ОПНиПК  Е.Г. Ишкина

« 20 » 09 20 22 г.

Рабочую программу разработал:

О.А. Степанов, профессор, д.т.н.



## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель** дисциплины: формирование у аспирантов компетенций позволяющих планировать и осуществлять научные исследования в области теоретической и прикладной теплотехники на базе углубленного изучения теоретических исследований по общим закономерностям преобразования, накопления, передачи и использования тепловой энергии и теплоэнергетической информации.

**Задача** дисциплины – сформировать у аспирантов компетенций в области теории и практики теплоэнергетических комплексов и систем, оценить уровень знаний по темам исследования и моделирования теплоэнергетических комплексов и систем.

## 2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Теоретическая и прикладная теплотехника» относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у выпускников способностей к разработке, структурному и параметрическому синтезу, оптимизации теплотехнических комплексов, систем и компонентов, разработке алгоритмов эффективного управления; владению методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности; готовности участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач; способностей к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач.

## 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часа.

Таблица 4.1

Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.		Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
	Лекции	Практические занятия		
2 / 4	16	32	132	зачет с оценкой
3 / 5	16	32	204	кандидатский экзамен

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Структура дисциплины.

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.		СР, час.	Всего, час.	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.			
4 семестр							
1	1	Газотурбинные энергетические установки.	8	16	66	90	Устный опрос
2	2	Тепломассообменное оборудование	8	16	66	90	Устный опрос Защита докладов
3	Зачет с оценкой		-	-	-	-	
4	Итого за 4 семестр		16	32	132	180	
5 семестр							
5	3	Энергообеспечение предприятий и жилых районов	8	16	84	108	Устный опрос Защита докладов
6	4	Надежность систем энергетики	8	16	84	108	Защита результатов исследования
7	Кандидатский экзамен		-	-	36	36	-
8	Итого за 5 семестр		16	32	204	252	
Итого:			32	64	336	432	-

### 5.2. Содержание дисциплины.

#### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1	Газотурбинные энергетические установки.	Схемы газотурбинных установок. Эксплуатация газотурбинных и паровых установок. Комбинированные парогазовые установки. Переменные режимы работы энергетических установок.
2	Тепломассообменное оборудование	Теплообменные аппараты в составе газотурбинных установок. Теплопередача, гидравлические сопротивления аппаратов поверхностного типа. Рекуперативные теплообменные аппараты.
3	Энергообеспечение предприятий и жилых районов	Структура систем энергоснабжения. Энергетические источники систем централизованного и децентрализованного теплоснабжения. Гидравлические, тепловые и прочностные расчеты систем теплоснабжения. Автоматизирование управления теплотехническими объектами.
4	Надежность систем энергетики	Общеметодические вопросы исследования надежности систем энергетики. Проблемы энергетических систем. Диагностика состояния оборудования для обеспечения надежности систем энергетики.

## 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема лекции
1	1	8	Схемы газотурбинных установок. Эксплуатация газотурбинных и паровых установок. Комбинированные парогазовые установки. Переменные режимы работы энергетических установок.
2	2	8	Теплообменные аппараты в составе газотурбинных установок. Теплопередача, гидравлические сопротивления аппаратов поверхностного типа. Рекуперативные теплообменные аппараты.
3	3	8	Структура систем энергоснабжения. Энергетические источники систем централизованного и децентрализованного теплоснабжения. Гидравлические, тепловые и прочностные расчеты систем теплоснабжения. Автоматизирование управления теплотехническими объектами.
4	4	8	Общеметодические вопросы исследования надежности систем энергетики. Проблемы энергетических систем. Диагностика состояния оборудования для обеспечения надежности систем энергетики.
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	

### Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема занятия
1	1	16	Схемы газотурбинных и парогазовых установок. характеристики термодинамических циклов. Характеристики и конструктивные схемы многоступенчатых осевых компрессоров. Камеры сгорания газотурбинных установок.
2	2	16	Теплообменные аппараты газотурбинных и комбинированных установок. Гидравлические сопротивления теплообменного аппарата. Влияние свойств рабочего тела на показатели теплообменного аппарата, загрязнений. Интенсификация процессов теплообмена. Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов. Теплообменные аппараты регенеративного типа. Выбор поверхности теплообменного аппарата. Воздухоохладители и воздухоподогреватели газотурбинных установок.
3	3	16	Тепловая мощность систем отопления. Расчет потерь теплоты через ограждения. Расчет давления в системе водяного отопления. Конструирование систем водяного отопления. Гидравлические расчеты систем водяного охлаждения, теплопроводность систем

			отопления и отопительные приборы. Системы парового, воздушного и панельнолучистого отопления.
4	4	16	<p>Методические особенности исследования живучести систем и обеспечение энергетической безопасности. Обеспечение надежности в современных условиях. Модели временного резервирования и оценка надежности, безопасности и живучести систем энергетики.</p> <p>Система моделей и методов исследования энергетики. Методика мониторинга энергетической безопасности России. Разработка методов классификации состояний и диагностика энергетической безопасности.</p> <p>Диагностика состояния оборудования. Модели остаточного ресурса агрегатов. Прогнозирование технического ресурса котлоагрегатов теплоэлектроцентрали. Электронное документирование и построение объемных моделей реальных объектов.</p>
<b>Итого:</b>		<b>64</b>	

### Самостоятельная работа

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема	Вид СР
1	1	66	<p>Разработка схемы ГТУ с разомкнутым циклом.</p> <p>Расчет термодинамических циклов ГТУ.</p> <p>Конструкторский расчет камеры сгорания.</p> <p>Анализ конструкторских схем энергетических ГТУ. Общераспространенные системы газотурбинных электростанций. Топливное хозяйство, техническое водоснабжение, противопожарная система. Пуск, остановка ГТУ.</p>	Подготовка к практическим занятиям
2	2	66	<p>Назначение, классификация использования теплообменных аппаратов. Влияние параметров теплообменного аппарата на теплотехнические характеристики ГТУ. Эффективность теплообменного аппарата. Выбор оптимальной степени регенерации. Расчет эксергетического КПД теплообменных аппаратов.</p>	Подготовка к практическим занятиям
3	3	84	<p>Классификация систем отопления, теплоносителей, основные виды систем отопления.</p> <p>Расчет удельной тепловой характеристики здания. Подбор оборудования систем отопления, насосов смесительных установок. Циркуляционные насосы. Расширительные баки систем водяного отопления. Гидравлические расчеты паропроводов высокого и низкого давления. Система газоводяного отопления.</p>	Подготовка к практическим занятиям
4	4	84	<p>Старение оборудования и надежность теплоэнергетических систем. Обеспечение теплоснабжения в современных условиях. Моде-</p>	Подготовка к практическим занятиям

			лирование процесса выхода системы топливо- и теплоснабжения из кризисной ситуации. Экономическое управление надежностью теплоснабжения. Оценка ущерба при перерывах теплоснабжения и дефицита энергоносителей. Эксплуатация оценки надежности объектов теплоснабжения.	
5	1-4	36	Перечень вопросов для подготовки к кандидатскому экзамену	Подготовка к кандидатскому экзамену
<b>Итого:</b>		<b>336</b>		

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. Вопросы для подготовки к зачёту**

1. Классификация и принцип работы нагнетателей. Основные технические параметры нагнетателей.
2. Определение мощности, необходимой для привода компрессора с производительностью  $G$  и степенью повышения давления  $\lambda$ .
3. Преимущества и недостатки поршневых компрессоров с дифференциальными поршнями.
4. Преимущества и недостатки поршневых оппозитных компрессоров.
5. Применения и классификация теплообменных аппаратов. Основные конструкции теплообменных аппаратов.
6. Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах – скорости температуры, коэффициенты теплоотдачи.
7. Виды расчета теплообменных аппаратов - тепловой конструктивный, поверочный гидравлический и др.
8. Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов.
9. Последовательность теплового, конструктивного и компоновочного расчета кожухотрубного теплообменника.
10. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов. Основные виды гидравлических потерь в теплообменниках. Определение требуемой мощности на прокачку теплоносителя.
11. Способы увеличения тепловой нагрузки в теплообменных аппаратах (оребрение, интенсификация теплообмена).
12. Рекуперативные теплообменники периодического действия с водяным и паровым подогревом. Определение времени нагрева теплоносителя.
13. Принцип работы тепловых труб. Типы фитилей. Определения количества переданного тепла. Ограничения на работу тепловых труб. Теплообменные аппараты на тепловых трубах.
14. Конструкции смесительных теплообменников. Тепловой и материальный баланс смесительных теплообменников.

15. Системы оборотного водоснабжения. Их назначение и классификация. Сравнительная характеристика основных типов градирен.
16. Основные элементы конструктивной схемы осевого компрессора газотурбинных установок.
17. Причины помпажа при работе осевого компрессора.
18. Экономичность работы камеры сгорания газотурбинных установок.
19. Факторы, позволяющие повысить надежность работы камеры сгорания газотурбинных установок.
20. Схемы работы газотурбинных установок с одноступенчатым и двухступенчатыми камерами сгорания.

## **7. Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену**

Для сдачи кандидатского экзамена по специальной дисциплине аспиранту/соискателю ученой степени кандидата наук (далее – соискатель) необходимо подготовиться по следующим вопросам.

1. Термодинамические процессы и циклы в процессах производства тепловой энергии.
2. Термодинамические процессы и циклы в процессах преобразования тепловой энергии.
3. Термодинамические процессы и циклы в процессах потребления тепловой энергии.
4. Процессы тепло- и массообмена в оборудовании, предназначенном для производства теплоты.
5. Процессы тепло- и массообмена в оборудовании, предназначенном для преобразования теплоты.
6. Процессы тепло- и массообмена в оборудовании, предназначенном для потребления теплоты.
7. Процессы тепло- и массообмена в оборудовании, предназначенном для передачи теплоты.
8. Оптимизация схем теплоэнергетических установок и систем для генерации тепловой энергии.
9. Оптимизация схем теплоэнергетических установок и систем для трансформации тепловой энергии.
10. Методы расчета тепловых сетей и повышение их энергоэффективности.
11. Методы расчета систем теплопотребления и повышение их энергоэффективности.
12. Методы повышения энергоэффективности теплообменного оборудования.
13. Методы повышения энергоэффективности тепловых сетей.
14. Применения и классификация теплообменных аппаратов. Основные конструкции теплообменных аппаратов.
15. Характерные параметры теплоносителей в теплообменных аппаратах – скорости температуры, коэффициенты теплоотдачи.
16. Виды расчета теплообменных аппаратов - тепловой конструктивный, поверочный гидравлический и др.
17. Классификация и краткая характеристика основных методов расчета теплообменных аппаратов.
18. Методы интенсивного энергосбережения в тепловых технологических системах и процессах.
19. Экономичность работы камеры сгорания газотурбинных установок.
20. Экономичность работы котельных установок.
21. Факторы, позволяющие повысить надежность работы камеры сгорания газотурбинных установок.
22. Способы охлаждения лопаток применяются в современных газовых турбинах.



23. Влияние вида сжигаемого топлива на техническое обслуживание газотурбинных установок.
24. Влияние вида сжигаемого топлива на техническое обслуживание котельных установок.
25. Способы стабилизации температуры воздуха на входе в компрессор газотурбинных установок.
26. Признак разделения энергетических газотурбинных установок по поколениям.
27. Переход в парогазовых установках от одноконтурного к двухконтурному паровому циклу.
28. Способы регулирования электрической нагрузки парогазовых установок с котлами – утилизаторами.
29. Тепловые схемы отопительных и промышленных газотурбинных установок – ТЭЦ.
30. Особенности энергетического модуля «газотурбинная установка - котел утилизатор» в тепловых схемах парогазовых установок с параллельной схемой работы и предъявляемые к ним требования.

Кандидатский экзамен проводится в устной форме по экзаменационным билетам, в билете три вопроса.

## **8. Оценка результатов освоения дисциплины**

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения в соответствии с планируемыми результатами обучения для зачета с оценкой и кандидатского экзамена.

Оценка	Критерии оценки
«Отлично»	отвечающий глубоко и прочно освоил суть дисциплины, умеет тесно связывать теорию с практикой, ответы даны развёрнуто, содержат защищаемые положения, изложенные исчерпывающе полно, последовательно, чётко и логически стройно.
«Хорошо»	отвечающий освоил суть дисциплины, устные ответы содержат защищаемые положения без существенных неточностей.
«Удовлетворительно»	отвечающий имеет знания основного теоретического материала, но не усвоил его деталей, устные ответы содержат защищаемые положения без существенных неточностей.
«Неудовлетворительно»	отвечающий не знает значительную часть или вообще не знает теоретический материал, устные ответы не соответствуют защищаемым положениям.

## **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 1.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

- web-каталог Библиотечно-издательского комплекса ТИУ [Электронный ресурс]: URL: <http://webirbis.tsogu.ru/>

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]: URL: <http://www.e.lanbook.com>

- Научная электронная библиотека e-library.ru [Электронный ресурс]: URL: <http://www.e-library.ru>

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

- ЭБС «Юрайт» [Электронный ресурс]: URL: <https://urait.ru/>

- 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

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

Таблица 10.1

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины/модуля	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины/модуля (демонстрационное оборудование)
1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная мебель, доска аудиторная)	Ноутбук Операционная система Microsoft Windows Пакет программ Microsoft Office
2	Обеспечение для проведения занятий онлайн	Ноутбук Операционная система Microsoft Windows Интернет, сервис онлайн конференций BigBlueButton
3	Оборудование для демонстрации презентаций: Проектор InFocus, Экран Projecta ручной, наглядные пособия	Ноутбук Операционная система Microsoft Windows
4	Читальный зал библиотеки	Каталог ЭБС, Справочно-правовая система Консультант-Плюс

## 11. Методические указания по организации самостоятельной работы

11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

Практические занятия организуются с использованием интерактивных методов обучения (разбор практических ситуаций, 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.).

## КАРТА

## обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина: **Теоретическая и прикладная теплотехника**Научная специальность: **2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника**

№ 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.	Региональные проблемы теплоэнергетики: учебное пособие / В. М. Лебедев, С. В. Приходько, В. К. Гаак [и др.]; под общей редакцией В. М. Лебедева. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 136 с. - ISBN 978-5-8114-3694-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/122149">https://e.lanbook.com/book/122149</a>	ЭР*	3	100	+
2.	Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебное пособие / Б. А. Семенов. - 2-е изд., доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-1392-8. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/168492">https://e.lanbook.com/book/168492</a>	ЭР*	3	100	+
3.	Тепломеханическое и вспомогательное оборудование источников тепла: учебное пособие / А. А. Середкин, С. Г. Батухтин. - Чита: ЗабГУ, 2020. - 146 с. - ISBN 978-5-9293-2646-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/173625">https://e.lanbook.com/book/173625</a>	ЭР*	3	100	+
4.	Техническая термодинамика: учебник / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. - Электрон. дан. - Москва: МЭИ, 2019. - 502 с. - URL: <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011560.htm">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011560.htm</a> .	ЭР*	3	100	+
5.	Надежность систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы. / Ковелов Г.Ф., Сетова Е.В., Челызов М.Б. и др. - Новосибирск.: Наука, Сибирское предприятие РАН, 1999 - 434 с.				