

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.01 Тепловые электрические станции, их  
энергетические системы и агрегаты

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль)

13.04.01.02 Энергоэффективные технологии производства электрической  
и тепловой энергии

Форма обучения

очная

Год набора

2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

канд.техн.наук, доцент, Шишмарев П.В.

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью является приобретение общепрофессиональных и специальных компетенций, необходимых при проектировании, монтаже, ремонте, наладке и эксплуатации тепловых и промышленных электростанций, работающих на органических топливах. Ознакомить будущих бакалавров с технологическим оборудованием ТЭС, с классическими и новыми используемыми на ТЭС термодинамическими циклами, современными способами их анализа. Особое внимание уделено новым технологиям производства тепловой и электрической энергии, конструкции тепловых схем их расчета с применением компьютерных технологий. Данная дисциплина занимает значительное место в системе подготовки бакалавров по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В дисциплине рассматриваются указанные в ФГОС задачи профессиональной деятельности выпускника:

- научить применять полученные теоретические знания к решению конкретных практических задач;
- ознакомить и изучить конструкцию оборудования и тепловых схем, а также с особенностями технологических процессов, протекающих на ТиПЭС;
- развить у обучающихся способность выполнять работу по эксплуатации технологической части электростанций;
- приобретение навыков анализа поставленной задачи и выбора способа решения при определенных ограничениях;
- ознакомление с современными инженерными методиками, положенных в основу расчета тепловых схем ТиПЭС;
- приобретение навыков использования специальной литературы, справочников, каталогов, стандартов, руководящих указаний, правил и норм.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов</b>	
ПК-1: Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных	демонстрирует способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией объекта профессиональной деятельности разрабатывает проектные решения, связанные с модернизацией объекта профессиональной

<p>характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов</p>	<p>деятельности разрабатывает проектные решения по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов</p>
<p><b>ПК-2: Способен к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования</b></p>	
<p>ПК-2: Способен к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования</p>	<p>демонстрирует способность проводить технические расчеты по проектам на основе функционально-стоимостного анализа участвует в выборе серийного и разработке нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования методиками проведения технических расчетов по проектам</p>

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>4 (144)</b>		
занятия лекционного типа	2 (72)		
лабораторные работы	2 (72)		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>4 (144)</b>		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Нет		
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. 1. Общие сведения об энергетике и ТЭС. Классификация ТиПЭС. Графики нагрузок</b>									
	1. Введение. Развитие энергетики мира и России. Графики потребления ЭЭ и тепла. Классификации ТиПЭС. Технологическая схема. Требования к ТиПЭС	4							
	2. Общие сведения об энергетике и ТЭС. Классификация ТиПЭС. Графики нагрузок							18	
<b>2. 2. Энергетические показатели конденсационных электростанций (КЭС) и теплоцентралей (ТЭЦ). Методы, используемые на</b>									
	1. Простейшая тепловая схема КЭС станции. Удельный расход пара и тепла, топлива, их связь с КПД ТиПЭС. Тепловой баланс ТиПЭС. Промежуточный перегрев на КЭС	4							
	2. Простейшая тепловая схема ТЭЦ. Типы турбин на ТЭЦ. Основные энергетические показатели ТЭЦ с противоаварийными турбинами, турбинами с конденсатом и отборами	4							

3. Расходы тепла и топлива на производство ЭЭ и тепла. Современные методы определения удельных расходов топлива с использованием коэффициентов ценности	4							
4. Влияние начальных и конечных параметров на энергетические показатели ТЭЦ. Экологическое обоснование отбора начальных и конечных параметров. Использование сверхкритических параметров. Расширение действующих ТЭС с применением надстроек и пристроек	4							
5. Регенеративный подогрев конденсата и питательной воды на ТиПЭС. Энергетическая эффективность регенеративного подогрева. Различия схемы регенеративного подогрева. Распределение подогрева по ступеням	4							
6. Техничко-экономические показатели ТиПЭС с регенеративным подогревом. Типы регенеративных подогревателей. Современные тенденции использования подогревателей смешивающего типа. Выбор температуры питательной среды	4							
7. Определение удельных расходов топлива по результатам испытаний оборудования ТиПЭС	8							
8.							26	
9. Знакомство студента с рабочим местом на Красноярской ТЭЦ-1. Инструкции по соблюдению ТБ, по специфике проведения лабораторных работ, общее знакомство с ТЭЦ-1, с правилами внутреннего распорядка					2			

10. Изучение тепловой схемы турбоустановки Красноярской ТЭЦ-1, котлоагрегата. Назначение элементов оборудования					2			
11. Определение технико-экономических показателей (ТЭП), конденсационной электростанции: КПД, удельный расход топлива, пара, тепла					4			
12. Определение ТЭП КЭС с промперегревом. Сравнение полученных результатов, полученных на блоке без п.п.					4			
13. Определение технико-экономических показателей теплоэлектростанции (ТЭЦ) по разным методикам, а также по методикам, используемых на наших станциях					4			
14. Лабораторная работа по определению ТЭП блока Красноярской ТЭЦ, полученные на основании испытаний блока					8			
15. Оценка влияния начальных и конечных параметров на ТЭП блока. Расчет удельных показателей работы ТЭС при различных $P_0$ , $t_0$ , $P_k$					8			
16. Определение ТЭП блока с регенерацией и без регенерации. Выяснить, какую экономическую эффективность дает регенеративный подогрев воды					4			
17. Энергетические показатели конденсационных электростанций (КЭС) и теплоцентралей (ТЭЦ). Методы, используемые на современных ТИПЭС для их улучшения							28	
<b>3. 3. Технология отпуска пара и теплоты от ТЭС. Потери пара и конденсата. Их восполнение испарительными установками</b>								

1. Потребители теплоты и тепловой нагрузки. Расчет тепловых нагрузок. График продолжительности. Включение сетевых подогревателей и их расчет. Регулирование отпуска тепла. Отпуск теплоты с КЭС. Коэффициент теплофикации	4							
2. Отпуск пара. Паропреобразователи. Потери пара и конденсата на ТиПЭС и способы их восполнения. Способы подготовки добавочной воды. Баланс пара и конденсата. Испарительные установки. Включение в тепловую схему расчета КПД ТиПЭС с учетом потерь пара и конденсата	4							
3. Деаэрационная установка на ТиПЭС. Назначение, включение в тепловую схему. Расчет. Бездеаэрационная схема удаления газов. Типы деаэрационных установок. Химические методы связывания кислорода. Питательные установки. РОУ	4							
4. Определение основных параметров установки по подогреву сетевой воды					2			
5. Расчет деаэрационной установки, включенной в схему работы блока. Определение производительности испарительной установки и других показателей					2			
6. Натурные испытания подогревателя сетевой воды на Красноярской ТЭЦ-1					4			
7. Технология отпуска пара и теплоты от ТЭС. Потери пара и конденсата. Их восполнение испарительными установками							8	
<b>4. 4. Тепловые схемы ТиПЭС. Состав, назначение ПТС. Примеры ПТС. Чтение ПТС. Методика расчета. Выбор оборудования</b>								

1. Определение принципиальной тепловой схемы (ПТС), содержание, разработка. Примеры ПТС с конденсационными и теплофикационными турбинами. Чтение ПТС. Методика расчета ПТС. Пример расчета ПТС	4							
2. Выбор мощности ТиПЭС и единичной мощности энергоблоков. Виды резерва. Технологическая структура ТЭС. Выбор вспомогательного оборудования	4							
3. Состав и назначение полной тепловой схемы ТиПЭС. Примеры полной (Развернутой) тепловой схемы. Схемы главных паропроводов, питательных трубопроводов, конденсатопроводы для блочных и не блочных ТЭС	4							
4. Изучение тепловых схем блоков КЭС и ТЭС					2			
5. Расчет тепловой схемы ТЭЦ с турбинами ПТ-12-35-10 методом последовательных приближений с определением ТЭП. Выбор оборудования					2			
6. Расчет тепловой схемы конденсационной турбоустановки. Выбор оборудования. Определение ТЭП блока					2			
7. Тепловые схемы ТиПЭС. Состав, назначение ПТС. Примеры ПТС. Чтение ПТС. Методика расчета. Выбор оборудования при проектировании ТиПЭС							10	
8.								
9. Курсовой проект							54	
<b>5. 5. Техническое водоснабжения ТиПЭС. Трубопроводы и арматура. Топливо-транспортные хозяйства ТиПЭС,</b>								

1. Техническое водоснабжение ТиПЭС. Потребление вода на ТЭЦ, источники водоснабжения. Прямоточная система и обратная система водоснабжения с градирнями, прудами-охладителями, брызгальными бассейнами. Выбор системы технического водоснабжения	1							
2. Трубопроводы ТЭС и арматура. Гидравлический расчет трубопроводов. Расчет на прочность. Тепловые потери и изоляция трубопроводов, покраска	1							
3. Топливное хозяйство ТЭЦ на твердом топливе. Топливоснабжение при жидком и газообразном топливе. Очистка продуктов сгорания. Золошлакоудаление	1							
4. Выбор площадки для строительства ТЭЦ. Требования к площадке. Структура генерального плана. Компоновка главного здания. Структура здания и основные принципы компоновки оборудования главного здания КЭС и ТЭЦ. Примеры генеральных планов и компоновки главных зданий ТЭС	1							
5. Определение расхода воды для ТЭС и вакуума в конденсаторе					4			
6. Гидравлический расчет трубопровода с определением диаметра и потерь давления					4			
7. Лабораторная работа по испытанию предложенного трубопровода на Красноярской ТЭЦ-1. Определение потерь давления и скорости теплоносителей					4			
<b>6. 6. Газотурбинные, парогазовые и атомные ТиПЭС. МГД-генераторы. Новые производства тепла и ЭЭ. Разработка и</b>								

1. Газотурбинные и парогазовые ТЭС. Общие положения. Тепловые схемы газотурбинных станций и их расчет. Парогазовые установки. Технологические и тепловые схемы ПГУ. Примеры тепловых схем. Расчет	4							
2. Атомные электрические станции (АЭС). Реакторные установки АЭС. Тепловые схемы АЭС: одноконтурные, двухконтурные, трехконтурные. Примеры тепловых схем действующих АЭС. Экологичность АЭС. Биологические защиты	2							
3. Новые технологии производства теплоты и электрической энергии. Геотермальная энергетика. Ветроэнергетика. Солнечная энергетика, разработка и создание экологически безопасных ТЭС. МГД-генераторы. Перспектива. МГД-генераторы с ПСУ. Технологическая схема	2							
4. Расчет газотурбинной установки с определением мощности компрессора, газовой турбины и расхода топлива в камеру сгорания, температуры газов на выходе из турбины					4			
5. Чтение тепловых схем парогазовых установок. Определение КПД ПГУ, а также удельных показателей					4			
6. Чтение тепловых схем АЭС. Определение ТЭП АЭС. КПД удельных расходов пара, тепла, топлива					2			
Всего	72				72		144	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Рыжкин В.Я., Гиршфельд В.Я. Тепловые электрические станции: учебник для вузов по спец. "Тепловые электр. станции"(Москва: Энергоатомиздат).
2. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для вузов(Москва: Изд-во МЭИ).
3. Зорин В. М., Клименко А. В. Теплоэнергетика и теплотехника: Кн. 3. Тепловые и атомные электростанции: справочная сер. : в 4-х кн. : Справочник : [науч. изд.](Москва: МЭИ).
4. Цанев С. В., Буров В. Д., Ремезов А. Н., Цанев С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов(Москва: МЭИ).
5. Цыганок А. П., Михайленко С. А. Проектирование тепловых электрических станций: учеб. пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
6. Буров В. Д., Дорохова Е. В., Елизаров Д. П., Жидких В. Ф., Лавыгин В. М., Седлов А. С., Цанев С. В. Тепловые электрические станции: учебник для студентов вузов(Москва: МЭИ).
7. Стерман Л. С., Лавыгин В. М., Тишин С. Г. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для студентов вузов по направлению "Теплоэнергетика"(Москва: МЭИ).
8. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: утверждены Приказом Минэнерго РФ от 19.06.2003 №229(Екатеринбург: Урал Юр Издат).
9. Шапиро Г.А. Повышение эффективности работы ТЭЦ: научное издание (Москва: Энергоиздат).
10. Пермяков В.А. Теплообменное оборудование паротурбинных установок: Ч. 1: отраслевой каталог : 20-89-09 : в 2-х ч.(Москва: ЦНИИТЭИтяжмаш).
11. Пермяков В. А. Теплообменное оборудование паротурбинных установок: Ч. 2: отраслевой каталог : 20-89-09 : в 2-х ч.(Москва: ЦНИИТЭИтяжмаш).
12. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е. Режимы работы и эксплуатация ТЭС: учеб. для вузов по спец. "Тепловые электр. станции"(Москва: Энергия).
13. Церазов А. Л., Аракелян Э. К. Повышение маневренности блоков и электростанций: Вып.540: темат. сб. науч. тр.(Москва: МЭИ).
14. Александров А. А., Григорьев Б. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник(Москва: МЭИ).
15. Соколова И. Ю., Цыганок А. П. Вспомогательное оборудование блоков ТЭС: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по спец. 140101.65 "Типовые электрические станции" и по направлению подготовки бакалавров 140100.62 "Теплоэнергетика и теплотехника"(Красноярск: СФУ).
16. Бойко Е.А., Баженов К.В., Грачев П.А. Тепловые электрические станции.

Паротурбинные энергетические установки ТЭС: справочное пособие (Красноярск: ИПЦ КГТУ).

17. Цыганок А.П. Тепловые электрические станции. Определение технико-экономических показателей: метод. указания по курсовому проектированию для студентов направлений подготовки дипломированных специалистов 060000, спец 060800, 650800, спец. 1007500, 100700(Красноярск: ИПЦ КГТУ).

#### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Microsoft Windows 7+, Microsoft Visio 2013+, Microsoft Office 2013+, PTC MathCAD Prime 3.0+, SolidWorks 2009+, Компас 3D 13+.
2. Среда программирования Borland Builder C++ 6.0; Библиотека подпрограмм-функций Enek.lib по определению теплофизических свойств теплоносителей, численных методов и коммерческой графике; специализированные dill-библиотеки для расчета свойств теплоносителей: программа одно- и многофакторного регрессионного анализа экспериментальных зависимостей; электронный справочник по определению теплофизических свойств теплоносителей (воды, водяного пара, воздуха и дымовых газов) – EnekCalc. Наличие доступа к сети Интернет, средств просмотра электронных документов (форматы PDF, DJVU и др.)

#### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе (электронной библиотеке) СФУ и электронной информационно-образовательной среде, как на территории образовательной организации, так и, по возможности, вне университета.

#### **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для проведения вводных лекций необходимо иметь лекционный зал, оборудованный презентационным оборудованием.

Для проведения лабораторных занятий необходимо иметь:

- проектное пространство: класс (классы) для индивидуальной и групповой проектной работы, оснащенный компьютерами с необходимым программным обеспечением, приведенным в п. 9.1, и доступом в интернет;

- рабочее пространство: рабочие места (мастерские), оснащенные рабочими инструментами коллективного и индивидуального пользования, средствами контроля и измерительными приборами, соответствующие действующим противопожарным правилам и нормам.

Следует обеспечить возможность свободного доступа студентам в данные помещения, в том числе, во внеучебное время.

Для теоретического изучения данной дисциплины используются:

- материалы электронной «Энциклопедии энергетики» для дистанционного образования, разработанные кафедрой ТВТ МЭИ (Очков В.Ф.);

-электронная библиотека «Теплоэнергетика» форматы PDF, DJVU;

-учебные видеофильмы (Назаровская ГРЭС, Красноярская ТЭЦ-1, Красноярская ТЭЦ-2, Березовская ГРЭС, Рязанская ГРЭС, Пермская ГРЭС и т.д.)

Помещения для самостоятельной работы обучающихся должны быть оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.