

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

2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

канд.техн.наук, доцент, Пачковский С.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 магистров с технологическим оборудованием ТЭС, с классическими и новыми используемыми на ТЭС термодинамическими циклами, современными способами их анализа. Особое внимание уделено расчету режимов работы оборудования станции и определению технико-экономических показателей, конструкции тепловых схем их расчета с применением компьютерных технологий. Данная дисциплина занимает значительное место в системе подготовки магистров 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 ТЭС, их ЭСИА;
- 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	демонстрирует способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией объекта профессиональной деятельности разрабатывает проектные решения, связанные с

эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов	модернизацией объекта профессиональной деятельности разрабатывает проектные решения по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов
<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>	
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	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

#### **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)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Контактная работа, ак. час.							
		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. Назначение ТЭС.</b>									
	1. Классификация ТЭС. Технологическая схема тепловой электростанции. Продукция ТЭС	2							
	2. Изучение технологической схемы тепловой электростанции.							12	
	3. Типы и краткая характеристика основного оборудования ТЭС Красноярского филиала ООО «Сибирская генерирующая компания»	2							
	4. Изучение основного оборудования ТЭС Красноярского края и республики Хакассия.							12	
<b>2. 2. Основные технологические схемы ТЭС. Состав, назначение элементов схем. Примеры схем. Чтение и расчет схем.</b>									
	1. Принципиальные тепловые схемы ТЭС турбин типа К, Р, П, ПР, Т, ПТ. Назначение основных элементов ПТС ТЭС (ПВД, ПНД, деаэраторы, сетевые подогреватели, насосное оборудование и пр.)	2							

2. Изучение ПТС блоков КЭС и ТЭС с поперечными связями. Поэлементный расчет принципиальной тепловой схемы ТЭС. Расчет расхода греющего пара подогревателей поверхностного и смешивающего типов. Расчет расхода греющего пара групп подогревателей					2			
3. Основные технологические схемы ТЭС. Схема главных паропроводов. Схема питательной воды. Схема производственного пара. Схема теплофикационного пара. Схема сетевой воды. Схема подпитки теплосети. Схема циркуляционного водоснабжения. Схема отпуска тепла от ТЭС. Главная электрическая схема.	2							
4. Изучение и чтение основных схем на примере ТЭЦ с поперечными связями (Красноярская ТЭЦ-1) для группы оборудования 90 ата: главных паропроводов, питательной воды, производственного коллектора с давлением 8-13 ата, теплофикационного коллектора с давлением 1,2-2,5 ата, сетевой воды, подпиточной воды, циркуляционной воды, отпуска тепла от ТЭС, главной электрической схемы					2			
5. Тепловые схемы ТЭС. Состав, назначение схем. Чтение схем. Методика расчета.							12	
<b>3. 5. Энергетические характеристики оборудования тепловых электростанций. Определение нормативных ТЭП</b>								
1. Общие принципы нормирования показателей тепловой экономичности оборудования тепловых электрических станций. Состав документации по топливоиспользованию ТЭС. Основные термины и определения, используемые при нормировании показателей работы энергетического оборудования	2							

2. Изучение краткой характеристики оборудования ТЭС, состава энергетических характеристик					2			
3. Энергетические характеристики котельного оборудования. Состав основных и промежуточных показателей, входящих в энергетические характеристики. Определение основных и промежуточных показателей	2							
4. Определение КПД брутто котла методом обратного баланса по нормативным графикам в зависимости от его теплопроизводительности с учетом поправок на влияние внешних факторов					2			
5. Понятие об энергетических характеристик турбоагрегатов. Поправки к основным и промежуточным показателям на влияние внешних факторов. Методика определения удельного расхода тепла на выработку электроэнергии	2							
6. Ознакомление с энергетическими характеристиками конденсационных турбоагрегатов, турбоагрегатов с регулируемыми отборами пара и противодавлением					2			
7. Определение удельного тепла брутто на производство электроэнергии по нормативным графическим зависимостям для разных значений электрической мощности, тепловой мощности регулируемых отборов турбин					2			
8. Графики затрат электроэнергии на общегрупповые механизмы, аппараты и установки собственных нужд подгруппы оборудования.	2							



9. Определение суммарных затрат электроэнергии на собственные нужды по нормативным графическим зависимостям					2			
10. Графики затрат тепла на собственные нужды подгруппы оборудования, технологические потери тепла, связанные с его отпуском	2							
11. Определение суммарных затрат теплоэнергии на собственные нужды по нормативным графическим зависимостям					2			
12. Ознакомление с энергетическими характеристиками основного и вспомогательного оборудования Красноярской ТЭЦ-1							16	
<b>4. 6. Основы расчета фактических технико-экономических показателей ТЭС</b>								
1. Показатели турбоагрегатов	2							
2. Определение выработки электроэнергии по теплофикационному циклу. Расчет общего отпуска тепла турбоагрегатами, отпуска тепла из теплофикационных отборов, отпуска тепла от конденсатора.					2			
3. Расчет удельного расхода тепла брутто на производство турбоагрегатом электроэнергии					2			
4. Показатели котлов	2							
5. Расчет выработки тепла брутто котлом. Определение КПД брутто котла по обратному балансу					2			
6. Определение расхода электроэнергии на пылеприготовление, тягу и дутье					2			
7. Общестанционные, общегрупповые показатели.	4							

8. Определение суммарного расхода электроэнергии и тепла на собственные нужды ТЭС					2			
9. Определение номинальных и нормативных значения удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии и теплоэнергии					2			
10. Изучение методики по расчету фактических ТЭП ТЭС							28	
<b>5. 7. Макет расчета нормативных удельных расходов и экономии топлива на отпуск электроэнергии и тепла за отчетный</b>								
1. Номинальные показатели турбоагрегата, подгруппы турбоагрегатов. Алгоритмы расчета показателей тепловой экономичности турбоустановок	6							
2. Расчет номинальных показателей турбоагрегата, подгруппы турбоагрегатов. Подбор исходных данных					2			
3. Номинальные показатели котлоагрегата. Алгоритмы расчета показателей тепловой экономичности энергетических котлов, подгруппы котлов.	2							
4. Расчет номинальных показателей котлов, подгруппы котлов. Подбор исходных данных. Расчет показателей					2			
5. Методика расчета номинальных и нормативных удельных расходов топлива, экономии топлива	6							
6. Расчет номинальных и нормативных удельных расходов топлива, экономии топлива за год с помесечной разбивкой					2			
7. Изучение методики по составлению макета расчета нормативных удельных расходов топлива на отпуск электроэнергии и тепла							28	
<b>6. 8. Основы оптимизации режимов работы оборудования ТЭС</b>								

1. Возможность оптимального распределения нагрузок между отдельными агрегатами тепловой электростанции. Алгоритм выполнения расчетов по оптимизации режимов работы оборудования ТЭЦ	6							
2. Расчеты оптимальных режимов работы оборудования Красноярской ТЭЦ-1 для зимнего максимума нагрузок и при отключении теплосети					6			
3. Экзамен								
<b>7. 4. Алгоритм расчета режима работы ТЭС. График ремонта основного оборудования. Определение состава основного и</b>								
1. Методика планирования выработки электроэнергии и отпуска тепла на год с разбивкой по месяцам с учетом зимнего, летнего, осенне-весеннего периодов	2							
2. Помесячное планирование тепловой и электрической нагрузки ТЭС в зимний, летний, осенне-весенний периоды					2			
3. Подпитка теплосети. Подпиточные деаэраторы. Алгоритм расчета отпуска тепла с сетевой водой от станции с учетом подпитки теплосети. Методика по расчету тепловой нагрузки сетевых подогревателей в зависимости от температуры наружного воздуха в отопительный период Подпитка теплосети. Подпиточные деаэраторы. Алгоритм расчета отпуска тепла с сетевой водой от станции с учетом подпитки теплосети. Методика по расчету тепловой нагрузки сетевых подогревателей в зависимости от температуры наружного воздуха в отопительный период	2							

4. Расчет схем сетевых подогревателей и подпитки теплосети ТЭС. Расчет расхода греющего пара на основной и пиковый подогреватель. Расчет расхода греющего пара на подпиточный деаэрагор и подогреватель частично-умягченной воды. Расчет расхода пара на производственный и теплофикационный коллекторы.						4			
5. Методика по определению потребности в свежем паре, в паре П-отбора, в паре Т-отбора, в паре постоянно действующих РОУ	4								
6. Определение потребности в свежем паре, в паре 1,2-2,5 ата, 8-13 ата и 20 ата						4			
7. Режимы работы ТЭС: конденсационный, теплофикационный, теплофикационный с частичной конденсацией пара. Алгоритм расчета режима работы ТЭС. Особенности расчета режима работы ТЭС в периоды отключения и включения теплосети (май, июль или август, сентябрь) с разбивкой на подпериоды: 1-й подпериод – отопление и ГВС; 2-й подпериод – отключение теплосети; 3-й подпериод – ГВС	4								

8. Расчет режима работы ТЭС. Распределение электрической и тепловой нагрузки между турбоагрегатами и котлоагрегатами в зависимости от задания системного оператора (СО) и диспетчера теплосети. Определение состава основного (котлов/турбин) и вспомогательного оборудования (основных и пиковых сетевых подогревателей, оборудования подпитки теплосети, питательных насосов для ТЭС с поперечными связями, сетевых и подпиточных насосов, насосов циркуляционной воды и пр.)						4		
9. График ремонтов оборудования. Распределение тепловой и электрической мощности по турбинам с учетом графика ремонта основного оборудования (котлов и турбин) на месяц	2							
10. Расчет режима работы ТЭС на год с разбивкой по месяцам с учетом внешних условий (температуры наружного воздуха, графика ремонта основного оборудования, наличие ограничений мощности и пр.)						4		
11. Расчет режима работы ТЭС для разного типа оборудования с учетом нахождения основного оборудования в ремонте. Изучение методики по определению состава основного и вспомогательного оборудования ТЭС, находящегося в работе							18	
12. Зачет								
<b>8. 3. Энергетические показатели ТЭС. Методика определения основных показателей ТЭС. Диаграммы режимов турбоагрегатов</b>								

1. Энергетические показатели ТЭС. Установленная электрическая и тепловая мощность ТЭС. Располагаемая электрическая и тепловая мощность ТЭС. Рабочая и фактическая электрическая и тепловая мощность ТЭС. Располагаемая (бесшлаковочная) паропроизводительность котлов. Виды ограничений мощности. Резерв мощности.	2							
2. Изучение основных показателей ТЭС. Определение располагаемой электрической и тепловой мощности ТЭС на примере Красноярской ТЭЦ-1. Определение располагаемой паропроизводительности котлов на примере котлов ПК-10Ш-2 с выявлением причин ограничений. Расчет резерва мощности					2			
3. Диаграммы режимов различных типов турбин. Методика определения основных параметров работы турбин	4							
4. Ознакомление с диаграммами режимов турбин типа К, Р, ПР, П, Т и ПТ. Определение параметров работы турбины по диаграммам режимов с учетом электрической мощности, тепловой мощности производственного и теплофикационного отборов, противодавления					2			
5. Способы использования диаграмм режимов турбин типа К, П, Т, ПТ, ТР, ПР для определения основных параметров турбины: расход свежего пара, электрическая мощность, расход пара (тепла) в П и Т -отборы, расход пара в конденсатор, расход пара на регенерацию					2			

6. Определение расхода свежего пара турбин типа "ПТ" и "Т" по диаграмме режимов при работе по электрическому и тепловому графику нагрузок					2			
7. Методика оцифровки и аппроксимации диаграмм режимов различных типов турбин	2							
8. Оцифровка и аппроксимация графиков функций и диаграмм режимов различных типов турбин: К, П, Т, Р, ПР и ПТ.					2			
9. Режимные карты. Описание и состав. Методика определения основных параметров работы котлов на основе режимных карт	2							
10. Ознакомление с режимными картами котлов (на примере котлов ПК-10Ш-2 и БКЗ-320-140 Красноярской ТЭЦ-1). Определение параметров работы котла в зависимости от паровой нагрузки, используя его режимную карту					2			
11. Температурный график теплосети. Методика по определению температуры прямой и обратной теплосети в зависимости от температуры наружного воздуха и района размещения ТЭС для среднемесячных значений	2							
12. Определение температуры прямой и обратной теплосети в зимний максимум нагрузок для Красноярских ТЭЦ-1, 2, 3					2			
13. Энергетические показатели конденсационных электростанций (КЭС) и теплоцентралей (ТЭЦ). Технология отпуска пара и горячей воды от ТЭС.							18	
Всего	72				72		144	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Оптимизация схем режимов и автоматизация теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС: сб. науч. тр.(Москва: МЭИ).
2. Рыжкин В.Я., Гиршфельд В.Я. Тепловые электрические станции: учебник для вузов по спец. "Тепловые электр. станции"(Москва: Энергоатомиздат).
3. Гаврилов Е.И. Топливо-транспортное хозяйство и золошлакоудаление на ТЭС: Учеб. пособие для вузов по спец. "Тепловые электр. станции"(Москва: Энергоатомиздат).
4. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для вузов(Москва: Изд-во МЭИ).
5. 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).
6. Цанев С. В., Буров В. Д., Ремезов А. Н., Цанев С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учеб. пособие для вузов(Москва: МЭИ).
7. Цыганок А. П., Михайленко С. А. Проектирование тепловых электрических станций: учеб. пособие(Красноярск: ИПЦ КГТУ).
8. 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).
9. Стерман Л. С., Лавыгин В. М., Тишин С. Г. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для студентов вузов по направлению "Теплоэнергетика"(Москва: МЭИ).
10. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: утверждены Приказом Минэнерго РФ от 19.06.2003 №229(Екатеринбург: Урал Юр Издат).
11. Шапиро Г.А. Повышение эффективности работы ТЭЦ: научное издание (Москва: Энергоиздат).
12. Пермяков В.А. Теплообменное оборудование паротурбинных установок: Ч. 1: отраслевой каталог : 20-89-09 : в 2-х ч.(Москва: ЦНИИТЭИтяжмаш).
13. Пермяков В. А. Теплообменное оборудование паротурбинных установок: Ч. 2: отраслевой каталог : 20-89-09 : в 2-х ч.(Москва: ЦНИИТЭИтяжмаш).
14. Гиршфельд В.Я., Князев А.М., Куликов В.Е. Режимы работы и эксплуатация ТЭС: учеб. для вузов по спец. "Тепловые электр. станции"(Москва: Энергия).
15. Александров А. А., Григорьев Б. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: справочник(Москва: МЭИ).
16. 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).
17. Бойко Е.А., Баженов К.В., Грачев П.А. Тепловые электрические станции. Паротурбинные энергетические установки ТЭС: справочное пособие (Красноярск: ИПЦ КГТУ).
  18. 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 dll-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.