

Рабочая программа учебной дисциплины

Технологическая часть ТЭС

(Наименование дисциплины)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль)

«Электроснабжение»

(Направление подготовки / Профиль)

Бакалавр

(Квалификация)

Кафедра разработчик

Естественных наук и профессиональных коммуникаций

Год набора

2027

Вид учебной деятельности	Трудоемкость (объем) дисциплины
	Очная форма
	д
Зачетные единицы	3
Общее количество часов	108
Аудиторные часы контактной работы обучающегося с преподавателями:	32
– Лекционные (Л)	16
– Практические (ПЗ)	16
– Лабораторные (ЛЗ)	
– Семинарские (СЗ)	
Самостоятельная работа обучающихся (СРО)	76
К (Р-Г) Р (П) (+;-)	
Тестирование (+;-)	
ДКР (+;-)	
Зачет (+;-)	+
Зачет с оценкой (+;- (Кол-во часов))	
Экзамен (+;- (Кол-во часов))	

Волгоград 2026

Содержание

Раздел 1. Организационно-методический раздел	3
Раздел 2. Тематический план.....	5
Раздел 3. Содержание дисциплины.....	6
Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся	8
Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся.....	10
Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами).....	13
Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	15
Раздел 8. Материально-техническая база и информационные технологии	16
Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	17

Раздел 1. Организационно-методический раздел

1.1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Технологическая часть ТЭС» входит в «Элективные дисциплины» подготовки обучающихся по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»**.

Целью дисциплины является формирование **компетенций** (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО)):

ПК-1 Способен участвовать в проектировании объектов электроэнергетики и электротехники

Дескрипторы профессиональной компетенции:

ПК-1.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности;

ПК-1.2 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации

Перечисленные компетенции формируются в процессе достижения индикаторов компетенций:

Обобщенная трудовая функция/ трудовая функция	Код и наименование дескриптора компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенций (из ПС)
– Профессиональный стандарт Специалист по эксплуатации трансформаторных подстанций и распределительных пунктов и управлению режимами работы муниципальных электрических сетей, утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации № 329н от 25.04.2023	ПК-1.1 Выполняет сбор и анализ данных для проектирования, составляет конкурентоспособные варианты технических решений при проектировании объектов профессиональной деятельности; ПК-1.2 Демонстрирует понимание взаимосвязи задач проектирования и эксплуатации	Знает: ИД 1 ПК.1.1 Нормативные и эксплуатационные требования к объектам электроэнергетики и электротехники (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 2 ПК.1.2 Типовые решения по проектированию объектов электроэнергетики и электротехники в зависимости от эксплуатационных требований (без привязки к профессиональному стандарту). Умеет: ИД 3 ПК.1.1 Определить нормативные и эксплуатационные требования к объектам электроэнергетики и электротехники в рамках их проектирования (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 4 ПК.1.2 Осуществить выбор предпочтительного решения по проектированию объектов электроэнергетики и электротехники в зависимости от эксплуатационных и нормативных требований (без привязки к профессиональному стандарту). Имеет навыки:

		ИД 5 ПК.1.1 Формирования технического задания к проектированию объектов электроэнергетики и электротехники в зависимости от эксплуатационных и нормативных требований (без привязки к профессиональному стандарту); ИД 6 ПК.1.2 Контроля учета требований технического задания в рамках предпроектной проработки и проектирования объектов электроэнергетики и электротехники (без привязки к профессиональному стандарту).
--	--	---

**1.2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО
направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность
(профиль) «Электроснабжение»**

№	Предшествующие дисциплины (дисциплины, изучаемые параллельно)	Последующие дисциплины
1	2	3
1.	Электрические машины	Эксплуатация систем электроснабжения
2.	Теоретические основы электротехники	Эксплуатация передвижных электроустановок
3.	Электрические и электронные аппараты	

1.3. Нормативная документация

Рабочая программа учебной дисциплины составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»**;
- Учебного плана направления подготовки **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, направленность (профиль) «Электроснабжение»** 2027 года набора;
- Образца рабочей программы учебной дисциплины (приказ № 113-О от 01.09.2021 г.).

Раздел 2. Тематический план

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема дисциплины	Трудоемкость				
		Все го	Аудиторные занятия		СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
			Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Тема 1. Введение. Тепловой баланс и принципиальная тепловая схема ТЭС.	12	2	2	8	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
2	Тема 2. Топливное хозяйство и подготовка твердого топлива к сжиганию.	12	2	2	8	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
3	Тема 3. Котельная установка: паровой котел и горелочные устройства.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
4	Тема 4. Паротурбинная установка: турбина и промежуточный перегрев пара.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
5	Тема 5. Система регенеративного подогрева питательной воды.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
6	Тема 6. Конденсационная установка и система технического водоснабжения.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
7	Тема 7. Водоподготовительная установка (ВПУ) и водно-химический режим.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
8	Тема 8. Газовоздушный тракт и системы очистки дымовых газов.	14	2	2	10	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
Вид промежуточной аттестации(Зачет)						
Итого		108	16	16	76	

Раздел 3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Тепловой баланс и принципиальная тепловая схема ТЭС.

Дисциплина начинается с определения места технологической части в составе электростанции как комплекса оборудования, обеспечивающего преобразование химической энергии топлива в электрическую. Рассматривается понятие тепловой схемы — графического изображения основного и вспомогательного оборудования и связей между ними по пару и воде. Изучается уравнение теплового баланса станции, где анализируются приходные статьи (теплота сгорания топлива) и расходные (полезно использованная теплота, потери с уходящими газами, потери в конденсаторе и др.).

Тема 2. Топливное хозяйство и подготовка твердого топлива к сжиганию. В этой теме детально изучается комплекс операций для приведения топлива в состояние, пригодное для эффективного сжигания. Рассматриваются процессы разгрузки вагонов или судов, складирования, дробления и размола в пылеприготовительных установках. Особое внимание уделяется системам пылеприготовления (центральным и индивидуальным), конструкции углеразмольных мельниц (шаровые барабанные, среднеходные, молотковые) и созданию пылевоздушной смеси.

Тема 3. Котельная установка: паровой котел и горелочные устройства. Центральная тема курса посвящена основному агрегату ТЭС — паровому котлу. Изучается его устройство: топочная камера, экранные трубы, барабан, пароперегреватель, водяной экономайзер и воздухоподогреватель. Анализируются процессы горения различных видов топлива (угольного факела, мазута, газа). Подробно рассматриваются типы горелочных устройств, организация процесса горения и аэродинамика топки для обеспечения полноты выгорания топлива и минимизации вредных выбросов.

Тема 4. Паротурбинная установка: турбина и промежуточный перегрев пара. Здесь рассматривается процесс расширения пара в проточной части паровой турбины и превращения его тепловой энергии в механическую работу на валу. Изучается конструкция цилиндров высокого, среднего и низкого давления, принцип действия ступеней скорости и давления. Отдельно анализируется система промежуточного перегрева пара: ее назначение (повышение КПД цикла и снижение влажности пара в конце расширения), схема включения и конструктивное исполнение промпароперегревателя.

Тема 5. Система регенеративного подогрева питательной воды. Тема посвящена одному из ключевых методов повышения термодинамической эффективности цикла Ренкина. Рассматривается схема отбора пара из нерегулируемых отборов турбины для подогрева конденсата и питательной воды перед ее подачей в котел. Изучаются типы теплообменных аппаратов — подогревателей низкого (ПНД) и высокого (ПВД) давления, их конструкция (поверхностные теплообменники) и место в тепловой схеме станции.

Тема 6. Конденсационная установка и система технического водоснабжения. Изучается завершающий этап рабочего цикла — конденсация отработанного в турбине пара. Рассматриваются конструкция конденсатора, процесс теплообмена между паром и циркуляционной водой, создание вакуума. Детально анализируется система технического водоснабжения: источники воды (реки, водохранилища, градирни), конструкция насосных станций и напорных трубопроводов, а также проблема борьбы с биологическим обрастанием трубок конденсаторов.

Тема 7. Водоподготовительная установка (ВПУ) и водно-химический режим. Эта тема охватывает вопросы качества теплоносителя. Изучается схема подготовки добавочной воды для восполнения потерь пара и конденсата в цикле. Рассматриваются методы очистки воды от взвешенных примесей (осветление), умягчения (натрий-катионирование) и глубокого обессоливания (обратный осмос, фильтры смешанного действия). Анализируется важность поддержания нормируемого водно-химического режима для предотвращения коррозии и образования отложений на внутренних поверхностях оборудования.

Тема 8. Газовоздушный тракт и системы очистки дымовых газов. Завершающая тема посвящена тракту движения продуктов сгорания. Изучается работа тягодутьевых машин (дутьевые вентиляторы, дымососы) и движение воздуха от воздухоподогревателя через топку к дымовой трубе. Особое внимание уделяется современным системам очистки уходящих газов от твердых

частиц (электрофилтры, рукавные филтры) и оксидов серы и азота (*серо- и азотоочистка*), что является критически важным аспектом эксплуатации современных ТЭС.

3.2. Содержание практического блока дисциплины

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема практического (семинарского, лабораторного) занятия
1	2
ПЗ 1	Тема 1. Введение. Тепловой баланс и принципиальная тепловая схема ТЭС.
ПЗ 2	Тема 2. Топливное хозяйство и подготовка твердого топлива к сжиганию.
ПЗ 3, 4	Тема 3. Котельная установка: паровой котел и горелочные устройства.
ПЗ 5	Тема 4. Паротурбинная установка: турбина и промежуточный перегрев пара.
ПЗ 6, 7	Тема 5. Система регенеративного подогрева питательной воды.
ПЗ 8	Тема 6. Конденсационная установка и система технического водоснабжения.

3.3. Образовательные технологии

Очная форма обучения (полный срок)

№	Тема занятия	Вид учебного занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	% учебного времени
1	2	3	4	5
1	Тема 1. Введение. Тепловой баланс и принципиальная тепловая схема ТЭС.	ПЗ	Метод кейсов	75
2	Тема 2. Топливное хозяйство и подготовка твердого топлива к сжиганию.	Л	Лекция-ситуация	25
3	Тема 3. Котельная установка: паровой котел и горелочные устройства.	ПЗ	Метод кейсов	75
4	Тема 4. Паротурбинная установка: турбина и промежуточный перегрев пара.	ПЗ	Мозговой штурм	25
5	Тема 5. Система регенеративного подогрева питательной воды.	Л	Мозговой штурм	50
6	Тема 6. Конденсационная установка и система технического водоснабжения.	ПЗ	Метод кейсов	75
7	Тема 7. Водоподготовительная установка (ВПУ) и водно-химический режим.	ПЗ	Метод кейсов	75
8	Тема 8. Газовоздушный тракт и системы очистки дымовых газов.	ПЗ	Деловая игра	75
Итого				29,68%

Раздел 4. Организация самостоятельной работы обучающихся

4.1. Организация самостоятельной работы обучающихся

№	Тема дисциплины	№ вопросов	№ рекомендуемой литературы
1	2	3	4
1	Тема 1. Введение. Тепловой баланс и принципиальная тепловая схема ТЭС.	1, 2	1, 3, 5
2	Тема 2. Топливное хозяйство и подготовка твердого топлива к сжиганию.	3, 4, 5, 6	1, 3, 5
3	Тема 3. Котельная установка: паровой котел и горелочные устройства.	7, 8, 9	3, 4, 5
4	Тема 4. Паротурбинная установка: турбина и промежуточный перегрев пара.	10, 11, 12, 13	2, 3, 4, 5
5	Тема 5. Система регенеративного подогрева питательной воды.	14, 15, 16	3, 4, 5
6	Тема 6. Конденсационная установка и система технического водоснабжения.	17, 18	2, 3, 5
7	Тема 7. Водоподготовительная установка (ВПУ) и водно-химический режим.	19-25	1, 3, 5
8	Тема 8. Газовоздушный тракт и системы очистки дымовых газов.	26, 27, 28	2, 3, 5, 6

Перечень вопросов, выносимых на самостоятельную работу обучающихся

Типы и технологические схемы ТЭС.

1. Какой из двух видов КПД ТЭС являются основными
2. При помощи каких параметров определяют состояние перегретого пара.
3. Почему применение высоких параметров у турбин с малым расходом пара неэкономично
4. Как влияет введение промежуточного перегрева пара на экономичность и его конечную влажность в турбине.
5. В чем заключается цель регенеративного подогрева питательной воды?
6. Подогрев каких жидкостей осуществляют регенеративные отборы?
- Принципиальные тепловые схемы электростанций и методика их расчета
7. Чем отличается закрытая схема теплоснабжения потребителей от открытой?
8. От чего зависит график производственного теплопотребления?
9. Какие турбины устанавливаются на промышленных ТЭС?
10. Характеристика турбин, устанавливаемых на ТЭС
11. Что такое паропреобразователь?
12. Зачем в схему питания паропреобразователей включается деаэратор?
13. Чем отличаются закрытые системы теплоснабжения от открытых?
14. Из каких элементов состоит основное оборудование сетевых подогревательных установок?
15. Для чего применяют деаэрацию воды?
16. Какие основные элементы изображаются на тепловой схеме ТЭС?

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся обеспечивается следующими учебно-методическими материалами:

1. Указаниями в рабочей программе по дисциплине (п.4.1.)
2. Лекционные материалы в составе УМК по дисциплине

3. Заданиями и методическими рекомендациями по организации самостоятельной работы обучающихся в составе УМК по дисциплине.
4. Глоссарием по дисциплине в составе УМК по дисциплине.

Раздел 5. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся

Фонд оценочных средств по дисциплине представляет собой совокупность контролирующих материалов, предназначенных для измерения уровня достижения обучающимися установленных результатов образовательной программы. ФОС по дисциплине используется при проведении оперативного контроля и промежуточной аттестации обучающихся. Требования к структуре и содержанию ФОС дисциплины регламентируются Положением о фонде оценочных материалов по программам высшего образования – программам бакалавриата, магистратуры.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств Очная форма обучения (полный срок)

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Оценочные средства			
		Л	ПЗ (ЛЗ, СЗ)	СРО	Код индикатора и дескриптора достижения компетенций
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1. Введение. Тепловой баланс и принципиальная тепловая схема ТЭС.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
2	Тема 2. Топливное хозяйство и подготовка твердого топлива к сжиганию.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
3	Тема 3. Котельная установка: паровой котел и горелочные устройства.	ЛС	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
4	Тема 4. Паротурбинная установка: турбина и промежуточный перегрев пара.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
5	Тема 5. Система регенеративного подогрева питательной воды.	УО	МШ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
6	Тема 6. Конденсационная установка и система технического водоснабжения.	УО		ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
7	Тема 7. Водоподготовительная установка (ВПУ) и водно-химический режим.	УО	КМ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2

8	Тема 8. Газовоздушный тракт и системы очистки дымовых газов.	УО	ДИ	ПРВ	ИД 1 ПК.1.1 ИД 2 ПК.1.2 ИД 3 ПК.1.1 ИД 4 ПК.1.2 ИД 5 ПК.1.1 ИД 6 ПК.1.2
---	--	----	----	-----	--

Условные обозначения оценочных средств (Столбцы 3, 4, 5):

УО – устный (фронтальный, индивидуальный, комбинированный) опрос;

ПРВ – проверка рефератов, отчетов, рецензий, аннотаций, конспектов, графического материала, эссе, переводов, решений заданий, выполненных заданий в электронном виде и т.д.;

МШ – Метод мозгового штурма;

КМ – Кейс-метод;

ДИ – Деловая игра;

ЛС – Лекция-ситуация.

5.2. Оценочные средства текущего контроля

Перечень практических (семинарских) заданий

Задачи

1. Расчет теплового баланса парового котла.

- **Задание:** По заданным параметрам (паропроизводительность, давление и температура перегретого пара, вид топлива) составить тепловой баланс котельного агрегата. Определить КПД котла брутто и расход натурального топлива.

2. Построение процесса расширения пара в турбине на h-s диаграмме.

- **Задание:** Для конденсационной турбоустановки с промежуточным перегревом построить процесс расширения пара от входа в цилиндр высокого давления (ЦВД) до конденсатора на h-s диаграмме. Определить использованный теплоперепад и конечную влажность пара.

3. Тепловой расчет подогревателя низкого/высокого давления (ПНД/ПВД).

- **Задание:** Выполнить поверочный тепловой расчет одного из регенеративных подогревателей. Определить площадь поверхности теплообмена или недогрев до температуры насыщения греющего пара.

4. Расчет системы пылеприготовления для угольного котла.

- **Задание:** Выбрать тип углеразмольной мельницы и рассчитать ее производительность для обеспечения номинальной паропроизводительности котла. Определить необходимый расход сушильного агента (воздуха).

5. Анализ работы конденсационной установки.

- **Задание:** Рассчитать вакуум в конденсаторе турбины при заданном режиме работы. Оценить влияние повышения температуры охлаждающей воды на экономичность цикла (увеличение расхода тепла на выработку 1 кВт·ч).

6. Разработка схемы обвязки горелок газомазутного котла.

- **Задание:** Начертить принципиальную схему подвода газа и мазута к одной из горелок котла, включая запорную арматуру, регулирующие клапаны и приборы контроля давления.

7. Оценка влияния промежуточного перегрева на внутренний относительный КПД турбины.

- **Задание:** Сравнить использованный теплоперепад и конечную влажность пара для циклов без промперегрева и с одним промперегревом. Сделать вывод о влиянии на надежность лопаток последних ступеней.

8. Расчет потерь тепла с уходящими газами.

- **Задание:** Используя метод обратного баланса, определить потери тепла с уходящими газами (q_{2q_2q2}) для заданного типа котла. Проанализировать факторы, влияющие на величину q_{2q_2q2} (коэффициент избытка воздуха, чистота поверхностей нагрева).

9. Выбор оборудования топливоподачи.

- **Задание:** Подобрать оборудование для тракта топливоподачи (ленточный конвейер, узел пересыпки, дробилка) исходя из часовой потребности котла в топливе и характеристик угля.
- 10. Составление программы пуска котла из холодного состояния.**
- **Задание:** Описать последовательность операций при растопке барабанного котла на природном газе: подготовка топки, розжиг горелок, подъем давления, включение в общий паропровод.
- 11. Расчет системы водоподготовительной установки (ВПУ) методом ионного обмена.**
- **Задание:** Рассчитать количество фильтров в схеме Na-катионирования для умягчения добавочной воды. Определить объем загрузки катионита и режим его регенерации.
- 12. Анализ работы деаэратора.**
- **Задание:** Объяснить назначение термической деаэрации питательной воды. Рассчитать необходимое количество греющего пара для деаэратора атмосферного типа для удаления растворенных газов (O_2 , CO_2).
- 13. Определение присосов воздуха в топку котла.**
- **Задание:** По данным анализа дымовых газов (содержание кислорода O_2 или диоксида углерода CO_2) рассчитать коэффициент избытка воздуха в топке и оценить величину присосов по газовому тракту.
- 14. Проектирование схемы очистки дымовых газов от оксидов серы.**
- **Задание:** Предложить технологическую схему сероочистки (например, мокро-десульфуризации) для угольного блока мощностью 300 МВт. Указать основное оборудование: абсорбер, скруббер, система подготовки реагента.
- 15. Сравнительный анализ тепловых схем ТЭС.**
- **Задание:** Сравнить две тепловые схемы: блочную (энергоблок "котел-турбина") и схему с поперечными связями (общий коллектор пара и питательной воды для нескольких котлов и турбин). Обосновать область применения каждой из них.

5.3. Тематика письменных работ обучающихся

Рефераты по выбранным темам выполняются в письменной форме обучающимися всех форм обучения. Учебно-методические материалы, необходимые для выполнения работ, а также примерная тематика рефератов содержатся в УМК по дисциплине.

1. Эволюция тепловых схем паротурбинных установок: от простейших до сверхкритических параметров. *(Анализ развития технологий повышения КПД цикла Ренкина).*
2. Современные методы очистки дымовых газов на угольных электростанциях (серо- и азотоочистка). *(Обзор технологий FGD и DeNOx, их эффективность и экономическое обоснование).*
3. Влияние промежуточного перегрева пара на надежность и экономичность работы турбоустановки. *(Расчетный анализ изменения конечной влажности и использованного теплоперепада).*
4. Водоподготовка на тепловых электростанциях: физико-химические основы и современное оборудование ВПУ. *(Методы ионного обмена, мембранные технологии и их роль в предотвращении коррозии и отложений).*
5. Особенности сжигания различных видов энергетического топлива (уголь, мазут, природный газ) в пылеугольном факеле. *(Сравнение топочных процессов, конструкции горелок и экологических показателей).*
6. Цифровизация и автоматизация технологических процессов на ТЭС: переход к интеллектуальным системам управления. *(Применение нейросетей для оптимизации горения и предиктивной диагностики оборудования).*
7. Конденсационные установки мощных паровых турбин: расчет вакуумной системы и пути повышения ее эффективности. *(Анализ влияния температуры охлаждающей воды и присосов воздуха на работу конденсатора).*
8. Регенеративный подогрев питательной воды как основной метод повышения тепловой экономичности цикла ТЭС. *(Оптимизация схемы ПВД/ПНД и выбор температурных напоров).*
9. Экологические аспекты эксплуатации ТЭС: нормирование выбросов и пути снижения углеродного следа. *(Рассмотрение технологий улавливания и хранения углерода — CCS).*

10. Системы золошлакоудаления и утилизации отходов сгорания твердого топлива. *(Гидравлические и пневматические системы, а также перспективы использования ЗШО в строительной индустрии).*

11. Пути повышения маневренности энергоблоков ТЭС в условиях работы с переменными нагрузками. *(Быстрый пуск из горячего и холодного состояния, работа в режиме слежения за нагрузкой).*

12. Тепловой баланс котла: структура потерь тепла и методы их минимизации. *(Фокус на снижении потери тепла с уходящими газами q_{2q_2q2} путем оптимизации процесса горения).*

13. Перспективы перехода отечественных ТЭС на водородное топливо и смеси (водород+природный газ). *(Модернизация горелочных устройств и оценка технических рисков).*

14. Конструкция и принцип действия современных электрофильтров для очистки продуктов сгорания угля. *(Физические основы осаждения частиц, влияние удельного сопротивления золы на эффективность).*

15. Система технического водоснабжения ТЭС: типы охладителей (пруды-охладители, градирни, брызгальные бассейны) и их сравнение. *(Технико-экономический анализ выбора типа охладителя в зависимости от климатических условий).*

5.4. Перечень вопросов промежуточной аттестации по дисциплине

Список вопросов для зачета с оценкой

1. Показатели общей экономичности ТЭС.
2. Расходы пара, теплоты и топлива на выработку тепловой и электрической энергии.
3. Задачи, решаемые при составлении принципиальной тепловой схемы ТЭС
4. Подходы, существующие при решении вопроса о выборе тепловой схемы
5. Последовательность расчета тепловой схемы.
6. Коэффициент регенерации. Как он определяется.
7. Коэффициент недовыработки мощности отборного пара.
8. Определение расхода пара для отпуска тепла потребителям.
9. Расчет регенеративных подогревателей.
10. Расчет поправки к расходу пара на турбину.
11. Что собой представляет ГТУ, ПГУ, ГПУ.
12. Принцип действия ГТУ с горением при постоянном давлении.
13. Принцип действия ГТУ с горением при постоянном объеме.
14. Преимущества ГТУ и ПГУ перед паротурбинными.
15. От чего зависит расход топлива на ГТУ
16. Принцип действия схемы ПГУ с НПП.
17. Принцип действия схемы ПГУ с ВПП.
18. Режимы эксплуатации энергоблоков.
19. Нарушения условий нормальной эксплуатации.
20. Графики тепловых нагрузок, диаграммы режимов, их использование в процессе эксплуатации

Раздел 6. Оценочные средства промежуточной аттестации (с ключами)

Прочитайте вопрос и выберите один правильный ответ.

Вопрос 1.1 Какое основное назначение системы регенерации в тепловой схеме паротурбинной установки? а) Охлаждение подшипников турбины; б) Повышение влажности пара перед турбиной; в) **Повышение термического КПД цикла за счет подогрева питательной воды теплом пара из отборов турбины;** г) Очистка конденсата от примесей.

Правильный ответ: в)

Вопрос 1.2 Какой параметр является определяющим при выборе поверхности нагрева воздухоподогревателя котла? а) Температура уходящих газов; б) Давление перегретого пара; в) Расход топлива на котел; г) **Температура холодного воздуха на входе в воздухоподогреватель.**

Правильный ответ: г)

Вопрос 1.3 Для чего используется промежуточный перегрев пара в цикле ТЭС? а) Для снижения температуры свежего пара; б) **Для повышения конечного среднего давления и**

уменьшения влажности пара в последних ступенях турбины; в) Для увеличения расхода охлаждающей воды в конденсаторе; г) Для снижения нагрузки на питательный насос.

Правильный ответ: б)

Вопрос 1.4 Что такое "балансовая потеря тепла с уходящими газами" (q_{2q_2q2})? а) Потеря тепла через обмуровку котла; б) Потеря тепла с механическим недожогом топлива; в) **Потеря тепла, уносимого продуктами сгорания в дымовую трубу**; г) Потеря тепла на собственные нужды станции.

Правильный ответ: в)

Вопрос 1.5 Как называется процесс удаления кислорода и других растворенных газов из питательной воды? а) Фильтрация; б) Умягчение; в) Обессоливание; г) **Деаэрация**.

Правильный ответ: г)

Прочитайте вопрос и выберите два правильных ответа.

Вопрос 2.1 Выберите два основных фактора, влияющих на величину потери тепла с уходящими газами (q_{2q_2q2}). а) **Коэффициент избытка воздуха в топке**; б) **Температура горячего воздуха после воздухоподогревателя**; в) Марка стали труб экранной системы; г) Наличие системы сероочистки.

Правильный ответ: а), б)

Вопрос 2.2 Какие два вида оборудования входят в систему пылеприготовления твердотопливного котла? а) Барабан котла; б) **Углеразмельняющая мельница**; в) **Сепаратор пыли**; г) Пароперегреватель.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.3 Выберите две основные причины образования оксидов азота (NO_x) в продуктах сгорания топлива. а) Неполнота сгорания углерода; б) **Высокие температуры в ядре факела**; в) Недостаток кислорода в зоне горения; г) **Избыток первичного воздуха**.

Правильный ответ: б), г)

Вопрос 2.4 Выберите два элемента котельной установки, которые защищаются газовой защитой. а) Экономайзер; б) **Барабан котла**; в) **Масляный бак трансформатора**; г) Горелочные устройства.

Правильный ответ: б), в)

Вопрос 2.5 Выберите два основных назначения деаэратора в тепловой схеме ТЭС. а) Хранение запаса питательной воды; б) **Удаление коррозионно-агрессивных газов (O_2 , CO_2)**; в) Подогрев сетевой воды для отопления; г) **Термическая деаэрация питательной воды перед подачей в экономайзер или барабан**.

Правильный ответ: б), г)

Установите соответствие между элементом технологической схемы и его основной функцией.

А) Конденсатор паровой турбины	1) Создание разрежения (вакуума) на выходе из турбины и конденсация отработавшего пара.
Б) Регенеративный подогреватель (ПВД/ПНД)	2) Использование тепла пара из отборов турбины для подогрева основного конденсата и питательной воды.
В) Воздухоподогреватель котла	3) Передача тепла от продуктов сгорания к дутьевому воздуху, поступающему в топку.
Г) Питательный электронасос (ПЭН)	4) Подача воды под высоким давлением в котел или деаэратор.

Правильный ответ: А – 1, Б – 2, В – 3, Г – 4

4) На установление последовательности (1 вопрос)

Укажите правильную последовательность движения рабочего тела (воды/пара) в основном цикле ТЭС. 1\$ Перегрев пара в пароперегревателе. 2\$ Генерация пара в испарительной системе котла. 3\$ Конденсация пара в конденсаторе. 4\$ Сжатие воды в питательном насосе. 5\$ Расширение пара в проточной части турбины.

Правильный ответ: 2-1-5-3-4

Раздел 7. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

7.1. Основная литература

1. Назаров, В. И. Автоматизированные системы регулирования тепловых процессов основного оборудования ТЭС и АЭС : учебное пособие / В. И. Назаров, В. В. Кравченко. — Минск: Вышэйшая школа, 2022. — 216 с. — ISBN 978-985-06-3452-8. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/129978.html>
2. Новичков, С. В. Ремонт теплоэнергетического оборудования ТЭС : учебное пособие / С. В. Новичков, В. И. Лубков. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2026. — 112 с. — ISBN 978-5-4497-0007-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/154505.html>
3. Шаров, Ю. И. Внедрение современных технологий на ТЭС : монография / Ю. И. Шаров. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. — 348 с. — ISBN 978-5-9729-2546-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/154698.html>

7.2. Дополнительная литература

4. Лубков В.И. Основы эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС : учебное пособие / Лубков В.И., Новичков С.В.. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2025. — 285 с. — ISBN 978-5-4497-4163-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/148563.html>
5. Андык, В. С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами на ТЭС : учебник / В. С. Андык. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 407 с. — ISBN 978-5-4497-1218-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/147242.html>
6. Беляев, С. А. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС : учебное пособие / С. А. Беляев, А. В. Воробьев, В. В. Литвак. — 2-е изд. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 247 с. — ISBN 978-5-4497-1297-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/147265.html>

7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система -Цифровой образовательный ресурс IPR SMART – электронная библиотека по всем отраслям знаний [Электронный ресурс]. – URL:
2. <http://www.iprbookshop.ru>
3. Справочник математических формул <http://www.pm298.ru/>
4. Каталог ГОСТов - <https://snip.ruscable.ru/>
5. <http://www.consultant.ru/>— Консультант Плюс
6. <http://www.garant.ru/>— Гарант
7. Программное обеспечение для организации конференции.

Раздел 8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

8.1. Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий (для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся всех направлений подготовки).

Оборудование:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Пробковая доска
- Моноблок для преподавателя с выходом в интернет
- ЖК панель
- Компьютеры для обучающихся с выходом в интернет
- Виртуальный лабораторный стенд «Электрические цепи» на 20 рабочих мест;
- Виртуальный лабораторный стенд «Электротехника и основы электроники» ТС-ЭТиОЭ2-ЛС на 16 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого реле» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Автоматика на основе программируемого контроллера» на 20 рабочих мест
- Виртуальный лабораторный стенд «Цифровая и микропроцессорная техника» на 20 рабочих мест
- Набор учебно-методических материалов к разделу «Электротехника и электроника» (плакаты, презентации).

8.2. Помещение для самостоятельной работы обучающихся (помещение общего пользования с подключением к системам телекоммуникации и с обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (доступ в сеть Интернет, Wi-Fi, глобальные поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Специализированная мебель и технические средства обучения:

- Стол для преподавателя
- Стул для преподавателя
- Столы для обучающихся
- Стулья для обучающихся
- Компьютеры для преподавателя с выходом в интернет
- Компьютеры для обучающихся выходом в интернет
- ПО: MS Office, Яндекс браузер
- Цифровой образовательный ресурс IPR SMART
- доступ в ЭИОС.

Раздел 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины «Технологическая часть ТЭС» можно построить в соответствии со списком вопросов для подготовки к экзамену. Для эффективного изучения курса Безопасности жизнедеятельности рекомендуется следующий порядок:

Сначала изучаются теоретические вопросы по соответствующей теме с проработкой как конспектов лекций, так и учебников. **Лекции** дают систематизированные основы научных знаний по соответствующей теме, концентрируют внимание на наиболее сложных узловых вопросах. Особое внимание следует обратить на **понимание смысла** основных понятий, определений. Затем нужно самостоятельно **подробно разобрать типовые примеры**, выясняя в деталях **практическое значение выученного теоретического материала**.

Добросовестное изучение всего материала, заключённого в лекциях, практических занятиях и домашних заданиях, гарантирует каждому обучающемуся успешные результаты на экзаменах. Для подготовки к экзамену необходимо, прежде всего, по лекциям и учебникам повторить и систематизировать весь теоретический материал, изученный в семестре.

При ответе на теоретические вопросы на экзамене следует привести необходимые определения, формулировку и примеры. Решение задач (если они есть в билете) следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

Во время экзамена требуется иметь калькулятор для выполнения расчетных заданий.

Не забудьте обратить внимание на применение рассматриваемых вопросов и задач в будущей профессиональной деятельности. Понимание необходимости и возможности такого применения оценивается на экзамене очень высоко.

Учебно-методическое издание

Рабочая программа учебной дисциплины

Технологическая часть ТЭС

*(Наименование дисциплины в соответствии с учебным
планом)*

Беликова Екатерина Владимировна

(Фамилия, Имя, Отчество составителя)