



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

13.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ И СХЕМ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Направление подготовки (специальность)
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Цифровой инжиниринг объектов промышленной теплоэнергетики и энергетики
теплотехнологий

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	2
Семестр	3

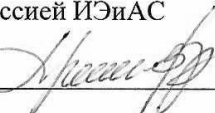
Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Теплотехнических и энергетических систем
06.02.2024, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
13.02.2024 г. протокол № 4

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ТиЭС, канд. техн. наук  Е.Г. Нешпоренко

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",

канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Е.Г. Нешпоренко

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Основной целью преподавания дисциплины «Расчёты параметров и схем тепловых электрических станций» является получение навыков студентами направления 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника основам численных методов решения уравнений математической физики, используемых для описания процессов теплообмена, движения жидкости и газов, параметров и схем тепловых электрических станций.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Расчеты параметров и схем тепловых электростанций входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Энергетические объекты и системы черной металлургии

Теплотехнические принципы организации теплообмена

Физические основы генерации электроэнергии и теплоты

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная - научно-исследовательская работа

Математическое моделирование объектов и систем теплоэнергетики

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Расчеты параметров и схем тепловых электростанций» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-6	Способен к анализу вариантов экономии энергии за счет теплоты уходящих газов от термического оборудования с учетом составления температурных графиков технологических операций термической обработки
ПК-6.1	Разрабатывает и анализирует варианты экономии тепла за счет тепла уходящих газов от термического оборудования, за счет замены футеровочных и теплоизоляционных материалов на современные высокоэффективные материалы

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетных единиц 36 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 22,65 акад. часов;
- аудиторная – 22 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,65 акад. часов;
- самостоятельная работа – 13,35 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Роль технико-экономических расчётов в энергетике. Направления совершенствования ТЭС и оптимизации характеристик. Основные направления экологической политики России.	3	2			2	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.2 Состояние теплоэнергетики.		2	3		3	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.3 Технический уровень ТЭС. Критерии оптимизации в энергетике. Принципы ТЭО. Технические ограничения.		2	3		2	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.4 Основные финансово-экономические показатели выбора оптимальных технических решений.		2	3		2	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.5 Особенности ТЭС как сложных систем. Выбор начальных параметров КЭС. Оптимизация характеристик НПК КЭС.		1	2		2	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1

1.6 Оптимизация характеристик регенеративного подогрева. Выбор начальных и конечных параметров на ТЭЦ.		1			1,35	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.7 Оптимизация ПГУ и ГТУ-ТЭС.		1			1	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу		11	11		13,35			
Итого за семестр		11	11		13,35		зачёт	
Итого по дисциплине		11	11		13,35		зачет	

5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Расчеты параметров и схем тепловых электростанций» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путём сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, и тестированию.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Артюшкин, В. Н. Энергосбережение при эксплуатации магистральных насосных агрегатов : монография / В. Н. Артюшкин, В. К. Тян. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 112 с. - ISBN 978-5-9729-0375-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1168660>

2. Ушаков, В. Я. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК: Учебное пособие / Ушаков В.Я., Чубик П.С. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 388 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/701880>

б) Дополнительная литература:

1. Степанов, О. А. Основы трансформации теплоты : учебник / О. А. Степанов, С. О. Захаренко. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-3722-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122152>

2. Шкаровский, А. Л. Теплоснабжение : учебник / А. Л. Шкаровский. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. — ISBN 978-5-8114-5222-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136185>

3. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях : учебное пособие / И. В. Кудинов, В. А. Кудинов, А. В. Еремин, С. В. Колесников ; под редакцией Э. М. Карташова. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1837-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/56168>

4. Антонов, В. Н. Проектирование тепловой схемы и выбор основного

оборудования промышленно-отопительной ТЭС : учебное пособие / В. Н. Антонов, Т. П. Семенова ; МГТУ. - Магнитогорск : [МГТУ], 2017. - 82 с. : ил., табл., схемы, граф., эскизы. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2012> . - Текст : непосредственный.

в) Методические указания:

1. Старкова, Л. Г. Теплоснабжение района города : учебно-методическое пособие / Л. Г. Старкова, Ю. А. Морева, Л. И. Короткова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1826> . - Текст : электронный

2. Новоселова, Ю. Н. Теплоснабжение и вентиляция : учебно-методическое пособие / Ю. Н. Новоселова, Г. Н. Трубицына ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/464> . - Текст : электронный.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
Linux Calculate	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной	URL: http://www1.fips.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Учебные аудитории для проведения практических, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, мультимедийный проектор, экран. Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Перечень контрольных вопросов для самостоятельной подготовки

1. Роль технико-экономических расчетов в энергетике
2. Состояние энергетики России, структура управления; организационные формы функционирования. Основные документы, определяющие развитие энергетики. Основные положения генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики до 2020 г. Роль технико-экономических расчетов на современном этапе развития энергетики. Макет бизнес-плана строительства энергообъекта.
3. Направления совершенствования ТЭС и оптимизации характеристик. Технический уровень российских и зарубежных ТЭС и роль технико-экономических оптимизационных расчетов в проблеме повышения научно-технического уровня проектов, повышения надежности и экономичности эксплуатации ТЭС, снижения капитальных затрат.
4. Структура капиталовложений на ТЭС. Способы оценки капитальных затрат в современных условиях. Основные факторы, определяющие оптимальные значения мощности электростанций. Влияние увеличения мощности и укрупнения оборудования на технико-экономические показатели электростанций и надежность работы ее. Основные направления экологической политики России. Состояние теплоэнергетики.
5. Основные направления экологической политики России. Состояние, проблемы и основные технико-экономические показатели теплоэнергетики.
6. Технический уровень ТЭС. Критерии оптимизации в энергетике
7. Критерии оптимальности теплоэнергетических установок, их развитие и области применения в оптимизационных расчетах. Основные технико-экономические показатели производства электроэнергии и тепла на ТЭС.
8. Принципы ТЭО. Технические ограничения. Основные принципы и методы технико-экономической оптимизации схем и параметров ТЭС. Виды ограничений при технико-экономической оптимизации, достоинства и недостатки различных методов, области применения их. Основные финансово-экономические показатели выбора оптимальных технических решений. Финансово-экономические показатели оптимизации на ТЭС в рыночных условиях хозяйствования. Учет фактора времени при расчете показателей экономической эффективности проекта.
9. Определение и выбор ставки дисконтирования. Выбор горизонта расчета. Основные программы для расчета коммерческой и экономической эффективности. Метод базового варианта при технико-экономической оптимизации параметров и характеристик в энергетике. Влияние условий надежности, маневренности, затрат по охране окружающей среды на оптимальность решения.
10. Особенности ТЭС как сложных систем
11. Определение «системы», особенности ТЭС как сложных систем, Особенности и основные свойства ТЭС как сложных систем, их влияние на выбор оптимального решения. Иерархия задач и уровней при оптимизации и проектировании ТЭС.
12. Влияние параметров промперегрева на показатели экономичности электростанций. Условия оптимальности тепловой экономичности при выборе давления промперегрева. Выбор параметров промперегрева на ТЭС.
13. Выбор начальных параметров КЭС. Выбор и оптимизация начальных параметров пара (НПП) циклов ТЭС: факторы, влияющие на их выбор; связь НПП и тепловой экономичности; влияние НПП на стоимостные характеристики отдельных элементов электростанции; выбор материалов пароводяных трактов; влияние режима работы ТЭС и типа турбин на оптимальные значения НПП.
14. Оптимизация характеристик НПК КЭС. Выбор и оптимизация характеристик низкопотенциального комплекса (НПК) ТЭС; факторы, влияющие на их выбор; влияние конечных параметров на тепловую экономичность; влияние расхода и скорости

охлаждающей воды на характеристики конденсатора; методика определения оптимальной скорости воды, кратности охлаждения и конечного давления; влияние режима работы ТЭС и типа турбин на оптимальные значения конечных параметров.

15. Оптимизация характеристик регенеративного подогрева

16. Основные характеристики системы регенеративного подогрева питательной воды. Оптимизация температурных напоров и скорости воды в регенеративных подогревателях. Выбор поверхностей нагрева регенеративных подогревателей.

17. Выбор температуры питательной воды, числа регенеративных подогревателей. Взаимосвязь оптимальных значений температур питательной воды и уходящих газов. Выбор начальных и конечных параметров на ТЭЦ. Особенности выбора начальных и конечных параметров на ТЭЦ.

18. Методика определения оптимального коэффициента теплофикации. Многофакторные характеристики агрегатов ТЭЦ и их использование в оптимизационных расчетах. Сопоставление вариантов отпуска тепла ТЭЦ с различными типами турбин.

19. Выбор схемы отпуска тепла. Методика определения оптимальной схемы теплоснабжения. Влияние температурного графика на оптимальные характеристики ТЭЦ. Выбор состава оборудования для промышленной ТЭЦ.

20. Оптимизация ПГУ и ГТУ-ТЭС. Основные особенности оптимизации характеристик на газотурбинных и парогазовых ТЭС. Основные задачи оптимизации характеристик ГТУ и ПГУ ТЭС различного типа.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

<i>Код индикатора</i>	<i>Индикатор достижения компетенции</i>	<i>Оценочные средства</i>
ПК-6: Способен к анализу вариантов экономии энергии за счет теплоты уходящих газов от термического оборудования с учетом составления температурных графиков технологических операций термической обработки		
ПК-6.1	Разрабатывает и анализирует варианты экономии тепла за счет тепла уходящих газов от термического оборудования, за счет замены футеровочных и теплоизоляционных материалов на современные высокоэффективные материалы	Примерное практическое задание к аттестации: 1. Построить процесс расширения пара в турбине с использованием Н-S-диаграммы влажного пара. Известно, что турбина состоит частей низкого, среднего и высокого давления, которые разделены дросселями. Относительный внутренний к.п.д. частей турбины 0,96, 0,84, 0,77 соответственно, к.п.д. дросселей 0,98, 0,94, 0,86. Давление перегретого пара на входе в турбину перед отсечным дросселем составляет 13 МПа, температура 550°С. Имеются два регулируемых отбора: первый – на выходе из части низкого давления при 1,3 МПа направляется потребителю на технологические нужды, второй – на выходе из части среднего давления при 0,2 МПа на теплофикационные нужды. Давление в конденсаторе за турбиной составляет 3,5 кПа. 2. Рассчитать расход пара на подогреватель высокого давления, встроенный в систему регенеративного подогрева питательной воды (РППВ), работающего при заданных параметрах. Давление пара 1,3 МПа при температуре 250°С. Давление питательной воды на входе 15 МПа при температуре 160°С. Недогрев воды в подогревателе до температуры насыщения греющего пара принять равным 8°С. Охлаждение пара в подогревателе ниже температуры насыщения принять равным 2°С. Расход питательной воды 80 кг/с. 3. Рассчитать трехступенчатую схему системы регенеративного подогрева питательной воды в подогревателях высокого давления с каскадной схемой слива конденсата пара. Рассчитать расход пара на каждый подогреватель. Давление пара в ПВД1, ПВД2, ПВД3 равно 4,8 МПа, 2,7 МПа, 1,5 МПа соответственно. Температура пара на входе в ПВД1, ПВД2, ПВД3 равна 350°С, 292°С, 258°С соответственно. Температура питательной воды на входе в ПВД3 составляет

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		160°C, на выходе из ПВД1 250°C. Распределение температур воды в системе РППВ принять равномерным (линейным). Охлаждение пара в подогревателе ниже температуры насыщения принять равным 1°C. Расход питательной воды 120 кг/с. Объяснить преимущества многоступенчатых схем. 4. Рассчитать расход греющего пара на деаэратор если известны следующие данные: расход питательной воды $W = 120$ кг/с при температуре насыщения в деаэраторе; внутри станционные потери $D_{ут} = 1\%$ от суммарного расхода воды (условно приняты из деаэратора); возврат конденсата $D_{ПВД}$ из подогревателей высокого давления 21,67 кг/с с энтальпией $H_{ПВД}^{конд} = 848$ кДж/кг; восполнение утечек сети производится химически очищенной водой $D_{хов}$ с энтальпией $H_{хов} = 153$ кДж/кг; возврат конденсата от промышленного потребителя $D_{п}^{конд} = 30$ кг/с, с энтальпией $H_{п}^{конд} = 398$ кДж/кг, при этом потребитель не вернул 7% конденсата; продувка котла $D_{пр} = 1,2\%$ от расхода питательной воды. в деаэратор подают греющий пар $D_{д}^{пар}$ с давлением $P_{д}^{пар} = 0,6$ МПа при температуре $T_{д}^{пар} = 240^{\circ}\text{C}$ и конденсат после системы подогревателей низкого давления $D_{пнд}$ с энтальпией $H_{пнд}^{конд} = 605$ кДж/кг. 5. Горячая вода на отопление подается от ТЭЦ к тепловому пункту жилого района и возвращается обратно по трубопроводам диаметром 426/400 мм и длиной 7 км каждый. Скорость движения воды в обратном трубопроводе 1,4 м/с. Температурный график 150/70. Для того, чтобы температура воды в трубопроводах не снижалась больше, чем на 3 градуса, монтируют тепловую изоляцию. Рассчитать толщину слоя изоляции для двух случаев: изоляция из минеральной ваты и из базальтового волокна. Оценить экономическую эффективность изоляции (по затратам на топливо за период эксплуатации изоляции). Основные допущения: Считать, что тепловые потери компенсируются сжиганием топлива в котельной установке с к.п.д. 80%. Считать, что

<i>Код индикатора</i>	<i>Индикатор достижения компетенции</i>	<i>Оценочные средства</i>
		коэффициенты теплоотдачи $\alpha_{ос}$ в окружающую среду одинаковы для прямого и обратного изолированного и неизолированного трубопроводов и равны 10 Вт/(м²·К). Термическим сопротивлением материала стенки трубы пренебречь, температуру стенки считать равной температуре теплоносителя. Теплопередачу рассчитывать в приближении плоской стенки. 6. Определить суточную экономию топлива, полученную в результате замены турбоустановки, работающей при начальных параметрах пара $p_1=3,5$ МПа, $t_1=450^\circ\text{C}$ на установку с начальными параметрами пара $p_1=30$ МПа, $t_1=650^\circ\text{C}$. Давления пара в конденсаторах одинаковое $p_2=4$ кПа Мощность установки $N=50$ МВт, теплота сгорания топлива $Q_{рн} = 30$ МДж/кг, а КПД парогенераторов: старого $\eta_{пг}=0,8$ и нового $\eta_{пг}=0,9$. Потерями во всех остальных частях турбоустановки пренебречь.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Для получения зачета по дисциплине студент должен показать следующие знания, умения и навыки по использованию и внедрению результатов образовательной деятельности:

– на оценку **«зачтено»**:

1. Студент должен показать уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

2. Студент должен предоставить выполненное задание, в котором были бы отражены проблемы, касающиеся всех аспектов изучаемой дисциплины.

– на оценку **«не зачтено»**:

1. Студент не владеет терминологией изучаемой дисциплины;

2. Студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации изучаемой дисциплины;

3. Не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.