



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

10.02.2023г.

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
2023 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

17.01.2023г. протокол № 5

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023г. протокол № 7

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 профиля Энергообеспечение предприятий 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 академических часов, в том числе:

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

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических 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 «Технико-экономическое обоснование расчётов параметров и схем тепловых электрических станций» 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> (дата обращения: 18.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

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> (дата обращения: 18.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

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> (дата обращения: 18.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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> (дата обращения: 18.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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> (дата обращения: 18.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3465.pdf&show=dcatalogues/1/1514266/3465.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

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://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3294.pdf&show=dcatalogues/1/1137677/3294.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

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://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1434.pdf&show=dcatalogues/1/1123954/1434.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

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	<p>Примерное практическое задание к аттестации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Построить процесс расширения пара в турбине с использованием H-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
		<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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</p>

<i>Код индикатора</i>	<i>Индикатор достижения компетенции</i>	<i>Оценочные средства</i>
		<p>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.</p> <p>б. 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.</p>

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.