



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)

СИНТЕЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ

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	1
Семестр	2

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:

профессор кафедры ТиЭС, д-р техн. наук  С.В. Картавец

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)

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов знаний в области теории и практики организации источников энергии на промышленном предприятии, способных производить тепловую энергию, пригодную для использования в технологических целях и задачах отопления, способных трансформироваться в другие виды энергии – механическую и электрическую, поиску новых источников, в том числе низкопотенциальных, позволяющих снизить потребление первичных энергоресурсов, усвоение студентами: современного мировоззрения по комплексному подходу к источникам энергии; методов разработки научно обоснованных схем, способов и методов повышения эффективности использования всех поступающих и образующихся энергоресурсов на металлургических предприятиях; основных задач транспортирования и распределения потоков энергии.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Синтез энергетически эффективных тепловых схем входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Физические основы генерации электроэнергии и теплоты

Энергообеспечение промышленных теплотехнологических комплексов

Перспективы развития теплоэнергетики и теплотехнологий

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

Производственная - технологическая практика

Методы экспериментальных исследований в теплоэнергетике

Высокоэффективные энергетические установки

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Синтез энергетически эффективных тепловых схем» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен к разработке мероприятий по рациональному использованию газа потребителями, снижению потерь газа и экономии топливно-энергетических ресурсов
ПК-2.1	Анализирует данные по использованию газа и разрабатывает мероприятия по рациональному использованию газа потребителями, снижению потерь газа и экономии топливно-энергетических ресурсов

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 55 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 89 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 Введение. Промышленные системы энергообеспечения.	2	4		4/4И	8	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1
1.2 Классификация источников энергии. Теплофизические характеристики энергоносителей.		2		6/4И	8	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1
1.3 Системы снабжения природным газом на промышленном предприятии. Анализ особенностей работы элементов системы газоснабжения.		2		6/4И	8	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1

1.4 Искусственные и отходящие горючие газы в металлургии.	4		6/4И	8	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1
1.5 Трансформация тепла. Парожидкостные циклы теплотрансформаторов - идеальные и реальные. Тепловое аккумулирование энергии.	2		6/2И	8	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1
1.6 Анализ эффективности применения абсорбционных установок в системах утилизации энергии низкопотенциальных энергоносителей.	2		4	8	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1
1.7 Использование возможностей систем распределения сжатого воздуха для сокращения потребления электроэнергии.	2		4	5,3	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-2.1
Итого по разделу	18		36/18И	89			
Итого за семестр	18		36/18И	53,3		зачёт	
Итого по дисциплине	18		36/18И	89		зачет	

5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины 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. 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.

2. Шкаровский, А. Л. Газоснабжение. Использование газового топлива : учебное пособие / А. Л. Шкаровский, Г. П. Комина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 140 с. — ISBN 978-5-8114-4055-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130164> (дата обращения: 18.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Гордеев, А. С. Энергетический менеджмент в сельском хозяйстве : учебное пособие / А. С. Гордеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 308 с. — ISBN 978-5-8114-2941-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104859> (дата обращения: 18.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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.

3. Логунова, О. Я. Водяное отопление : учебное пособие / О. Я. Логунова, И. В. Зоря. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 272 с. — ISBN 978-5-8114-5209-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136190> (дата обращения: 18.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Е.Б. Агапитов, В.Ф. Толмачева, Н.Г. Злоказова, М.А. Лемешко. Расчёт систем

водо- и газоснабжения. Уч. пособие.-Магнитогорск: МГМА, 2008. 67 с.

2. В.Ф. Толмачева, Н.Г. Злоказова, Е.Б. Агапитов. Расчёт распределительных сетей: Методические указания к практическим занятиям. Магнитогорск: МГТУ, 2004. 16 с.

3. Осколков, С. В. Расчет системы теплоснабжения промышленно-жилого региона : учебное пособие / С. В. Осколков, Е. Б. Агапитов ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1264.pdf&show=dcatalogues/1/1123442/1264.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Гидравлический расчет систем газоснабжения : учебное пособие [для вузов] / Е. Б. Агапитов [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - ISBN 978-5-9967-1509-1. - Загл. с титул. экрана. - URL : <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3942.pdf&show=dcatalogues/1/1530517/3942.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
7Zip	свободно	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно
Linux Calculate	свободно	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной	URL: http://www1.fips.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

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 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 доступов в электронную информационно-образовательную среду университета.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. Промышленные системы энергообеспечения.
2. Классификация источников энергии.
3. Теплофизические характеристики энергоносителей.
4. Системы снабжения природным газом на промышленном предприятии.
5. Анализ особенностей работы элементов системы газоснабжения.
6. Искусственные и отходящие горючие газы в металлургии.
7. Трансформация тепла.
8. Парожидкостные циклы теплотрансформаторов - идеальные и реальные.
9. Тепловое аккумулирование энергии.
10. Анализ эффективности применения абсорбционных установок в системах утилизации энергии низкопотенциальных энергоносителей.
11. Использование возможностей систем распределения сжатого воздуха для сокращения потребления электроэнергии.
12. Понятие «инжиниринга».
13. Обобщающая характеристика инжиниринга в промышленности.
14. Предметная область инжиниринга.
15. Отличительные признаки инжиниринга.
16. Теоретические принципы инжиниринга.
17. Динамика и структура мирового рынка инжиниринговых услуг.
18. Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена. Классификация методов экспериментального исследования.
19. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, плотности и концентраций.
20. Методы экспериментального исследования теплообмена.
21. Методы экспериментального определения характеристик массообмена.
22. Критерии оптимальности теплоэнергетических установок, их развитие и области применения в оптимизационных расчетах. Основные технико-экономические показатели производства электроэнергии и тепла.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-2	Способен к разработке мероприятий по рациональному использованию газа потребителями, снижению потерь газа и экономии топливно-энергетических ресурсов	
ПК-2.1	Анализирует данные по использованию газа и разрабатывает мероприятия по рациональному использованию газа потребителями, снижению потерь газа и экономии топливно-энергетических ресурсов	<p>Примерные задания для аттестации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Рассчитать значения внутреннего КПД теоретического цикла газотурбинной установки с изобарным подводом тепла (без регенерации) с целью оценки влияния температуры газов перед турбиной на внутренний КПД ГТУ, для двух случаев : 1) при температуре газов перед турбиной $t_3=600^\circ\text{C}$. при температуре газов перед турбиной $t_3=800^\circ\text{C}$. остальные параметры принять следующие: начальная температура рабочего тела $t_1=20^\circ\text{C}$ степень повышения давления $\beta=7$ внутренний КПД компрессора и турбины $\eta_t = \eta_k = 0,85$ Принять показатель адиабаты равным $\kappa=1,4$. Теплоемкость считать постоянной. 2. Для цикла состоящего из процессов 1-2 при $T=\text{const}$ (изотерма); 2-3 при $V=\text{const}$ (изохора); 3-4 при $T=\text{const}$ (изотерма); 4-1 при $V=\text{const}$ (изохора), требуется: Рассчитать давление, удельный объем, температуру для основных точек цикла. Для каждого из процессов определить значения показателей политропы, теплоемкости, вычислить изменение внутренней энергии, энтальпии, теплоту и работу процесса. Определить суммарные количества подведенной и отведенной теплоты, работу цикла и термической КПД. Построить цикл PV и TS на диаграммах состояния. Принять газовую постоянную воздуха $R=287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; $p_1=0,3 \text{ МПа}$, $T_1=300 \text{ K}$, $p_2=0,8 \text{ МПа}$, $T_3=473 \text{ K}$ <p>Пример задания на решение задач из профессиональной области:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определить: Параметры точек идеального цикла ГТУ, термический кпд, мощность турбины и компрессора; Параметры всех точек действительного цикла ГТУ, приняв внутренние кпд турбины и компрессора соответственно : $\eta_{it} = 0,87$; $\eta_{ik} = 0,85$. Начальные параметры воздуха, поступающего в компрессор ГТУ, работающего при $p=\text{const}$, составляют: $p_1=0,1 \text{ МПа}$; $t_1=20^\circ\text{C}$. Степень повышения давления в компрессоре ГТУ – $\beta=6$, температура газов перед соплами турбины – $t_3=700^\circ\text{C}$.

<i>Код индикатора</i>	<i>Индикатор достижения компетенции</i>	<i>Оценочные средства</i>
		<p>Рабочее тело обладает свойствами воздуха, теплоемкость рассчитывать по молекулярно-кинетической теории. Расход воздуха $G=2 \cdot 10^5$ кг/ч.</p> <p>Рассчитать значения внутреннего КПД теоретического цикла газотурбинной установки с изобарным подводом тепла (без регенерации) с целью оценки влияния температуры газов перед турбиной на внутренний КПД ГТУ, для двух случаев: при температуре газов перед турбиной $t_3=600^\circ\text{C}$; при температуре газов перед турбиной $t_3=800^\circ\text{C}$.</p> <p>Остальные параметры принять следующие: начальная температура рабочего тела $t_1=20^\circ\text{C}$, степень повышения давления $\beta=7$, внутренний КПД компрессора и турбины $\eta_t = \eta_k = 0,85$. Принять показатель адиабаты равным $\kappa=1,4$. Теплоемкость считать постоянной.</p>

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

–**«зачтено»** – студент должен знать методы научного исследования, этапы научно-исследовательской работы, владеть навыками статистической обработки экспериментальных данных и оптимального планирования эксперимента, а также уметь пользоваться наукометрическими системами и базами данных;

–**«не зачтено»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.