



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)

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

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)

Целью дисциплины является изучение технологии производства электроэнергии и тепла на современных энергетических газотурбинных и парогазовых установках тепловых электростанций. По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов самостоятельно работать, принимать решения в рамках своей профессиональной деятельности; изучать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, анализировать научно-техническую информацию по проектированию и эксплуатации газотурбинных и парогазовых установок ТЭС; применять современные методы проектирования и эксплуатации газотурбинных и парогазовых установок, что позволит реализовать эффективные и экономичные технологии, обеспечивать высокие показатели надёжности и безопасности; определять технико-экономическую и энергосберегающую эффективность применяемых и вновь создаваемых газотурбинных и парогазовых установок.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Высокоэффективные энергетические установки входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Математическое моделирование объектов и систем теплоэнергетики

Физические основы генерации электроэнергии и теплоты

Перспективы развития теплоэнергетики и теплотехнологий

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

Учебная - научно-исследовательская работа

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Производственная - научно-исследовательская работа

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Высокоэффективные энергетические установки» 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 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 48,9 акад. часов;
- аудиторная – 44 акад. часов;
- внеаудиторная – 4,9 акад. часов;
- самостоятельная работа – 23,4 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 2 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - курсовой проект, экзамен

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 Энергетические газотурбинные установки. Тепловые схемы, термодинамические циклы и характеристики газотурбинных установок. Тепловые схемы и показатели ГТУ. Основные элементы технологической схемы газотурбинного двигателя ГТУ. Методы расчёта опорных температур цикла ГТУ. Расчёт паротурбинной части ПГУ.	3	4		2/2И	2	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.2 Осевые компрессоры энергетических газотурбинных установок. Конструктивная схема осевого компрессора. Расчёт паротурбинной части ПГУ. Многоступенчатые компрессоры. Характеристики многоступенчатых осевых компрессоров. Режимы работы. Расчёт горения топлива и определение мощности ГТУ.	3	4		4	2	Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1

<p>1.3 Камеры сгорания энергетических ГТУ. Виды сжигаемых в камерах сгорания ГТУ топлив. Назначение и основные характеристики камер сгорания ГТУ. Типы камер сгорания и их конструктивные схемы. Особенности сжигания топлива. Тепловой расчёт камеры сгорания энергетической ГТУ.</p>	2		2/2И	2	<p>Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.</p>	Конспект лекций.	ПК-6.1
<p>1.4 Газовые турбины энергетических ГТУ. Конструктивные схемы энергетических ГТУ и начальные параметры газов газовых турбин. Проточная часть и элементы конструкции газовой турбины. Охлаждение газовых турбин. Эксплуатация и защита ГТУ, пуск и останов. Переменные режимы работы ГТУ. Энерготехнологическое применение ГТУ. Расчёт паротурбинной части ПГУ.</p>	2		4	2	<p>Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.</p>	Конспект лекций.	ПК-6.1
<p>1.5 Парогазовые установки электростанций. Парогазовые установки с котлом-утилизатором. Тепловые схемы и показатели ПГУ с котлом-утилизатором. Котлы-утилизаторы в тепловой схеме ПГУ. Конструктивные схемы КУ. Тепловой расчёт и особенности работы КУ в схеме ПГУ. Характеристики КУ и особенности их работы в схеме ПГУ. Паротурбинные установки в тепловой схеме ПГУ.</p>	2		4/4И	2	<p>Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.</p>	Конспект лекций.	ПК-6.1

<p>1.6 Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты на парогазовых установках с котлом-утилизатором. Классификация тепловых схем парогазовых теплоэлектроцентралей с КУ. Показатели тепловой экономичности ПГУ-ТЭЦ с КУ. Затраты энергии на собственные нужды на ПГУ-ТЭЦ. Основные положения методики расчёта тепловой схемы ПГУ-ТЭЦ с КУ. Анализ режимов работы ПГУ-ТЭЦ с КУ. Годовые показатели ПГУ-ТЭЦ. Расчёт эффективности ПГУ.</p>	2		4	3,4	<p>Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.</p>	Конспект лекций.	ПК-6.1
<p>1.7 Газотурбинные теплоэлектроцентрали. Тепловые схемы и показатели экономичности газотурбинных теплоэлектроцентралей. Энергетические показатели ГТУ-ТЭЦ. Основные положения расчёта тепловой схемы ГТУ-ТЭЦ. Регулирование отпуска теплоты на ГТУ-ТЭЦ. Использование ГТУ для надстройки теплофикационных систем. Энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания. Теплофикационные ПГУ-ТЭЦ.</p>	2		2/2И	4	<p>Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.</p>	Конспект лекций.	ПК-6.1
<p>1.8 Парогазовая технология на пылеугольных электростанциях. Парогазовые установки пылеугольных ТЭС с параллельной схемой работы. Парогазовые установки с полузависимой схемой работы.</p>	2			4	<p>Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.</p>	Конспект лекций.	ПК-6.1
<p>1.9 Парогазовые установки сбросного типа. Парогазовые установки с газификацией угля. Парогазовые установки со сжиганием угля в кипящем слое. Энерготехнологическое применение ПГУ.</p>	2			2	<p>Самостоятельное изучение научно-технических журналов и литературы. Изучение соответствующих вопросов приложения 1.</p>	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу	22		22/10И	23,4			

Итого за семестр	22		22/10И	23,4		экзамен, кп	
Итого по дисциплине	22		22/10И	23,4		курсовой проект, экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины используются традиционная и модульно - компетентностная технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений происходит с использованием мультимедийного оборудования. При проведении практических занятиях используются работа в команде и методы ИТ. Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки домашних заданий, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

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. Салов, Н. Н. Гидродинамика и теплообмен в роторах и трансмиссиях газотурбинных двигателей. Уменьшение температурных напряжений в дисках: монография. — М. : Вузовский учебник ; ИНФРА-М, 2019. — 180 с. — (Научная книга). - ISBN 978-5-9558-0427-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010035>

2. Белкин, А. П. Диагностика теплоэнергетического оборудования : учебное пособие / А. П. Белкин, О. А. Степанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-5326-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139255> .

б) Дополнительная литература:

1. Кирюхин, А. Л. Судовые газотурбинные установки : учебное пособие / А.Л. Кирюхин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 256 с. — (Военное образование). - ISBN 978-5-16-015858-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1063609> – Режим доступа: по подписке.

2. Бирюков, В. В. Энергетические аспекты функционирования транспортных систем / Бирюков В.В. - Новосибирск :НГТУ, 2014. - 264 с.: ISBN 978-5-7782-2538-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/556993>

3. 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> . – Режим доступа: по подписке.

в) Методические указания:

1. Картавцев С.В. История и современное состояние промышленной теплоэнергетики: методические указания для аспирантов специальности 05.14.04 Промышленная теплоэнергетика. – Магнитогорск, МГТУ, 2005. – 28 с.

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
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной	URL: http://www1.fips.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, 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 доступов в электронную информационно-образовательную среду университета.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

1. Расскажите об особенностях термодинамических циклов ГТУ.
2. Что определяет изменение термического КПД обратимого цикла Брайтона ГТУ?
3. От каких показателей энергетической ГТУ зависит увеличение полезной удельной работы цикла ГТУ?
4. Какое влияние оказывает температурный коэффициент на внутренний КПД реального цикла Брайтона?
5. Как изменяется отношение внутренней мощности газовой турбины ГТУ и потребляемой компрессором мощности с увеличением степени повышения давления воздуха?
6. Объясните физический смысл степени регенерации α в тепловой схеме ГТУ открытого цикла.
7. Назовите основные элементы конструктивной схемы осевого компрессора ГТУ.
8. Что определяет массовый расход воздуха через ступень осевого компрессора ГТУ?
9. Какой режим работы осевого компрессора называют расчетным?
10. Каковы причины, приводящие к возникновению явления помпажа при работе осевого компрессора ГТУ?
11. Назовите функции входного направляющего аппарата компрессора ГТУ.
12. Что определяет экономичность работы камеры сгорания ГТУ?
13. Перечислите факторы, позволяющие повысить надежность работы камеры сгорания ГТУ.
14. Какие технические решения обеспечивают повышение экологических характеристик камеры сгорания ГТУ?
15. Почему в конструкциях ГТУ отдают предпочтение не выносным, а встроенным камерам сгорания ГТУ?
16. Чем различаются схемы работы ГТУ с одноступенчатыми и двухступенчатыми камерами сгорания?
17. Как определяется избыток воздуха в камере сгорания ГТУ?
18. Почему с повышением начальной температуры газов газовой турбины происходит уменьшение избытка воздуха?
19. Поясните характер изменения начальных параметров рабочего тела в ГТУ в зависимости от параметров наружного воздуха.
20. Какие функции выполняет диффузор, устанавливаемый за газовой турбиной ГТУ?
21. Почему в процессе работы меняется температура выходных газов газовой турбины?
22. Почему современные ГТУ оборудованы системой охлаждения горячих деталей газовой турбины?
23. Назовите типы систем охлаждения газовых турбин и применяемые охладители.
24. Объясните физический смысл интенсивности охлаждения.
25. Какие способы охлаждения лопаток применяются в современных газовых турбинах? Перечислите их конструктивные особенности.
26. Объясните назначение блочных систем топливоподачи и маслоснабжения ГТУ.
27. Как устроено комплексное воздухоочистительное устройство ГТУ и какие функции оно выполняет?
28. Каково назначение станционной системы топливоподачи ГТУ?
29. Перечислите основные этапы пуска энергетической ГТУ и их особенности.
30. В каких случаях необходимо осуществлять аварийный останов ГТУ?
31. Как влияет вид сжигаемого топлива на техническое обслуживание ГТУ?
32. Что называют эквивалентным временем эксплуатации ГТУ и как оно рассчитывается?
33. Как влияют условия окружающей среды на работу элементов технологической схемы

34. ГТУ? Приведите примеры эрозии и коррозии этих элементов.
35. Почему необходима периодическая очистка компрессора ГТУ и как она осуществляется?
36. Как изменяются параметры равновесного режима работы энергетической ГТУ при понижении температуры наружного воздуха?
37. Как изменяются параметры равновесного режима работы энергетической ГТУ с увеличением начальной температуры газов?
38. Перечислите и объясните ограничения возможных режимов работы энергетической ГТУ
39. Почему регулирование электрической нагрузки ГТУ изменением положения ВНА выгоднее регулирования нагрузки изменением начальной температуры газов ?
40. Как и почему влияет изменение температуры, давления и влажности наружного воздуха на характеристики энергетической ГТУ?
41. Каковы способы стабилизации температуры воздуха на входе в компрессор ГТУ?
42. Почему вспрыск воды (пара) оказывает влияние на характеристики ГТУ, где он осуществляется?
43. По какому признаку разделяют энергетические ГТУ по поколениям?
44. Перечислите особенности российских энергетических ГТУ, выполненных на базе авиационных и судовых газотурбинных двигателей.
45. Какую концепцию изготовления имеют энергетические ГТУ фирмы Siemens?
46. Объясните понятие «степень бинарности ПГУ с КУ».
47. Почему переход в ПГУ от одноконтурного к двухконтурному паровому циклу повышает ее экономичность?
48. Как и почему влияет увеличение начальной температуры газов ГТУ на показатели экономичности ПГУ с КУ?
49. Как формируются поверхности нагрева КУ и чем объясняются их особенности?
50. Что ограничивает температуру конденсата на входе в КУ?
51. Что определяет специфику конструктивной схемы газовых турбин ПГУ с КУ?
52. Какое влияние оказывают температурные напоры на холодном конце испарителей в КУ на показатели ПГУ?
53. Объясните причины применения дожигания топлива в КУ и его влияние на показатели ПГУ.
54. Почему применяют промежуточный перегрев пара в тепловой схеме парового цикла ПГУ с КУ?
55. Какие способы используются для регулирования электрической нагрузки ПГУ с КУ?
56. Почему на ПГУ с КУ часто применяют воздушные конденсаторы пара паровых турбин?
57. Объясните особенности различных групп тепловых схем ПГУ-ТЭЦ.
58. В чем различие физического и пропорционального методов разделения общего расхода топлива на ПГУ-ТЭЦ?
59. Чем объясняется необходимость применения дожимных топливных компрессоров на ГТУ-ТЭЦ и ПГУ-ТЭЦ?
60. Почему годовые показатели ПГУ-ТЭЦ необходимо рассчитывать, разделяя период эксплуатации на небольшие диапазоны изменения температуры наружного воздуха?
61. Как и почему используется дожигание топлива в КУ ПГУ-ТЭЦ? Как оно влияет на показатели тепловой экономичности ТЭЦ?
62. Чем различаются тепловые схемы отопительных и промышленных ГТУ-ТЭЦ?
63. Как влияет доля теплоты внешнего потребителя на показатели экономичности ГТУ-ТЭЦ?
64. Каковы технические решения регулирования отпуска теплоты на ГТУ-ТЭЦ и их преимущества?
65. Покажите на примере, как пользоваться диаграммой режимов работы

- энергетического модуля ГТУ-ТЭЦ.
66. Какие особенности характерны для надстроек котельных?
 67. Чем отличаются дизельные ДВС от газовых ДВС?
 68. Перечислите особенности энергетического модуля «ГТУ—КУ» в тепловых схемах
 69. ПГУ с параллельной схемой работы и предъявляемые к ним требования.
 70. Какой режим изменения электрической нагрузки ПГУ с параллельной схемой работы более выгоден?
 71. Какие ограничения имеют место при проектировании ПГУ сбросного типа?
 72. Перечислите особенности ПГУ с внутрицикловой газификацией угля.
 73. Перечислите особенности ПГУ с циркулирующим кипящим слоем под давлением.

Задание на курсовое проектирование.

Вариант 1.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, смесь коксового и доменного газов 7/93% конвертерный газ. Максимальная температура в цикле ГТУ 1150°C. Годовое производство стали 10 млн. тонн.

Вариант 2.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината с жидкофазным восстановлением железа и электросталеплавильным производством. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, вторичный газ ЖФВ, синтез-газ паровой конверсии природного газа. Максимальная температура в цикле ГТУ 1375°C. Годовое производство стали 3 млн. тонн.

Вариант 3.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, смесь коксового и доменного газов 15/85%, конвертерный газ. Максимальная температура в цикле ГТУ 1350°C. Годовое производство стали 12 млн. тонн.

Вариант 4.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, смесь коксового и доменного газов 10/90%, конвертерный газ. Максимальная температура в цикле ГТУ 1450°C. Годовое производство стали 8 млн. тонн.

Вариант 5.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, конвертерный газ, смесь коксового и доменного газов 30/70%. Максимальная температура в цикле ГТУ 1300°C. Годовое производство стали 6 млн. тонн.

Вариант 6.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, смесь коксового и доменного газов 12/88%, конвертерный газ. Максимальная температура в цикле ГТУ 1200°C. Годовое производство стали 4 млн. тонн.

Вариант 7.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, смесь коксового и доменного газов 7/93% конвертерный газ. Максимальная температура в цикле ГТУ 1150°C. Годовое производство стали 7 млн. тонн.

Вариант 8.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, смесь коксового и доменного газов 18/82% конвертерный газ. Максимальная температура в цикле ГТУ 1275°C. Годовое производство стали 5 млн. тонн.

Вариант 9.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, коксодоменная смесь, синтез-газ паровой конверсии природного газа, конвертерный газ. Максимальная температура в цикле ГТУ 1375°C. Годовое производство стали 13 млн. тонн.

Вариант 10.

Проектирование тепловой схемы ПГУ ТЭС для энергообеспечения металлургического комбината. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ: Топливо: природный газ, смесь коксового и доменного газов 12,5/87,5%, конвертерный газ. Максимальная температура в цикле ГТУ 1475°C. Годовое производство стали 9 млн. тонн.

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-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. 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 $R=287 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$; $p_1=0,3 \text{ МПа}$, $T_1=300 \text{ К}$, $p_2=0,8 \text{ МПа}$, $T_3=473 \text{ К}$ 3. 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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>$p = \text{const}$, составляют: $p_1 = 0,1$ МПа; $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Степень повышения давления в компрессоре ГТУ – $\beta = 6$, температура газов перед соплами турбины – $t_3 = 700^\circ\text{C}$. Рабочее тело обладает свойствами воздуха, теплоемкость рассчитывать по молекулярно-кинетической теории. Расход воздуха $G = 2 \cdot 10^5$ кг/ч.</p> <p>4. 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 $t_3 = 800^\circ\text{C}$. 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 $k = 1,4$. Теплоемкость считать постоянной.</p>

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

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

– на оценку «отлично» – студент должен показать базовые знания по изучаемой дисциплине на уровне воспроизведения и объяснения информации, показать интеллектуальные навыки решения простых задач, свободное владение и понимание материала в пределах экзаменационного билета, а также углубленные знания по изучаемой дисциплине, в ходе ответов на дополнительные вопросы;

на оценку «хорошо» – студент должен показать базовые знания по изучаемой дисциплине на уровне воспроизведения и объяснения информации, показать интеллектуальные навыки решения простых задач, свободное владение и понимание материала в пределах экзаменационного билета;

– на оценку «удовлетворительно» – студент должен показать базовые знания по изучаемой дисциплине на уровне воспроизведения и объяснения информации, показать интеллектуальные навыки решения простых задач;

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