Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Карякин Андрей Виссарионович
Должность: И.о. руководителя НТИ НИЯУ МИФИ
Дата подписания: 20.02.2023 07:40:09
Уникальный программный ключ:
828ee0a01dfe7458c35806237086408a6ad0ea69

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

НОВОУРАЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНА
Ученым советом НТИ НИЯУ МИФИ
Протокол № 4 от 30.08.2021 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

«Теплотехника и термодинамика»

Направление подготовки	15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
Профиль подготовки	Разработка оборудования для аддитивных технологий
Квалификация (степень) выпускника	Бакалавр
Программа подготовки	Бакалавриат
Форма обучения	Очная

г. Новоуральск, 2021

Форма обучения	Очная
Семестр	5
Трудоемкость, ЗЕТ	2
Трудоемкость, час.	72
Аудиторные занятия, в т.ч.:	36
- лекции	18
- практические занятия	18
Самостоятельная работа	36
Форма итогового контроля	зачёт
Индекс дисциплины в Рабочем учебном плане (РУП)	Б1.В.01.16

Рабочую программу составила:
зав. кафедрой УК, к.т.н., доцент Карякин Андрей Виссарионович

Содержание

1 Общие положения 4
2 Цели освоения учебной дисциплины 4
3 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО 4
4 Компетенции студента, формируемые в результате освоения учебной дисциплины 5
5 Структура и содержание учебной дисциплины 7
5.1 Структура, содержание и календарный план дисциплины 7
5.2 Содержание практических занятий 12
5.3 Содержание и трудоемкость СРС 12
6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов 12
7 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины 14
8 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины 14
ПРИЛОЖЕНИЕ А 15
Вопросы по курсу «Теплотехника и термодинамика» 15

1 Общие положения

Рабочая программа составлена в соответствии с Образовательным стандартом высшего образования Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (квалификация «академический бакалавр»), утвержденный ученым советом университета от 07.11.2013 г., протокол №13/16 и рабочим учебным планом (РУП) по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль – «Разработка оборудования для аддитивных технологий»).

2 Цели освоения учебной дисциплины

Цели изучения дисциплины:

1. формирование способности понимать физико-химическую сущность процессов и использовать основные законы термодинамики в комплексной производственно-технологической деятельности;
2. формирование способности выполнять расчеты физико-химических параметров химических процессов на основе эксергетического и термодинамического методов анализа, как научной базы оценки совершенства химико-технологических процессов и тепловых схем аддитивных производств;
3. формирование творческого мышления, объединение фундаментальных знаний основных законов и методов проведения физико-химических исследований, с последующей обработкой и анализом результатов исследований;
4. формирование навыков самостоятельного проведения теоретических и экспериментальных физико-химических исследований

3 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Данная учебная дисциплина входит в вариативную часть. Методы, изучаемые в данном курсе базируются на фундаментальных законах физики, химии, математики и являются основой для разработки новых технологических процессов размерного формообразования, создания материалов с заданными свойствами, износостойких покрытий и упрочняющих технологий.

4 Компетенции студента, формируемые в результате освоения учебной дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование и развитие следующих профессиональных компетенций.

УКЕ-1; ПК-6.4; ПК-6; В16.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

з1: основные законы термодинамики, свойства различных рабочих тел и методы расчета параметров и процессов изменения их состояния;

з2: количественные и качественные методы термодинамического анализа процессов и циклов тепловых двигателей и аппаратов с целью повышения тепловой экономичности, уменьшения капитальных затрат, уменьшения или сведения к минимуму отрицательного воздействия на окружающую среду в процессе эксплуатации этого оборудования.

Уметь:

у1: проводить необходимые термодинамические расчеты;

у2: осуществлять выбор оптимальных вариантов при решении практических за-дач, связанных с совершенствованием и работой разнообразного теплотехнического оборудования.

Владеть:

в1: навыками расчета эксергии, эксергетических потерь и эксергетического КПД, диаграмм потоков анергии и эксергии;

в2: методами расчета термодинамических процессов реальных газов и паров.

5 Структура и содержание учебной дисциплины

5.1 Структура, содержание и календарный план дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часа

Раздел учебной дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной деятельности студентов и трудоемкость в часах		СРС, час
		Лекции	Практические работы	
1. Основные понятия и законы термодинамики. Термодинамическая система. Параметры состояния термодинамической системы. Термическое уравнение состояния. Свойства реальных газов. Термодинамическое равновесие. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы.	1	2		Т1 2
2. Первый закон термодинамики для закрытой системы. Изменение внутренней энергии и работы газа в термодинамическом процессе: изобарном, изохорном, изотермном, адиабатном и политропном P-V диаграмма. Первый закон термодинамики для открытых систем и круговых процессов. Энергетический баланс поточных процессов.	2,3	4		Т1 2
3. Второй закон термодинамики. Основные положения второго закона термодинамики. Энтропия. Необратимость процесса теплообмена. Перенос энтропии и производство энтропии. Диссипация энергии. Применение второго закона термодинамики к преобразованиям энер-	4,5	2	ПР1 2	Т1 2 Т2 2

гии, T-S диаграмма. Второй закон термодинамики для закрытой термодинамической системы, для открытых систем. Изменение энтропии в основных термодинамических процессах: изобарном, изохорном, изотермном, адиабатном, политропном. Цикл Карно. КПД цикла Карно.				
4. Эксергия и анергия. Виды эксергии. Изменение эксергии в закрытой термодинамической системе, в стационарно-поточном процессе, круговом процессе. Расчет эксергии, эксергетических потерь и эксергетического КПД. Диаграмма потоков анергии и эксергии. Алгоритм эксергетического анализа химических процессов.	6,7	2		Т1 2
5. Термодинамические процессы реальных газов и паров. Парообразование при постоянном давлении. Термодинамика процессов изменения состояния водяного пара. Таблицы и диаграммы водяного пара. Изображение основных термодинамических процессов с паром на P-V, T-S, H-S – диаграммах. Алгоритм решения задач по определению термодинамических параметров с использованием H-S диаграммы. Термодинамика влажного воздуха. Параметры состояния влажного воздуха. D-H диаграмма. Алгоритм технических расчетов процессов с влажным воздухом по D-H диаграмме.	8	2	ПР2 2	Т1 2 Т2 2
6. Термодинамика потоков газов и паров. Истечение и дросселирование газов и паров Сопла, диффузоры, эжекторы. Сжатие и расширение газов и паров в ком-	9,10	2	ПР3 2	Т1 2

прессоре и турбине. Ступени компрессора и турбины.				Т2 4
7. Основные понятия теплотехники. Топливо, процессы горения, топочные устройства. Классификация топлива. Состав и основные характеристики топлива. Теплота сгорания топлива, понятие условного топлива. Доля использования топлива в химических технологиях. Процессы горения топлив. Расход воздуха на горение, коэффициент избытка воздуха. Количество и состав продуктов сгорания. Энтальпия продуктов сгорания. Н-Т – диаграмма. Адиабатная температура горения. Алгоритм определения параметров процесса горения топлива.	11	2		Т1 2 ДЗ-1 14
8. Горелочные устройства для сжигания газообразного и жидкого топлива. Способы сжигания твердого топлива и отходов технологических процессов. Образование экологически опасных продуктов при сжигании органических топлив. Необратимость процесса горения. Энергия топлива. Расчет энергии топлива и горючих отходов. Потери эксергии в процессе горения. Теплогенерирующие установки химической технологии. Парогенерирующие установки. Парогенератор и его основные элементы. Тепловой и эксергетический баланс парогенератора. Диаграмма потоков анергии и эксергии, энергетический и эксергетический КПД парогенератора. Технологические печи. Назначение печей в химической технологии. Классификация печей по технологическим призна-	12,13	2	ПР4 2	Т1 2 Т2 4

кам и конструкционным особенностям. Шахтные печи. Вращающиеся печи. Печи с кипящим слоем. Печи для обезвреживания отходов. Трубчатые печи. Типы печей и их основные элементы. Теплообмен в трубчатой печи. Определение тепловой нагрузки, расход топлива. Эксергетический анализ трубчатой печи. Перспективы в создании экологически безопасных и энергосберегающих теплогенерирующих установок в химических технологиях.				
9. Холодогенерирующие установки в химических технологиях. Роль искусственного холода в химической технологии. Затраты холода в производстве основных видов химической продукции. Система холодоснабжения химических производств. Умеренное охлаждение. Холодильные установки: компрессорные, пароэжекторные, абсорбционные. Изображение процессов, протекающих в холодильных установках в P-V и T-S диаграммах. Основы теплового расчета холодильных установок. Тепловые насосы. Типы тепловых насосов. Глубокое охлаждение. Метод Линдэ и Клода. Цикл Капицы. Изображение циклов на диаграммах. Алгоритм решения задач по определению параметров процесса сжижение газов с использованием T-S диаграммы. Принципиальные схемы сжижения газов и низкотемпературного разделения газовых смесей.	14,15	2		Т1 2

10. Анализ циклов теплосиловых и холодильных установок. Циклы паросиловых установок. Цикл Ренкина. Способы повышения термического КПД паросиловой установки. Теплофикационные циклы. Циклы газотурбинных установок (ГТУ) и двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Анализ циклов холодильных установок и тепловых насосов.	16	2		Т1 2 Р1 14
11. Утилизация вторичных энергоресурсов. Вторичные энергоресурсы химических производств (ВЭР). Общая классификация. Определение выхода и энергетического потенциала ВЭР. Энергетическая и экономическая эффективность утилизации ВЭР. Общая характеристика утилизационных установок ВЭР, используемых в химической технологии. Раздел 2. Энерготехнологическое комбинирование в химической технологии. Энерготехнологическое комбинирование как направление энергосбережения в химической технологии. Синтез тепловых схем химико-энергетических систем из типовых технологических и энергетических модулей (химические реакторы, теплогенераторы, котлы-утилизаторы, паротурбинные и газотурбинные установки, абсорбционные холодильные установки, контактные утилизаторы тепла продуктов сгорания и др.).	17,18	2	ПР5 4	Т1 2 Т2 4

5.2 Содержание практических занятий

Раздел курса	Трудоемкость, час	Темы практических занятий
Раздел3/ ПР1	2	Анализ фазовых переходов по диаграммам состояния. Расчет параметров фазового перехода.
Раздел5/ ПР2	2	Расчет термодинамических процессов в реальных газах и влажном воздухе.
Раздел6/ ПР3	2	Проектирование систем газоснабжения для аддитивного производства.
Раздел8/ ПР4	2	Подбор печей для спекания изделий из порошковых материалов.
Раздел10,11/ ПР5	4	Проектирование энергосберегающих систем теплоснабжения и охлаждения в аддитивном производстве.
Итого	12	

5.3 Содержание и трудоемкость СРС

Индекс	Трудоемкость, час	Наименование работы
Т1	22	Подготовка к лекционным и практическим занятиям.
Т2	16	Оформление отчетов по практическим занятиям.
ДЗ-1	14	Тепловой расчет рабочей зоны 3д-принтера.
Р1	14	Реферат: современное ПО для численных расчетов теплопереноса, массопереноса и тепловых деформаций.
Итого	66	

6 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Для текущего контроля успеваемости студентов по всем разделам учебной программы используются результаты работ, выполненных на практических занятиях, содержание, которых, отражено в пункте 5.2. Кроме этого, в течение семестра студенты выполняют домашнее задание ДЗ-1, пишут и защищают реферат (раздел 5.3).

Зачет по дисциплине студенты получают при условии выполнения всех практических работ и домашних заданий.

Имеется вариант тестового опроса студентов. Перечень вопросов для тестового опроса приведен в приложении А.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

- основная литература:

1. Новиков И.И. Термодинамика.- М.: Машиностроение, 1984.- 592 с.
2. Теплотехника. /Под ред. А.П. Баскакова.- М.: Энергоатомиздат.- 1991.- 225 с
3. Чечеткин А.В., Занемонец Н.А. Теплотехника.- М.: Высш. шк. 1986.- 344 с.
4. Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа.- М.: Энергия, 1973.- 246 с.
5. Делягин Г.Н., Лебедев В.И., Пермяков Б.А. Теплогенерирующие установки. М.: Стройиздат.- 1986.- 242 с.
6. Степнов В.С. Химическая энергия и эксергия веществ.- Новосибирск: Наука, 1985.- 102 с.
7. Кириллин В.А., Сычев В.В, Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика.– М.: Энергоатомиздат, 1983.
8. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Энергоиздат, 1981.
9. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче.– М.: Энергия, 1980.

- дополнительная литература:

1. Бомарский А.В., Голдобеев В.И. и др. Сборник задач по термодинамике и теплопередаче.- М.: Высш. школа, 1972.- 304 с.
2.Картушинская А.И., Лельчук Х.А., Стромберг А.Г. Сборник задач по химической термодинамике.- М.: Высш. школа, 1973.
3. Жоров Ю.М. Термодинамика химических процессов.- М.: Химия, 1985.- 464 с
4. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства газов. – М.: Энергоиздат, 1987.
5. Вукалович М.П., Ривкин С.Л., Александров А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: Издательство стандартов, 1969

8 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

8.1 Лаборатория 3д-печати

8.2 Измерительная лаборатория

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Вопросы по курсу «Теплотехника и термодинамика»

1. Основные понятия технической термодинамики, параметры и уравнения состояния, термодинамический процесс.

2. Первый закон термодинамики и его аналитические выражения.

3. Второй закон термодинамики, энтропия, T-s-диаграмма.

4. Круговые термодинамические процессы (прямые и обратные циклы). Цикл Карно. Термический КПД цикла.

5. Теплоемкость: определение, ср и cv и связь между ними.

6. Водяной пар как рабочее тело, закономерности парообразования.

7. Термодинамические процессы идеальных газов.

8. Термодинамика смеси идеальных газов. Влажный воздух.

9. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах.

10. Дросселирование газов и паров.

11. Термодинамический анализ процессов в компрессорах.

12. Термодинамические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.

13. Термодинамические циклы паротурбинных установок.

14. Термодинамический цикл газотурбинной установки.

15. Виды и количественные характеристики переноса тепла, понятие теплоотдачи и теплопередачи.

16. Передача тепла теплопроводностью: закон Фурье, физический смысл коэффициента теплопроводности.

17. Конвективный теплообмен: закон Ньютона-Рихмана, коэффициент теплоотдачи и факторы, влияющие на его величину.

18. Тепловой пограничный слой и термический начальный участок.

19. Виды критериальных уравнений конвективного теплообмена. Физический смысл критериев подобия Nu, Re, Gr, Pr.

20. Теплоотдача при конденсации и кипении.

21. Передача тепла излучением: основные понятия и определения, закон Стефана-Больцмана.

22. Теплопередача и методы ее интенсификации, физический смысл коэффициента теплопередачи.

23. Уравнения теплового баланса теплообменных аппаратов «жидкость-жидкость» и «пар-жидкость».

24. Основы методики расчета теплообменных аппаратов.

25. Типовые конструкции теплообменных аппаратов.

26. Виды и характеристики энергетического топлива, основы горения.

27. Основные принципы организации энерго- и ресурсосберегающих технологий.

28. Тепловые насосы как пример энергосберегающей технологии: схемы, принцип действия, показатели эффективности.

29. Возобновляемые источники энергии.

Дополнения и изменения к рабочей программе:

на 20____/20_____уч.год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «__»_____20___г.
Заведующий кафедрой ТМ

на 20____/20_____уч.год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «__»_____20___г.
Заведующий кафедрой ТМ

на 20____/20_____уч.год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «__»_____20___г.
Заведующий кафедрой ТМ

на 20____/20_____уч.год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «__»_____20___г.
Заведующий кафедрой ТМ

Программа действительна

на 20____/20_____уч.год_____(заведующий кафедрой ТМ)
на 20____/20_____уч.год_____(заведующий кафедрой ТМ)
на 20____/20_____уч.год_____(заведующий кафедрой ТМ)
на 20____/20_____уч.год_____(заведующий кафедрой ТМ)
на 20____/20_____уч.год_____(заведующий кафедрой ТМ)