

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.

_____ **А.К. Чернышев**

« ____ » _____ **2023 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика и теплопередача

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	15.03.03 Прикладная механика
Наименование образовательной программы	Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры
Квалификация (степень) выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ТиЭМ,

д.т.н., доцент

протокол № _____ от _____ 2023 г.

_____ **А.Л. Михайлов**

« ____ » _____ **2023 г.**

г. Саров, 2023 г.

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/	Интерактивные часы
4	32	3	108	16	32	-	60	-	Зач	16
ИТОГО	32	3	108	16	32	-	60	-	Зач	16

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», с квалификацией выпускника бакалавр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач и потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины является изучить законы сохранения и превращения энергии, применительно к системам передачи и трансформации теплоты; термические и калорические свойства веществ, применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям; основы термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах и определения параметров их работы, тепловой эффективности.

Задачами дисциплины являются:

- ✓ познакомить обучающихся с основными законами термодинамики; термодинамическими свойствами идеальных, реальных газов и водяного пара; с методами расчета термодинамических процессов; с термодинамическими циклами тепловых двигателей и холодильных машин и методами определения параметров их работы и показателей эффективности.
- ✓ дать информацию о справочных материалах о термодинамических свойствах газов и водяного пара и обучить их применению при расчетах рабочих процессов тепловых машин и другого теплотехнического оборудования.
- ✓ познакомить с основами экспериментального исследования и математического моделирования термодинамических процессов и циклов тепловых двигателей.
- ✓ представить построения реальных математических моделей объектов для оценки их термopрочности и термостойкости к внешним тепловым воздействиям.
- ✓ описать методы обработки экспериментальных данных, получаемых при тепловых испытаниях конструкций.
- ✓ представить методы оценки термopрочности конструкций, техники безопасности и экологии, связанных с тепловыми воздействиями.

Курс лекций по данной дисциплине базируется на основе знаний курсов высшей математики и физики, полученных студентами на первых семестрах обучения в институте.

Знания и практические навыки, полученные в курсе «Термодинамика и теплопередача»,

используются студентами при разработке курсовых и дипломных работ.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Индекс дисциплины: Б1.В.02

Дисциплина относится к циклу дисциплин общепрофессионального модуля направления подготовки бакалавров 15.03.03 Прикладная механика по профилю Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: "Математика", "Физика", "Химия".

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы и изучении дисциплин профессиональной подготовки.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

Профессиональные компетенции (ПК)

в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательской деятельности			
выполнение расчетно-экспериментальных работ в области прикладной механики с помощью экспериментального оборудования для проведения механических испытаний	физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, приборы и аппаратура и другие объекты современной техники различных подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения экспериментальных методов исследования, математических и	ПК-4 Способен проводить расчет отдельных узлов и агрегатов изделий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «32.004. Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций»	З-ПК-4 Знать методику расчета отдельных узлов на статическую прочность; основы теории пластичности; основы теории ползучести; основы взаимозаменяемости; основы теории проведения измерений при экспериментальных работах; основы материаловедения; основы механики разрушения; основы теории колебаний У-ПК-4 Уметь проводить расчеты на прочность

	компьютерных моделей, основанных на законах механики.	различных типов конструкций: балочных, ферменных, оболочек; соединений элементов конструкции; выполнять расчеты на прочность методом конечного элемента по готовым расчетным моделям с применением специализированных программных комплексов; анализировать результаты расчета, полученные методом конечного элемента; применять инструментарий: пользоваться стандартным программным обеспечением при оформлении документации и инженерных расчетов; пользоваться программным обеспечением для расчетов на прочность В-ПК-4 Владеть подготовкой исходных данных для расчетов; проведением расчетов на прочность конструкций агрегатов; проведением расчетов устойчивости элементов конструкций; анализом результатов расчета
--	--	---

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет __3__ кредитов, **108** часов.

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел *
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы			
			16	32	---			
3 семестр								
1	Введение. Основные понятия и положения термодинамики		1	2		Контр. работа/ устный опрос	Тест на знание единиц измерения	
2	Первый закон термодинамики		2	4		Контр. работа/ устный опрос	Контрольная работа	
3	Второй закон термодинамики		2	2		Контр. работа/ устный опрос	Расчетное задание	
4	Реальные газы. Водяной пар		1	4		Контр. работа/ устный опрос	Контрольная работа	
5	Процессы в потоке вещества		2	2		Контр. работа/ устный опрос	Тест на знание	
6	Первое и второе начала термодинамики для процессов теплопроводности. Гипотеза Фурье.		1	4		Контр. работа/ устный опрос	Тест на знание	
7	Стационарные задачи теплопроводности для тел классической формы. Программа HEAT 1 для РС.		2	4		Контр. работа/ устный опрос	Тест на знание процессов сжатия	
8	Нестационарные задачи теплопроводности. Регулярный тепловой режим. Программа HEAT 2.		2	4		Контр. работа/ устный опрос	Тест на знание	
9	Обратные задачи теплопроводности. Программы для ЭВМ TEZIS, REMIS		2	2		Контр. работа/ устный опрос	Тест на знание обратного цикла	
10	Экспериментально-теоретические методы изучения процессов теплообмена, термостойкости деталей конструкций		1	4		Контр. работа/ устный опрос	Тест на знание	
...	Зачет							0 - 50
	СРС – 60 час							100

4.1. Содержание разделов дисциплины.

Раздел 1. Термодинамика.

- 1.1. Введение. Основные понятия и положения термодинамики. Термодинамические системы. Параметры состояния. Единицы термодинамических величин. Уравнения состояния. Термодинамические процессы.
- 1.2. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа расширения. Основное уравнение. Теплота. Теплоёмкость. Энтальпия. Плавление, испарение, конденсация.
- 1.3. Второй закон термодинамики. Энтропия. Формулировки закона. Обратимые и необратимые процессы. Основные термодинамические процессы идеальных газов. Смеси идеальных газов.
- 1.4. Термодинамические процессы и характеристики закрытых и открытых систем. Процессы в реальных газах. Особенности термодинамики открытых систем. Сопла и диффузоры. Истечения газов и жидкостей.
- 1.5. Свойства и процессы реальных газов и паров. Третий закон термодинамики. Фазы. Правило фаз. Плавление, испарение, конденсация.
- 1.6. Влажный воздух. Плазма. Элементы термодинамики твёрдого тела. Растворы. Жидкости. Гидромеханика жидкости и газа. Статика. Основные уравнения.
- 1.7. Динамика жидкости и газа. Основные уравнения. Дифференциальные уравнения термодинамики.
- 1.8. Термодинамика процессов в тепловых машинах. Основные циклы термодинамики в тепловых машинах. Тепловые циклы. Связанная задача термодинамики и теплопередачи.

Раздел 2. Теплопередача.

- 2.1 Введение в раздел «Теплопередача». Способы передачи тепла. Методы исследования. Первое и второе начала термодинамики для процессов теплопроводности. Гипотеза Фурье.
- 2.2. Уравнение теплопроводности. Конечная скорость переноса теплоты. Условия однозначности. Методы решения задач теплопроводности. Температурные напряжения.
- 2.3 Стационарные задачи теплопроводности для тел классической формы. Программа HEAT 1 для РС. Стационарные задачи теплопроводности для тел сложной конфигурации, двухмерные, трёхмерные задачи.
- 2.4. Нестационарные задачи теплопроводности. Регулярный тепловой режим. Программа HEAT 2. Нестационарные задачи теплопроводности для сложных тел. Перемножение решений.
- 2.5. Обратные задачи теплопроводности. Программы для ЭВМ TEZIS, REMIS. Коэффициентные обратные задачи теплопроводности. Программа CONET для ЭВМ.
- 2.6. Конвективный теплообмен. Теплообмен при кипении и конденсации. Теория подобия. Числа подобия.
- 2.7. Теплообмен излучением. Сложный теплообмен. Разделение конвективной и лучистой

составляющих теплообмена, программа CORAN для ЭВМ. Теплообменные аппараты. Тепловой и гидравлический расчёты.

2.8. Экспериментально-теоретические методы изучения процессов теплообмена, термостойкости деталей конструкций. Обоснование стойкости конструкций к тепловым воздействиям, энтропийный подход. Экспериментальная база ВНИИЭФ в области решения температурных задач.

Лабораторный практикум:

Задания на выполнение лабораторных работ выдаются за неделю до их выполнения.

Лабораторная работа №1. Стационарный метод определения коэффициента теплопроводности материалов.

Лабораторная работа №2. Нестационарный метод исследований тепловых свойств веществ.

Лабораторная работа №3. Второй нестационарный метод исследований тепловых свойств веществ.

Лабораторная работа №4. Исследования условий теплообмена в термокамере.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Примерным учебным планом на изучение дисциплины отводится один семестр. В конце семестра предусмотрен зачёт. После половины семестра выполняется домашнее задание, а в конце семестра — лабораторные работы. Все разделы дисциплины значимы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики» ФТФ в настоящее время располагает тем набором технических, программных, мультимедийных, электронных, печатных и аппаратных средств.

На кафедре накоплен большой объем материала на электронных носителях, обеспечивающий возможность демонстраций результатов.

Все лекционные занятия проводятся с использованием подготавливаемых преподавателем электронных компьютерных презентаций, содержащих большое количество наглядного иллюстрационного материала. В процессе изложения лекционного материала в интерактивной форме обсуждаются актуальные вопросы по тематике занятия.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Для текущего контроля успеваемости используются различные виды тестов, контрольные работы, расчетные задания, устный опрос.

Аттестация по дисциплине – зачет.

Вопросы к зачету:

1. Основные понятия и определения термодинамики. Параметры состояния. Давление. Температура.
2. Термическое уравнение состояния идеального газа.
3. Расчет плотности газов для произвольных значений P и T . Способы задания состава газовых смесей.
4. Закон Амага. Закон Дальтона. Расчет газовой постоянной смеси.
5. Энергия. Работа и теплота. Энтальпия.
6. Теплоемкость газовой смеси. Отношение теплоемкостей.
7. Уравнение первого закона термодинамики.
8. Равновесные термодинамические процессы и их обратимость.
9. Зависимость между параметрами газа в политропном процессе. Работа, внутренняя энергия и теплота политропного процесса.
10. Частные случаи политропного процесса. Определение показателя политропы.
11. Второй закон термодинамики. Циклы прямые и обратные.
12. Цикл Карно. Теорема Карно.
13. Энтропия. Физический смысл энтропии.
14. Уравнения состояния реальных газов.
15. $T - S$ диаграмма. $I - S$ диаграмма. Цикл Карно на $T - S$ диаграмме.
16. Основные уравнения газового потока. Располагаемая работа газа в потоке.
17. Скорость истечения и расход газа.
18. Дросселирование газа.
19. Работа и мощность на привод компрессора. Многоступенчатый компрессор. Детандеры. 20. Цикл воздушной холодильной машины. Цикл парокомпрессионной холодильной машины.
21. Цикл ДВС с подводом теплоты при $v = \text{const}$.
22. Цикл ДВС с подводом теплоты при $p = \text{const}$.
23. Цикл ГТУ.
24. Цикл компрессорного ТРД.

25. Парообразование при $p = \text{const}$.

Теплообмен

1. Виды теплообмена. Тепловой поток, плотность теплового потока, температурное поле. Изотермические поверхности, температурный градиент.
2. Плотность потока собственного излучения. Поглощательная, отражательная и пропускательная способности тела. Абсолютно белое, абсолютно черное и зеркальное тело.
3. Закон Фурье.
4. Закон Ньютона для теплоотдачи.
5. Закон Планка, закон Вина. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.
6. Дифференциальное уравнение энергии.
7. Дифференциальное уравнение теплоотдачи.
8. Дифференциальные уравнения движения и сплошности. Математическая формулировка задач теплообмена.
9. Основы теории подобия физических явлений.
10. Теплопроводность плоской стенки при граничных условиях 1 рода.
11. Теплопроводность плоской стенки при граничных условиях 3 рода.
12. Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях 1 рода.
13. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки при граничных условиях 1 рода.
14. Теплопроводность цилиндрической стенки при граничных условиях 3 рода.
15. Критический диаметр цилиндрической стенки.
16. Вынужденная конвекция. Теплоотдача плоской пластины при ламинарном пограничном слое.
17. Вынужденная конвекция. Теплоотдача плоской пластины при турбулентном пограничном слое.
18. Вынужденная конвекция. Теплоотдача при внешнем обтекании трубы.
19. Физика процесса теплоотдачи в трубах. Расчет теплообмена в трубах.
20. Теплоотдача стенки при свободном движении, вертикальная пластина.
21. Теплообмен при свободном движении в замкнутых прослойках. Физика, практические расчеты.
22. Теплообмен при свободной конвекции в открытых зазорах. Физика, практические расчеты.
23. Конвективное охлаждение, испарительное охлаждение.
24. Пористое охлаждение.
25. Тугоплавкие (жаростойкие) покрытия.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендуемая литература:

1. Техническая термодинамика, под ред. Крутова В.И., М., Высшая школа, 1991.
2. Теплопередача, Исаченко В.И. и др., М., Энергия, 1986.
3. Тепломеханика, под ред. Баскакова А.П., М., Энергоатомиздат, 1991.
4. Сборник решений задач и лабораторных работ по курсу «Техническая термодинамика и теплопередача» (учебно-методическое пособие и программы для ЭВМ.). Утверждено НМС САРФТИ МИФИ. Семёнов Ю.К., Желонкин В.Ф. и др., 1998. (65 стр., CD 3.5")

Средства обеспечения освоения дисциплины:

Программы для РС типа 486 кассета (CD 3.5", слайды).

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

- Класс ПЭВМ с установленным программным обеспечением MS Windows ,из расчёта одна ПЭВМ на одного студента.
- Классы в зд. 903, 21, 925, 926 площадки 9 НИО-15 РФЯЦ-ВНИИЭФ

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

Программу составил: преподаватель кафедры ТиЭМ

И.А. Шибитова

Рецензент: заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов