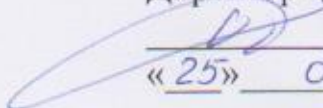


УТВЕРЖДАЮ

Директор ФТИ

 Долматов О.Ю.  
« 25 » 02 2016 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Направление ООП 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

Профиль подготовки «Ядерные реакторы и энергетические установки»

Квалификация бакалавр

Базовый учебный план приема 2016 г.

Курс 2 семестр 4

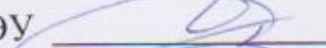
Количество кредитов 5

Код дисциплины Б1.ВМ4.6

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
	180 час.
Лекции, ч	48
Практические занятия, ч	48
Лабораторные занятия, ч	-
Аудиторные занятия, ч	96
Самостоятельная работа, ч	84
ИТОГО, ч	180

Вид промежуточной аттестации экзамен в 4 семестре

Обеспечивающее подразделение кафедра ФЭУ ФТИ

Заведующий кафедрой ФЭУ 

Долматов О.Ю.

Руководитель ООП 

Долматов О.Ю.

Преподаватель 

Исаченко Д.С.

2016 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ФТИ  
\_\_\_\_\_ Долматов О.Ю.  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

**БАЗОВАЯ РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА**

Направление ООП 14.03.02 «Ядерные физика и технологии»

Профиль подготовки «Ядерные реакторы и энергетические установки»

Квалификация бакалавр

Базовый учебный план приема 2016 г.

Курс 2 семестр 4

Количество кредитов 5

Код дисциплины Б1.ВМ4.6

Виды учебной деятельности	Временной ресурс по очной форме обучения
	180 час.
Лекции, ч	48
Практические занятия, ч	48
Лабораторные занятия, ч	-
Аудиторные занятия, ч	96
Самостоятельная работа, ч	84
ИТОГО, ч	180

Вид промежуточной аттестации экзамен в 4 семестре

Обеспечивающее подразделение кафедра ФЭУ ФТИ

Заведующий кафедрой ФЭУ \_\_\_\_\_

Долматов О.Ю.

Руководитель ООП \_\_\_\_\_

Долматов О.Ю.

Преподаватель \_\_\_\_\_

Исаченко Д.С.

2016 г.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью дисциплины «Термодинамика и теплопередача» является приобретение теоретических знаний, практических умений и навыков, необходимых для научно-исследовательской, практической и производственной деятельности бакалавра направления 14.03.02 «Ядерные физика и технологии» специализации «Ядерные реакторы и энергетические установки», связанных с тепловыми процессами, происходящими в энергетических установках, а также понимания современных требований, способов обеспечения и методов анализа безопасности ядерных установок.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к профессиональному циклу направления 14.03.02 Ядерные физика и технологии.

Дисциплине «Термодинамика и теплопередача» предшествует освоение дисциплин (ПРЕРЕКВИЗИТЫ):

- Физика 1.1;
- Физика 2.1;
- Математика 1.1;
- Математика 2.1;
- Материаловедение.

Содержание разделов дисциплины «Термодинамика и теплопередача» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно (КОРЕКВИЗИТЫ):

- Физика 3.1.

### 3. Результаты освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов обучения), в т.ч. в соответствии с ФГОС:

Таблица 1

Составляющие результатов обучения, которые будут получены при изучении данной дисциплины

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
P2			У.2.1	Логически верно, аргументировано и ясно, строить устную и письменную речь.		
P7	3.7.1	Основных законов естественнонаучных дисциплин	У.7.1	Использовать основные законы естественнонаучных	В.7.1	Математического анализа и моделирования, теоретического и

Результаты обучения (компетенции из ФГОС)	Составляющие результатов обучения					
	Код	Знания	Код	Умения	Код	Владение опытом
				дисциплин в профессиональной деятельности		экспериментального исследования
P13	3.13.1.	Методов стандартизации и сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов	У.13.1.	Подготовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа.	В.13.1.	Использования научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, современных компьютерных технологий и базы данных в своей предметной области
P14	3.14.1.	Способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем	У.14.1.	Проводить анализ затрат и результатов деятельности производственных подразделений.	В.14.1.	Проведения физических экспериментов по заданной методике, составления описания проводимых исследований и анализа результатов

В результате освоения дисциплины «Термодинамика и теплопередача» студентом должны быть достигнуты следующие результаты:

Таблица 2

**Планируемые результаты освоения дисциплины**

№ п/п	Результат
РД1	Применять знания общих законов, уравнений и методов
РД2	Выполнять термодинамические расчеты
РД3	Применять термодинамические законы при проектировании простых и сложных тепловых схем
РД4	Обрабатывать результаты измерений, полученных в ходе практических расчетов различных узлов ядерных установок

## 4. Структура и содержание дисциплины

### Раздел 1. Техническая термодинамика

*Внутренняя энергия газа. Идеальный газ. Тепловая энергия. Параметры состояния идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. Газовые смеси. Теплоемкости газов. Термодинамический процесс в координатах  $p-v$ . Внутренняя энергия газа. Первый закон термодинамики. Идеальные газовые процессы. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Адиабатный процесс. Политропный процесс. Круговые процессы (циклы). Прямой цикл Карно. Цикл с изохорным подводом теплоты. Цикл с изохорным и изобарным подводом теплоты. Энтропия. Координаты  $Ts$ . Термодинамические процессы в координатах  $Ts$ . Прямой цикл Карно в координатах  $Ts$ . Второй закон термодинамики.*

### Раздел 2. Водяные пары

*Процесс парообразования в координатах  $p-v$ . Процесс парообразования в координатах  $h-s$ . Процесс парообразования в координатах  $Ts$ . Цикл Ренкина.*

### Раздел 3. Основы теплообмена

*Теплопроводность однослойной плоской стенки. Теплопроводность стенки трубы. Теплообмен теплоотдачей. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через стенку трубы. Лучистый теплообмен. Лучистый теплообмен между телами.*

## 5. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Тепловые процессы в ядерных энергетических установках» следующие образовательные технологии:

Таблица 3

Методы и формы организации обучения

ФОО	Лекц.	Пр. зан./ сем.,	Тр.*, Мк**	СРС	К. пр.***
Методы					
IT-методы	+	+		+	+
Работа в команде	+	+		+	+
Case-study					
Игра			+		
Обучение на основе опыта	+	+			
Опережающая самостоятельная работа	+	+	+		
Поисковый метод		+		+	+
Исследовательский метод		+	+	+	+

\* – Тренинг, \*\* – мастер-класс, \*\*\* – командный проект

## 6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Самостоятельная деятельность рассматривается как вид учебного труда, позволяющий целенаправленно формировать и развивать самостоятельность как личностное качество.

### 6.1. Виды и формы самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работа с лекционным материалом;
- поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий;
- подготовка к практическим занятиям.

Творческая самостоятельная работа включает:

- выполнение расчетно-графических работ;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме;
- проведение расчетов по индивидуальным заданиям;
- составление отчетов по заданным материалам.

### 6.3. Контроль самостоятельной работы

Оценка результатов самостоятельной работы организуется следующим образом:

- Самоконтроль;
- Контроль со стороны студентов;
- Контроль со стороны преподавателя.

## 7. Средства текущей и промежуточной оценки качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины производится по результатам следующих контролируемых мероприятий:

Контролирующие мероприятия	Результаты обучения по дисциплине
контрольные вопросы, задаваемые при проведении практических занятий	P2, P7, P13
контрольные вопросы, задаваемые при проведении текущего контроля	P7, P13
индивидуальные домашние задания	P2, P7, P13, P14
вопросы самоконтроля	P2, P7, P13

вопросы тестирований	P7, P14
вопросы, выносимые на экзамены	P2, P7, P13, P14

Для оценки качества освоения дисциплины при проведении контролирующих мероприятий предусмотрены следующие средства:

### 1. Вопросы текущего контроля

1. Основные параметры состояния тела
2. Уравнение состояния идеального газа
3. Первый закон термодинамики
4. Второй закон термодинамики
5. Цикл Карно
6. Внутренняя энергия, энтальпия
7. Энтропия
8. Расчет процессов идеального газа
9. Изобарный процесс
10. Изохорный процесс
11. Изотермический процесс
12. Адиабатный процесс
13. Политропный процесс
14. Расчет параметров воды и водяного пара
15. Изобарный процесс для воды и водяного пара
16. Изохорный процесс для воды и водяного пара
17. Изотермический процесс для воды и водяного пара
18. Адиабатный процесс для воды и водяного пара
19. Цикл Брайтона
20. Действительный цикл газотурбинного двигателя
21. Цикл Ренкина
22. Действительный цикл паротурбинной установки
23. Расчет параметров воды и водяного пара.
24. Уравнение теплопроводности.
25. Изобарный процесс воды и водяного пара (в общем виде).
26. Уравнение движения. Уравнение Бернулли.
27. Уравнение движения. Уравнение Навье-Стокса.
28. Температурное поле.
29. Адиабатный процесс воды и водяного пара (в общем виде).
30. Температурный градиент.
31. Изотермический процесс воды и водяного пара (в общем виде).
32. Цикл Брайтона.
33. Цикл Ренкина.
34. Закон Фурье.
35. Теплопроводность газов, жидкостей, твердых тел.
36. Термодинамические процессы идеальных газов.
37. Теплопроводность при стационарном режиме ( $q_v = 0$ ). Передача

- тепла через плоскую стенку.
38. Расчет параметров воды и водяного пара.
  39. Теплопроводность при стационарном режиме ( $q_v = 0$ ). Передача тепла через цилиндрическую стенку.
  40. Расход жидкости.
  41. Факторы, влияющие на теплоотдачу.
  42. Числа подобия.
  43. Теплопроводность при стационарном режиме ( $q_v = 0$ ). Передача тепла через шаровую стенку.
  44. Уравнение подобия.
  45. Теплоотдача в однофазной среде при свободном движении жидкости.
  46. Теплопроводность однородной пластины при наличии внутренних источников тепла.
  47. Уравнение неразрывности потока.
  48. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня при наличии внутренних источников тепла.
  49. Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла.
  50. Теплоотдача в однофазной среде при вынужденном течении жидкости при продольном омывании плоской поверхности.
  51. Теплопроводность жидкостей.
  52. Естественная конвекция.
  53. Статическое давление.
  54. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня.
  55. Уравнение однозначности для процессов теплопроводности.

## 2. Вариант контрольной работы

### Вариант №1

В задаче  $n$  = порядковому номеру в списке группы

#### §1

Определить абсолютное давление в паровом котле, если манометр показывает  $(0,2 + 0,02n)$  МПа, а атмосферное давление равно 755 мм рт. ст.

#### §2

Дутьевой вентилятор подает в топку парового котла воздух в количестве  $102000 \text{ м}^3/\text{ч}$  при  $t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении (избыточном)  $P_m = 155 \text{ мм вод. ст.}$  Барометрическое давление  $P_{\text{бар}} = (740 + n) \text{ мм рт. ст.}$  Определить часовую производительность вентилятора при нормальных условиях  $Q_n$  в  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

#### §3

Массовый состав смеси следующий:  $\text{CO}_2 = 18\%$ ;  $\text{O}_2 = n\%$ ;  $\text{N}_2 = (82 - n)\%$ . До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы при  $t = 180 \text{ }^\circ\text{C}$  8 кг ее занимали объем 40 л?



#### §4

Найти среднюю массовую теплоемкость при постоянном объеме  $C_{vm}$  для воздуха в интервале температур от  $t_1 = 400$  °С до  $t_2 = (700 + 10n)$  °С.

### 3. Пример билетов выходного контроля

#### Экзаменационный билет №25

По дисциплине: **Термодинамика и теплопередача**  
Институт: **ФТИ**  
Курс: **второй**

#### ВОПРОСЫ:

1. Понятие рабочего тела. Почему в качестве рабочего тела используются вещества в газообразном или парообразном состоянии?  
Дать полные пояснения и привести примеры. (7 баллов)
2. Тепловой поток. Закон Фурье. (7 баллов)
3. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.  
Теплопроводность однородного цилиндрического стержня. (7 баллов)

#### ЗАДАЧА:

Определить поверхность нагрева и число секций водоводяного теплообменника типа «труба в трубе». Греющая вода движется во внутренней стальной трубе диаметром  $d_2/d_1 = 35/32$  мм и имеет температуру на входе  $T_{ж1} = 368$  К. Расход греющей воды  $M_1 = 2130$  кг/ч. Нагреваемая вода движется противотоком по кольцевому каналу между трубами и нагревается от  $T_{ж2}' = 288$  К до  $T_{ж2}'' = 318$  К. Внутренний диаметр внешней трубы  $D = 48$  мм. Расход нагреваемой воды  $M_2 = 3200$  кг/ч. Длина одной секции теплообменника 1,75 м. Потерями теплоты через внешнюю поверхность теплообменника пренебречь. (19 баллов)

Составил: доцент, к.ф.-м.н. Исаченко Д.С.

#### УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой ФЭУ, доцент, к.ф.-м.н. \_\_\_\_\_ О.Ю. Долматов  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 г.

### 8. Рейтинг качества освоения дисциплины

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета», утвержденными приказом ректора № 77/од от 29.11.2011 г.

В соответствии с «Календарным планом изучения дисциплины»:

- текущая аттестация (оценка качества усвоения теоретического материала (ответы на вопросы и др.) и результаты практической деятельности (решение задач, выполнение заданий, решение проблем и др.) производится в течение семестра (оценивается в баллах (максимально 60 баллов), к моменту завершения семестра студент должен набрать не менее 33 баллов);
- промежуточная аттестация (экзамен, зачет) производится в конце семестра (оценивается в баллах (максимально 40 баллов), на экзамене (зачете) студент должен набрать не менее 22 баллов).

Итоговый рейтинг по дисциплине определяется суммированием баллов, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 100 баллам.

## **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Основная литература:

1. Кириллов П.Л., Богословская Г.П. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 456 с.
2. Основы гидродинамики и теплообмена в ядерных реакторах: учебное пособие. / Коротких А.Г., Шаманин И.В. – Томск: Томский государственный университет, 2007. – 117 с.
3. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие / А. Н. Алабовский, И. А. Недужий. – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Выща школа, 1990. – 255 с.
4. Теплопередача: учебное пособие / под ред. В. С. Чередниченко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – 198 с.
5. Теплопередача: учебник / Б. Н. Юдаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 1981. – 319 с.

Дополнительная литература:

1. Техническая термодинамика. Теплопередача: учебник для вузов / Б. Н. Юдаев. – Москва: Высшая школа, 1988. – 478 с.
2. Термодинамика и теплопередача: учебник для вузов / А. В. Болгарский, Г. А. Мухачев, В. К. Щукин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 1975. – 495 с.
3. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник / Л. В. Арнольд, Г. А. Михайловский, В. М. Селиверстов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1979. – 444 с.
4. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для вузов / В. В. Нащокин. – 4-е изд., стер. – Москва: Аз-book, 2009. – 469 с.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Указывается материально-техническое обеспечение дисциплины: технические средства, лабораторное оборудование и др.

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Корпус, ауд., количество установок
1	Лекционная аудитория оборудованная проектором	431, 10 к.
2	Аудитория, оборудованная проектором	248, 10 к.

Рабочая программа составлена на основе ООП в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 14.03.02 «Ядерная физика и технологии» профилю подготовки «Ядерные реакторы и энергетические установки».

Программа рассмотрена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры ФЭУ (протокол № 85 от «24» февраля 2016 г.).