

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Нововоронежский политехнический институт –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(НВПИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДЕНА:

Руководителем НВПИ НИЯУ МИФИ


Е.Н. Булатова
« 17 » марта 2023г.


РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Техническая термодинамика»

Направление подготовки: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт оборудования АЭС

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Нововоронеж 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель дисциплины: изучение фундаментальных законов, являющихся основой функционирования тепловых машин и аппаратов, представлениями о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах и их эффективности, о свойствах рабочих тел и теплоносителей.

1.2. Задачи освоения дисциплины: овладение студентами основными понятиями технической термодинамики, терминологией, законами, основными процессами, протекающими в тепловых машинах, методами расчета процессов, методами расчета и экспериментального определения свойств рабочих тел и теплоносителей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к обязательной части Блока 1. Дисциплина «Техническая термодинамика» изучается в 5 семестре.

Для освоения данной дисциплины требуется знание дисциплин Линейная алгебра. Аналитическая геометрия. Начала анализа; Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики); Математический анализ; Общая энергетика.

Знания, полученные при изучении дисциплины, помогут студентам при изучении других дисциплин базовой и вариативной части программы: Тепломассообмен, Насосы, вентиляторы, компрессоры, Турбомашин, Атомные электростанции, Теплообменные аппараты и парогенераторы.

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ПК-2 – Способен к участию в проведении физического и численного эксперимента, к подготовке соответствующих экспериментальных стендов

ПК-17, Способен анализировать технологическую документацию с целью повышения эффективности производства и обеспечения качества выпускаемой продукции

Согласно Рабочему учебному плану специальности, в формировании данной компетенции участвуют дисциплины и виды практик:

ОПК-1 -

Химия

Линейная алгебра. Аналитическая геометрия. Начала анализа

Математический анализ

Дифференциальные уравнения. Теория рядов

Теория вероятностей. Математическая статистика

Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Общая физика (Электричество и магнетизм)

Общая физика (Волны и оптика)

Общая физика (Элементы квантовой физики атомов и физики атомного ядра)

Техническая термодинамика

Теоретическая механика

Тепломассообмен

Общая энергетика

Механика жидкости и газов

Электротехника и электроника

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

ПК-2 –

Химия

Техническая термодинамика

Теория переноса нейтронов

Материаловедение и технология конструкционных материалов

Теплообменные аппараты и парогенераторы

Испытание и наладка энергетического оборудования

Экспериментальные методы исследований на АЭС

Учебная практика (ознакомительная)

Учебная практика (технологическая)

Производственная практика (эксплуатационная)

Производственная практика (преддипломная)

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

ПК-17

Начертательная геометрия и инженерная графика

Техническая термодинамика

Общая энергетика

Организация производства и менеджмент

Физика ядерных реакторов

Обеспечение радиационной безопасности

Основы профессиональной коммуникации на иностранном языке

Неразрушающие методы контроля оборудования АЭС

Принципы обеспечения безопасности АЭС

Культура безопасности

Обращение с ядерным топливом и радиоактивными отходами

Эксплуатация АЭС

Эксплуатация турбомашин АЭС

Учебная практика (ознакомительная)

Учебная практика (технологическая)

5 семестр										
1	Термодинамическая система. Термодинамические процессы с идеальным газом.	1-8	8	8	8	-	28	7-ПР 8-ЛР-	8-Т	30
2	Водяные пары. Влажный воздух. Термодинамика газовых потоков	9-16	8	8	8	-	28	15-ПР 16-ЛР	16-Т	30
3	Циклы ДВС. Компрессоры	1-8	16	16	-	-	20	6-ПР	8-Т	30
4	Циклы ПТУ. Циклы ГТУ. Холодильные циклы.	9-16	16	16	-	-	22	15-ПР 16-ДЗ	16-Т	30
Зачет с оценкой										40
Итого за 5 семестр:			32	32	-	-	44	-	-	108

ПР – практическая работа, ЛР- лабораторная работа, Т- тест, ИДЗ- индивидуальное домашнее задание

4.2. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
Семестр 2		
1.	Термодинамическая система. Термодинамические процессы с идеальным газом. (8 часов). СРС – 20 часов	Понятие термодинамики. Параметры и уравнение состояния идеального газа. Теплота и работа как формы обмена энергией. Теплоемкость газов. Основные термодинамические процессы. Первый и второй закон термодинамики. Энтальпия. Обратимые циклы и оценка их эффективности. Цикл Карно. Энтропия и Тs-диаграмма.
2.	Водяные пары. Влажный воздух. Термодинамика газовых потоков (8 часов). СРС – 40 часов	Водяные пары. Водяной пар как реальный газ. Термодинамические характеристики жидкости и пара. Процессы изменения состояния водяного пара. Влажный воздух. Основные характеристики влажного воздуха. Параметры газа в потоке и при его торможении. Первый закон термодинамики для газового потока. Сопла и диффузоры. Основные параметры газового потока. Истечение газа через сопла. Истечение водяного пара. Дросселирование газов и паров.
Семестр 3		
3.	Циклы ДВС. Компрессоры (16 часов). СРС – 20 часов.	Цикл Отто с изохорным подводом теплоты. Цикл Дизеля с изобарным подводом теплоты. Цикл Тринклера со смешанным подводом теплоты. Сравнение эффективности термодинамических циклов. Поршневые компрессоры. Реальный компрессор. Лопаточные компрессоры. Обратные циклы. Тепловой насос
4.	Циклы ПТУ. Циклы ГТУ. Холодильные циклы.	Цикл Ренкина. Пути повышения КПД цикла Ренкина. Регенеративный, бинарный и теплофикационный циклы. Циклы ГТУ. Циклы холодильных установок. Парокомпрессорные холодиль-

(16 часов). СРС – 22 часа.	ные установки. Абсорбционные холодильные установки.
-------------------------------	---

4.3. Лабораторный практикум

16 часов лабораторных занятий в 5 семестре.

Раздел дисциплины	Лабораторные работы			
	неделя	Наименование	Выполнение (час.)	
			Ауд.	СРС
5 семестр				
Термодинамическая система. Термодинамические процессы с идеальным газом.	2	Лабораторная работа 1. Приборы для измерения температуры	2	2
	4	Лабораторная работа 2. Динамические характеристики терморезистивного преобразователя (ручной режим измерений)	2	2
	6	Лабораторная работа 3. Динамические характеристики терморезистивного преобразователя (автоматический режим измерений).	2	2
	8	Лабораторная работа 4. Изучение способа измерения расхода газа по методу отсечного объема	2	2
Водяные пары. Влажный воздух. Термодинамика газовых потоков	10	Лабораторная работа 5. Изучение способа измерения расхода газа по измерительной диафрагме	2	2
	12	Лабораторная работа 6. Снятие характеристик компрессора	2	2
	14	Лабораторная работа 7. Исследование и изучение процесса работы теплового насоса	2	2
	16	Лабораторная работа 8. Изучение процесса адиабатного истечения газа через сужающееся сопло при имитационном моделировании	2	2
Итого:			16	16

4.4. Практические занятия

16 часов практических занятий в 5 семестре

Раздел дисциплины	Практические работы (решение задач)			
	неделя	Наименование	Выполнение (час.)	
			Ауд.	СРС
5 семестр				
Раздел 1. Термодинамическая система. Термодинамические процессы с идеальным газом.	1	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	2	2
	3	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	2	2
	5	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	2	2

	7	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	2	2
Раздел 2. Водяные пары. Влажный воздух. Термодинамика газовых потоков	9	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	2	2
	11	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	2	2
	13	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	2	2
	15	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	2	2
Раздел 3. Циклы ДВС. Компрессоры	2	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	4	4
	4	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	4	4
	6	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	4	4
	8	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	4	4
Раздел 4. Циклы ПТУ. Циклы ГТУ. Холодильные циклы.	10	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	4	4
	12	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	4	4
	14	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	4	4
	16	Практическая работа. Решение задач по пройденным темам	4	4
Итого за 5 семестр			32	32

4.5. Самостоятельная работа студентов

Учебным планом дисциплины на самостоятельную работу студентов отводится 44 часа в 5 семестре.

Самостоятельная работа студента (СРС)	Семестр 5
Изучение теоретического материала (задания лектора)	8
Подготовка к практическим занятиям	8
Подготовка к лабораторным занятиям	10
Изучение теоретического материала (задания лектора)	8
Подготовка к практическим занятиям	10

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

5.1. Образовательные технологии

При реализации программы дисциплины «Техническая термодинамика» используются различные образовательные технологии.

Изучение теоретического материала осуществляется преимущественно посредством лекций «погружения» и проблемных лекций. Для их сопровождения используются презентации. Изложение информации осуществляется в информационно-логической форме. Для краткого изложения сущности вопроса, более подробно рассматриваемого на практических занятиях, используются обзорные лекции.

При проведении практических занятий наряду с традиционными образовательными технологиями используются средства автоматизации выполнения работ посредством прикладных программных пакетов MathCAD. Кроме того, на практических занятиях используются плакаты и стенды.

При проведении практических занятий используется следующая структура занятия:

1. Постановка конечных и формулировка промежуточных целей практических занятий.
2. Разъяснение теоретических основ выполняемой работы (с тематическими презентациями) и последовательность выполнения работы.
3. Выбор и обоснование принципа решения поставленных задач и его обсуждение.
4. Практические рекомендации по выполнению работы.
5. Обсуждение материала выполняемой работы в форме «вопрос-ответ».
6. Решение задач у доски с участием студентов и преподавателя.
7. Оформление результатов решения.
8. Заключительное слово преподавателя.

Лабораторные занятия проводятся на учебных стендах.

При проведении лабораторных работ используется следующая структура занятия:

1. Постановка конечной и формулировка промежуточных целей лабораторной работы.
2. Разъяснение теоретических основ выполняемой работы (с тематическими презентациями) и последовательности операций, выполняемых на учебном стенде.
3. Практические рекомендации по выполнению лабораторной работы.
5. Обсуждение материала выполняемой работы в форме «вопрос-ответ».
6. Выполнение лабораторной работы на учебном стенде.
7. Оформление результатов лабораторного исследования.

Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала и рекомендуемой литературы для более глубокого понимания разделов изучаемой дисциплины, выполнение домашнего задания, подготовку к защите лабораторных работ и выполнение контрольных заданий.

5.2. Информационные технологии

Для освоения дисциплины необходимы:

- учебная аудитория, оснащённая проектором, экраном и компьютерными рабочими местами (не менее одного рабочего места на двух обучающихся);
- программное обеспечение: средства работы с документами и электронные таблицы (Microsoft Office или Open Office), математический пакет MathCAD.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

6.1.1 Модели контролируемых компетенций

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенций:

ОПК-1 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ПК-2 – Способен к участию в проведении физического и численного эксперимента, к подготовке соответствующих экспериментальных стендов

ПК-17, Способен анализировать технологическую документацию с целью повышения эффективности производства и обеспечения качества выпускаемой продукции

В результате освоения дисциплины студенты, для формирования данных компетенций студенты должны:

знать:

З1-базовые законы естественнонаучных дисциплин;

З2-основные математические законы;

З3-основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости;

З4-сущность основных химических законов и явлений;

З5-методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

З6-методы проведения физического и численного эксперимента, и подготовки соответствующих экспериментальных стендов;

З7-технологическую документацию выпускаемой продукции.

уметь:

У1-выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

У2-проводить физический и численный эксперимент, подготовить соответствующие экспериментальные стенды;

У3-анализировать технологическую документацию с целью повышения эффективности производства и обеспечения качества выпускаемой продукции.

владеть:

В1-математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности;

В2-навыками использования основных общезаконных законов и принципов;

В3-методами проведения физического и численного эксперимента и подготовки соответствующих экспериментальных стендов;

В4-методами анализа технологической документации с целью повышения эффективности производства и обеспечения качества выпускаемой продукции.

6.1.2. Программа оценивания контролируемой компетенции по этапам их формирования:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			текущий	рубежный
5 семестр				
1	Термодинамическая система. Термодинамические процессы с идеальным газом.	ОПК-1 ПК-2 ПК-17	ПР ЛР	Т
2	Водяные пары. Влажный воздух. Термодинамика газовых потоков	ОПК-1 ПК-2 ПК-17	ПР ЛР	Т
3	Циклы ДВС. Компрессоры	ОПК-1 ПК-2 ПК-17	ПР ИДЗ	Т
4	Циклы ПТУ. Циклы ГТУ. Холодильные циклы.	ОПК-1 ПК-2 ПК-17	ПР ИДЗ	Т

Текущий контроль успеваемости студентов по дисциплине «Техническая термодинамика» осуществляется на основании дифференцированных оценок выполнения практических заданий и выполнения лабораторных работ и домашнего задания.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие / Н. М. Цирельман. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-3063-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107965>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Кудинов, В.А. Техническая термодинамика и теплопередача [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2015. - 566 с.
3. Зеленцов Д.В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Зеленцов Д.В.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 140 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20525>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Караваев, Г.Ф. Основы термодинамики и статистической физики в задачах (с решением) [Текст]: учеб. пособие / Г.Ф. Караваев, В.В. Герасимов.- Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 174 с.
5. Круглов, А.Б. Руководство по технической термодинамике с примерами и задачами [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. Б. Круглов, И. С. Радовский, В. С. Харитонов. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. – Режим доступа:
http://library.mephi.ru/pdfunnel.php?Z21FAMILY=%D0%9D%D0%B0%D0%B1%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%B0&Z21ID=2012092426&PATH=book-mephi%2FKruglov_Rukovodstvo_po_tehnicheskoj_termodinamike_2012.pdf
6. Теплотехника: учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.Г. Шатров, И.Е. Иванов, С.А. Пришвин и др.; под ред. М.Г. Шатрова. - М.: Издательский центр «Академия», 2012. - 288 с.

Дополнительная литература

7. Кузнецов, В. Н. Техническая термодинамика : учебное пособие / В. Н. Кузнецов, Н. В. Жданов. — Омск : ОмГУПС, 2014. — 97 с. — ISBN 978-5-949-41104-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129181>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Александров, А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. А. Александров. - 2-е изд., стер. - М.: Издат. дом МЭИ, 2006. - 158 с.
9. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учебное пособие для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. – М.: Издательский до МЭИ, 2006. – 550 с.
10. Техническая термодинамика: учебник для машиностроительных спец. вузов /В.И. Крутов, С.И. Исаев, И.А. Кожевников и др. – М.: Высш шк., 1991. – 384 с.
11. Теплотехника [Текст]: учеб. для вузов / [Баскаков, А.П.], [Берг, Б.В.], [Витт, О.К.] и др.; под ред. А.П. Баскакова. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 224 с
12. Методические указания к индивидуальному домашнему заданию по дисциплине "Техническая термодинамика" [Текст] : учеб.пособие для студентов-специалистов и студентов-бакалавров по направлениям подготовки: "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг". "Теплоэнергетика и теплотехника", "Энергетическое машиностроение", "Ядерная энергетика и теплофизика" / сост. И. Н. Веселова. - Волгоград : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2014. - 48 с.
13. Методические указания к индивидуальному домашнему заданию по дисциплине "Техническая термодинамика" [Текст] : учеб. пособие для студентов-специалистов и студентов-бакалавров по направлениям подготовки: "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг". "Теплоэнергетика и теплотехника", "Энергетическое машиностроение", "Ядерная энергетика и теплофизика" / сост. И. Н. Ве-

слова. - Волгодонск : ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2014. - 48 с.-Режим до-
ступа:

[http://dpl.viti-
mephi.ru/files/dpl/1/metodichki/389_teo_veselova_mu_k_idz_tekhnicheskaya_termodynamika_.pdf](http://dpl.viti-mephi.ru/files/dpl/1/metodichki/389_teo_veselova_mu_k_idz_tekhnicheskaya_termodynamika_.pdf)

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина обеспечена учебно-методическими материалами и документацией. Ее содержание представлено в локальной сети института (НВПИ НИЯУ МИФИ) и находится в режиме свободного доступа для студентов. Для преподавания дисциплины используются:

Лаборатория технологического оборудования\2

Мультимедиа-проектор TOSIBA

Ноутбук SAMSUNG;

Экран;

Стол ученические – 15 шт.;

Стулья ученические – 30 шт.;

Стол преподавателя;

Стул преподавателя.

Учебный лабораторный комплекс (Техническая термодинамика) (ТЕТ-ГАЗ) ТТГД -011 – 05 ЛР-01.

Учебный лабораторный комплекс Теплотехника жидкости ТПЖ-010-6ЛР-01.00-000 РЭ

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; качественно выполнять чертежи; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий, чертежей с помощью рекомендованной учебной литературы. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы, выполнение графических заданий, решение задач по алгоритму.
Контроль практической работы	Предполагает владение алгоритмом решения задач по пройденным темам
Контроль лабораторной работы	Предполагает оформление отчетов по выполненным работам и ответы на вопросы по теме работы