

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по УР
А.В. Бурмистров
«2.» 07. 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника»

Направление подготовки 28.03.02 «Наноинженерия»

Профиль подготовки: «Органические и неорганические наноматериалы»

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Институт, факультет ИНХН, ФНН

Кафедра-разработчик рабочей программы кафедра ТОТ

Курс, семестр 2 курс, 4 семестр

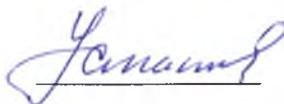
	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Лабораторные занятия	36	1
Практические занятия		
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации	зачет	
Всего	108	3

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 923 от 19.02.2017 года, по направлению 28.03.02 «Наноинженерия» на основании учебного плана для набора обучающихся 2019 годов.

Разработчик программы:

доцент каф. ТОГ



Р.А. Усманов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОГ, протокол от № 14 от 27.06.2019г.

Зав. кафедрой, проф.



Ф.М. Гумеров

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания кафедры ПНТВМ, реализующего подготовку образовательной программы № 15 от 2.07.2019 г.

Председатель комиссии



Вознесенский Э.Ф.

УТВЕРЖДЕНО

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» являются:

а) формирование знаний о методах преобразования и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых и холодильных машин, тепло- и парогенераторов.

б) подготовка специалистов, владеющих навыками грамотной эксплуатации современного теплового оборудования при максимальной экономии топлива и материалов, интенсификация и оптимизация современных энерготехнологических процессов

в) на базе термодинамики с привлечением аппарата некоторых других фундаментальных дисциплин осуществляется расчет и проектирование всех тепловых двигателей – паровых и газовых турбин, реактивных и ракетных двигателей внутреннего сгорания, а также всевозможного технологического оборудования, как-то: холодильных машин, сушильных, ожигательных, энерготехнологических и других установок.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Техническая термодинамика и теплотехника» относится к части ООП, формируемой участниками образовательных отношений, и формирует у бакалавров по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» бакалавр по направлению подготовки «Наноинженерия» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) Математика

б) Физика

Знания, полученные при изучении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» могут быть использованы при прохождении практик и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия».

3. Компетенции и индикаторы достижения компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Компетенция ПК-9 Способен выполнять лабораторно-аналитические исследования основного и вспомогательного сырья и материалов для производства наноструктурированных материалов.

Индикаторы достижения компетенции:

ПК-9.1 Знает физико-химические методы анализа для исследования и сравнения получаемых наноструктурируемых материалов, требования к качеству сырьевых материалов и технические условия на выпускаемую продукцию.

ПК-9.2 Умеет использовать лабораторно-аналитическое оборудование для исследования образцов; оформлять результаты испытаний основных и вспомогательных сырьевых материалов в документах установленного образца.

ПК-9.3 Владеет методиками проведения испытания качества получаемых и сырьевых материалов, навыками составления протоколов испытаний..

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1. Знать основы термодинамики и физико-химические методы анализа для исследования и сравнения получаемых наноструктурируемых материалов, требования к качеству сырьевых материалов и технические условия на выпускаемую продукцию.
2. Уметь использовать теплотехническое и лабораторно-аналитическое оборудование для исследования образцов; оформлять результаты испытаний основных и вспомогательных сырьевых материалов в документах установленного образца.
3. Владеть методиками проведения теплового испытания качества получаемых и сырьевых материалов, навыками составления протоколов испытаний..

4. Структура и содержание дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекция	Практическое занятие	Лабораторные работы	СРС	
1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	4	1	-	-	2	
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	4	1,5	-	10	3	Защита лабораторной работы.
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	4	1,5	-	-	2	Контрольная работа
4	Тема 4. Второй закон	4	2	-	-	2	Тестирование

	термодинамики.						
5	Тема 5. Реальные газы.	4	2	-	26	7	Защита лабораторных работ
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	4	2	-	-	2	-
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах машинах	4	2	-	-	4	Контрольная работа
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	4	2	-	-	14	Расчетно-графическая работа
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	4	1	-	-	4	Расчетно-графическая работа
10	Тема 10. Циклы холодильных установок.	4	3	-	-	14	Контрольная задача
	ИТОГО		18	-	36	54	<i>Зачет</i>

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций и используемых инновационных образовательных технологий.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	1	Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Равновесное и	Уравнение состояния идеального газа. Термодинамические процессы: равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые. Изображение термодинамических процессов в p-v-диаграмме	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3

			неравновесное состояние.		
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	1,5	Первый закон термодинамики. Теплота и работа как формы передачи энергии. Понятие о внутренней энергии и энтальпии.	<p>Сущность первого закона термодинамики, формулировки и аналитические выражения. Работа проталкивания. Техническая и располагаемая работа.</p> <p>Теплоемкость газов Массовая, объемная и молярная теплоемкости (средняя и истинная, изобарная и изохорная). Зависимость теплоемкости от температуры. Формулы для расчета теплового потока по средним теплоемкостям. Смеси рабочих тел. Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми и объемными долями. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение парциальных давлений компонентов.</p>	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	1,5	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы их анализ.	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы их анализ. Изображение в координатах Pv и TS . Политропные процессы. Основные характеристики политропных процессов. Обобщающее значение политропного процесса.	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	2	Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы	Прямые и обратные циклы. Термодинамические КПД и холодильный коэффициент. Циклы Карно и их свойства. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. (первый и второй интегралы Клаузиуса) Изменение энтропии в обратимых и необратимых	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3

			тепловых машин.	процессах. Принцип возрастания энтропии изолированной системы Философское и статистическое толкования второго закона термодинамики. Формула Больцмана Понятие об эксергии, эксергетический баланс и эксергетический к.п.д	
5	Тема 5. Реальные газы.	2	Свойства реальных газов Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	Процессы парообразования в PV и TS координатах. Водяной пар Параметры кипящей жидкости, сухого насыщенного пара, влажного насыщенного пара и перегретого пара. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ процессов в реальных газах с помощью таблицы ТСВП и диаграмм hs и $lqp-h$	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	2	Уравнение первого закона термодинамики для потока. Понятие о сопловом и диффузорном течении газа. Скорость газа и его массовый расход при адиабатном течении. Связь критической скорости истечения с местной скоростью распространения звука. Критическое отношение давлений.	Условие перехода через критическую скорость. Сопло Ловала. Расчет процессов истечения реального газа с помощью hs -диаграммы. Действительный процесс истечения. Параметры заторможенного потока. Дросселирование газов и паров. Сущность процесса дросселирования и его уравнение. Изменение параметров в процессе дросселирования. Понятие об эффекте Джоуля - Томпсона. Особенности дросселирования идеального и реального газов. Понятие о температуре инверсии. Практическое использование процесса дросселирования. Условное изображение процесса дросселирования в hS - и TS -диаграммах	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах	2	Классификация компрессоров и принцип действия. Изотермическое, адиабатное и политропное	Полная работа, затраченная на привод компрессора. Влияние объема вредного пространства на работу компрессоров. Многоступенчатое сжатие. Изображение в Pv - и TS -диаграммах термодинамических	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3

			сжатия.	процессов, протекающих в компрессорах. Относительный внутренний КПД компрессора. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора	
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	2	Принцип действия поршневых ДВС. Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в P ν - и TS- диаграммах.	Термодинамические и эксергетические КПД циклов ДВС. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	1	Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его исследование. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в PV, TS и NS диаграммах.	Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Понятие о циклах атомных силовых установок. Эксергетический анализ циклов паросиловых установок.	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
10	Тема 10. Циклы холодильных установок.	3	Классификация холодильных установок. Рабочие тела.	Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл воздушной холодильной установки. Циклы паровых компрессорных холодильных установок. Понятие об абсорбционных и парожеторных холодильных установках. Получение сжиженных газов. Общие принципы и способы достижения сверхнизких температур	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3

6. Содержание практических занятий. Проведение практических занятий по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» – не предусмотрено учебным планом

7. Содержание лабораторных занятий

Цель проведения лабораторных занятий – усвоение лекционного материала, а также выработка студентами умений, связанных с обработкой экспериментальных данных.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Тема 5. Реальные газы.	8	Исследование процессов с влажным воздухом	Процессы парообразования в PV и TS координатах. Водяной пар. Параметры кипящей жидкости, сухого насыщенного пара, влажного насыщенного пара и перегретого пара.	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	10	Измерение теплоемкости воздуха	Теплоемкость газов. Массовая, объемная и молярная теплоемкости (средняя и истинная, изобарная и изохорная). Зависимость теплоемкости от температуры. Формулы для расчета теплового потока по средним теплоемкостям.	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
3	Тема 5. Реальные газы.	8	Исследование PV-диаграммы углекислого газа (опыт Эндрюса)	Свойства реальных газов. Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
4	Тема 5. Реальные газы.	10	Исследование кривой насыщения водяного пара	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ процессов в реальных газах с помощью таблицы ТСВП	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3

Лабораторные занятия проводятся в помещениях учебных и научных лабораторий кафедры «Теоретические основы теплотехники» с использованием лабораторных и исследовательских экспериментальных установок и стендов.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции

1	Изучение теоретического (лекционного) материала в течение семестра	12	Проработка теоретического материала	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
2	Подготовка к лабораторным работам оформление отчетов	10	Проработка теоретического материала, расчет лабораторных работ	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
3	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом»	16	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3
4	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с парообразным рабочим телом»	16	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ПК-9.1 ПК-9.2 ПК-9.3

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «**Техническая термодинамика и теплотехника**» используется балльно-рейтинговая система. Балльно-рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

При изучении дисциплины предусматривается зачет, 3 контрольных задачи, 2 расчетно-графические работы, 4 лабораторных работы, тест. Максимальное количество баллов по дисциплине составляет 100 баллов.

Промежуточной аттестацией по дисциплине является зачет, поэтому минимальный текущий рейтинг – 60, максимальный - 100 баллов.

Оценочные средства	Кол-во	Минимально баллов	Максимально баллов
Защита лабораторной работы	4	32	52
Расчетно-графическая работа	2	16	26
Тестирование	1	3	5
Контрольная работа	3	9	17
ИТОГО		60	100

10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника»

11.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Амирханов Д.Г. Техническая термодинамика [Учебники] : учеб. пособие / Казанский нац. исслед. технол. ун-т ; Д.Г. Амирханов, Р.Д. Амирханов. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. — 318 с.	129 экз. в УНИЦ КНИТУ Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ : http://ft.kstu.ru/ft/Amirkhanov-tekhnicheskaya_termodinamika.pdf . Доступ с IP адресов КНИТУ
2. Теплоснабжение с основами теплотехники [Учебники] : учеб. пособие / Казанский нац. исслед. технол. ун-т ; И.Ф. Хакимзянов, Р.Р.Сафин.— Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. — 130 с.	66 экз. в УНИЦ КНИТУ Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ : http://ft.kstu.ru/ft/Khaksimzyanov-teplosnabzhenie_s_osnovami_teploekhniki.pdf . Доступ с IP адресов КНИТУ
3. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях [Учебники] : учеб. пособие / И.В. Кузнецова, И.И. Гильмутдинов ; Казанский нац. исслед. технол. ун-т ; под ред. А.Н. Сабирзянова. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2017. — 121, [3] с. : ил. — Библиогр.: с.118 (17 назв.).	66 экз. в УНИЦ КНИТУ Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ : http://ft.kstu.ru/ft/Kuznetsova-Energoberezenie_v_teploenergetike_i_teploekhnologiyakh.pdf Доступ с IP адресов КНИТУ

11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Курбангалеев М.С. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам / М.С. Курбангалеев, А.А. Мухамадиев, И.Х. Хайруллин ; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2014. — 60 с. : ил.	Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ http://ft.kstu.ru/ft/Kurbangaleev-tekhnicheskaya_termodinamika_MU.pdf Доступ с IP адресов КНИТУ
2. Нарышкин Д. Г. Химическая термодинамика с Mathcad. Расчетные задачи : Учебное пособие. — М. — Москва ; Москва : Издательский Центр РИОР : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2016. — 199 с.	ЭБС «znanium.com» http://znanium.com/go.php?id=503896 Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Гинзбург В.Л. Сборник задач по общему курсу физики. Книга II. Термодинамика и молекулярная физика / Гинзбург В.Л. ; Левин Л.М. ; Сивухин Д.В. ; Яковлев И.А. — Moscow : Физматлит, 2006. — Сборник задач по общему курсу физики. Книга II. Термодинамика и молекулярная физика	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

[Электронный ресурс] / Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Сивухин Д. В., Яковлев И.А.; Под ред. Д. В. Сивухина. - 5-е изд., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006.	
---	--

11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>
3. ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
4. ЭБС «znanium.com» - Режим доступа: www.znanium.com

Согласовано:
Зав. сектором ОКУФ



11.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

<http://www.elibrary.ru>

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

На кафедре теоретических основ теплотехники в учебном процессе при выполнении лабораторных работ используется современная вычислительная техника. Компьютерный класс укомплектован необходимым количеством персональных компьютеров PC AT и программным обеспечением. В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; наборы слайдов и кинофильмов; демонстрационные приборы; при необходимости – средства мониторинга и т.д.

1. Лекционные занятия:
 - a. комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов
2. Лабораторные работы:
 - a. лаборатория А-23 оснащена лабораторным оборудованием для проведения работ: исследование процессов с влажным воздухом, измерение теплоемкости воздуха, исследование PV - диаграммы углекислого газа (опыт Эндрюса), исследование кривой насыщения водяного пара.
 - b. лаборатория А-35 (Компьютерный класс) оснащена 8 компьютерами,
 - c. шаблоны расчетов и отчетов по лабораторным работам представлены в электронном виде,
 - d. результаты расчетов оформляются на принтере.
3. Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника»: MS Office

13. Образовательные технологии

Количество занятий, проводимых в интерактивной форме обучения, составляет 18 часов. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную

информационную среду КНИТУ. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Основные интерактивные формы проведения учебных занятий:

- творческие задания;
- работа в малых группах;
- дискуссия;
- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции