

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

УТВЕРЖДАЮ


Проректор по УР
А.В. Бурмистров
« 24 » 09. 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.19 Техническая термодинамика

Специальность: 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных
материалов и изделий»

Специализация: для всех специализаций

Квалификация (степень) выпускника инженер

Форма обучения очная

Институт, факультет ИХТИ, ФЭМИ, ФЭТИБ

Кафедра-разработчик рабочей программы ТОГ

Курс, семестр 2 курс, 4 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия	-	-
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	27	0,75
Самостоятельная работа	63	1,75
Форма аттестации	зачет	
Всего	144	3

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 1176 от 12.09.2016 года, по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» для набора обучающихся 2017, 2018 г.

Разработчик программы:

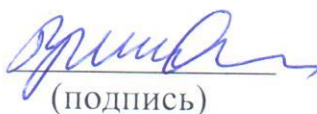
профессор каф. ТОТ
(должность)


(подпись)

Р.Н. Максудов
(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОТ,
протокол от 28.08 2018 г. № 1

Зав. кафедрой, проф.


(подпись)

Ф.М. Гумеров
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии ИХТИ
от 12.09 2018 г. № 8

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

В.Я. Базотов

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии МФ
от 17.09.2018 г. № 8

Председатель комиссии, доцент


(подпись)

А.В. Гаврилов

Начальник УМЦ, доцент


(подпись)

Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Техническая термодинамика» являются:

- а) формирование знаний о методах преобразования и использования теплоты и работы, а также о принципах действия и конструктивные особенности тепловых и холодильных машин, тепло- и парогенераторов;
- б) подготовка специалистов, владеющих навыками энергоэффективной эксплуатации современного энергоиспользующего оборудования, способами интенсификации и оптимизации современных энерготехнологических процессов;
- в) на базе термодинамики с привлечением аппарата других фундаментальных дисциплин осуществляется расчет и проектирование тепловых двигателей – паровых и газовых турбин, иного технологического оборудования: холодильных машин, сушильных, энерготехнологических и других установок.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Техническая термодинамика» относится к дисциплинам базовой части ООП и формирует у обучающихся по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Техническая термодинамика» обучающийся по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Высшая математика;
- б) Физика;

Дисциплина «Техническая термодинамика» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) Процессы и аппараты химической технологии;
- б) Системы управления химико-технологическими процессами.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Техническая термодинамика» могут быть использованы при прохождении практик и выполнении выпускных квалификационных работ по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

- 1. (ОК-1) способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;
- 2. (ОПК-1) способность использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: а) закономерности основных термодинамических процессов с идеальным и реальным газами;
 б) схемы и циклы тепловых машин и холодильных установок, их КПД;
 в) принципы оптимизации энерготехнологических схем: принцип «многоступенчатости». Принципы, связанные с входом и выходом энергоносителей. Принципы регенерации и интеграции.
- 2) Уметь: а) определять термодинамические параметры и теплофизические свойства различных газов, водяного пара, хладагентов и других веществ;
 б) пользоваться первым и вторым законами термодинамики;
 в) пользоваться справочной литературой, диаграммами.
- 3) Владеть: а) термодинамическими методами повышения эффективности использования подводимой энергии.

4. Структура и содержание дисциплины «Термодинамика»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточн ой аттестации по разделам
			Лекц ия	Семинар (Практи- ческое занятие)	Лабораторн ые работы	СРС	
1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	4	1	-	-	2	Тестирование
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	4	1,5	-	8	8	Защита лабораторных работ, тестирование.
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	4	1,5	-	-	8	Тестирование, выполнение и защита расчетно-графической работы.
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	4	2	-	-	2	Тестирование.
5	Тема 5. Реальные			-	19		Защита

	газы.	4	2			12	лабораторных работ, тестирование. Выполнение и защита расчетно-графической работы.
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	4	2	-	-	2	Тестирование
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах	4	2	-	-	5	Тестирование
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	4	2	-	-	12	Тестирование, защита расчетно-графической работы
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	4	1	-	-		Тестирование, защита расчетно-графической работы
10	Тема 10. Циклы холодильных установок.	4	3	-	-		Тестирование по темам 1-10
11	Тема 11. Расчет цикла тепловых двигателей с парообразным рабочим телом	4	-	-	-	12	Выполнение и защита расчетно-графической работы
							<i>Зачет</i>
	ИТОГО		18	-	27	63	

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций.

№ п / п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	1	Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние.	Уравнение состояния идеального газа. Термодинамические процессы: равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые. Изображение термодинамических процессов в Pv-диаграмме	ОК-1 ОПК-1
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	1,5	Первый закон термодинамики. Теплота и работа как формы передачи энергии. Понятие о внутренней энергии и энтальпии.	Сущность первого закона термодинамики, формулировки и аналитические выражения. Техническая и располагаемая работа. Теплоемкость газов. Удельные 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. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение парциальных давлений компонентов.	ОК-1 ОПК-1
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.	ОК-1 ОПК-1
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	2	Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона	Прямые и обратные циклы. Термодинамический КПД и холодильный коэффициент. Цикл Карно и их свойства. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Изменение	ОК-1 ОПК-1

			термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин.	энтропии в обратимых и необратимых процессах. Принцип возрастания энтропии изолированной системы. Статистическое толкование второго закона термодинамики. Уравнение 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 диаграммах. Водяной пар. Параметры кипящей жидкости, сухого насыщенного пара, влажного насыщенного пара и перегретого пара. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ процессов в реальных газах с помощью термодинамических таблицы и диаграмм.	ОК-1 ОПК-1
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. Дросселирование.	Расчет процессов истечения реального газа с помощью hs -диаграммы. 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.	ОК-1 ОПК-1
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах	2	Классификация компрессоров и принцип действия. Циклы с изотермическим, адиабатным и политропным сжатием.	Полная работа, затраченная на привод компрессора. Влияние объема вредного пространства на работу компрессоров. Многоступенчатое сжатие. Изображение в Pv - и Ts - диаграммах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах. Относительный внутренний КПД компрессора.	ОК-1 ОПК-1
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего	2	Принцип действия ДВС. Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты.	Термодинамические и эксергетические КПД циклов ДВС. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС.	ОК-1 ОПК-1

	го сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)		Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в Pv - и Ts -диаграммах.		
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	1	Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина.	Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в Pv , Ts и hs диаграммах.	ОК-1 ОПК-1
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 парожеткорных холодильных установках. Общие принципы и способы достижения сверхнизких температур	ОК-1 ОПК-1

6. Содержание семинарских, практических занятий (лабораторного практикума)
– не предусмотрено учебным планом

7. Содержание лабораторных занятий (если предусмотрено учебным планом)

Учебным планом предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Техническая термодинамика» для студентов очной формы обучения в объеме 27 часов.

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	Формируемые компетенции
1	Тема 2. Первый закон термодинамики.	8	Измерение теплоемкости воздуха	Теплоемкость газов. Удельные теплоемкости (средняя и истинная, изобарная и изохорная). Зависимость теплоемкости от температуры. Формулы для расчета теплового потока по средним теплоемкостям.	ОПК-1
2	Тема 5. Реальные газы.	6	Исследование процессов с влажным воздухом	Процессы парообразования в Pv и Ts координатах. Водяной пар. Параметры кипящей жидкости, сухого насыщенного пара, влажного насыщенного	ОПК-1

				пара и перегретого пара.	
1	Тема 5. Реальные газы.	6	Исследование Pv -диаграммы углекислого газа (опыт Эндрюса).	Свойства реальных газов. Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	ОПК-1
2	Тема 5. Реальные газы.	7	Исследование кривой насыщения водяного пара	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Расчет теплоты парообразования по экспериментальным данным.	ОПК-1

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/магистранта/аспиранта

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Изучение теоретического (лекционного) материала в течение семестра	15	Проработка теоретического материала	ОК-1 ОПК-1
2	Подготовка к лабораторным работам оформление отчетов	12	Проработка теоретического материала, обработка и оформление лабораторных работ	ОК-1 ОПК-1
3	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом»	16	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ОК-1 ОПК-1
4	Подготовка к лабораторным работам оформление отчетов	12	Обработка и оформление лабораторных работ	ОК-1 ОПК-1
5	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с парообразным рабочим телом»	8	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ОК-1 ОПК-1

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Техническая термодинамика» используется рейтинговая система. 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.

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	Min, баллов	Max, баллов
Лабораторная работа	4	36	48
Тестирование	1	6	28
Расчетно-графическая работа	2	18	24

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»

11.1 Основная литература

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

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача [Учебники]: учеб. пособие для неэнергет. спец. вузов / В.В. Нащокин. — 4-е изд., стереотип. — М.: Аз-book, 2008 — 470 с.: ил., табл.	988 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Шилова С.В. Химическая термодинамика [Электронный ресурс]: метод. руководство к практ. занятиям / Казан. гос. технол. ун-т; С.В. Шилова [и др.]. — Казань: КНИТУ, 2009. — 116 с.: табл.	Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-XXX-Shilova_himicheskaya-termodynamika.pdf Доступ с IP адресов КНИТУ
3. Амирханов Д.Г. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Казанский нац. исслед. технол. ун-т; Д.Г. Амирханов, Р.Д. Амирханов — Казань: КНИТУ, 2014. — 264 с.: ил.	Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ http://ft.kstu.ru/ft/Amirchanov-tekhnicheskaya.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_termodynamika_MU.pdf Доступ с IP адресов КНИТУ
2. Нарышкин Д. Г. Химическая термодинамика с Mathcad. Расчетные задачи: Учебное пособие — 1 — 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 [Электронный ресурс] / Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Сивухин Д. В., Яковлев И.А.; Под ред. Д. В. Сивухина - 5-е изд., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Термодинамика» 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.znaniium.com

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

На кафедре теоретических основ теплотехники в учебном процессе при выполнении лабораторных работ и практических занятий 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:

- а. комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов

2. Лабораторные работы:

- а. 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.
- б. лаборатория А-35 (Компьютерный класс) оснащена 8 компьютерами,
- с. шаблоны расчетов и отчетов по лабораторным работам представлены в электронном виде,
- д. результаты расчетов оформляются на принтере.

13. Образовательные технологии

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме обучения, составляет от 9 до 11 часов, в зависимости от специальности. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Техническая термодинамика»
(наименование дисциплины)

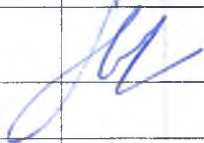
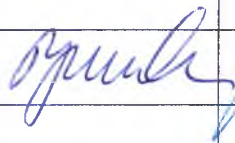
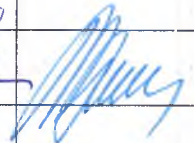
По специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»
(шифр) (название)

для специализаций: для всех специализаций

для набора обучающихся 2019 г.

форма обучения очная

пересмотрена на заседании кафедры «Теоретических основ теплотехники»
(наименование кафедры)

№ п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры № от . 20)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП Максудов Р.Н.	Подпись заведующего кафедрой Гумеров Ф.М.	Подпись начальника УМЦ Китаева Л.А.
1	№ 14 от 27.06.2019	Есть*	Нет			

* Пункт Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

<http://www.elibrary.ru>

Внесены дополнения в пункт Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лицензированное свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоение дисциплины «Техническая термодинамика»

MS Office