

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

« 11 » 04. 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Техническая термодинамика и теплотехника

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профили подготовки: Для всех профилей подготовки

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения заочная

Институт, факультет ИНХМ, ИП, ИХТИ

Кафедра-разработчик рабочей программы ТОТ

Курс, семестр 3 курс; 5-6 семестры

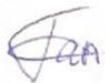
	Часы			Зачетные единицы
	5 сем	6 сем	Итого	
Лекции	2	1	3	0,08
Практические занятия				
Лабораторные занятия		5	5	0,14
Самостоятельная работа	7	89	96	2,67
Форма аттестации		зачет	4	0,11
Всего			108	3

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 1005 от 11.08.2016 года, по направлению 18.03.01 «Химическая технология» для всех профилей направления подготовки для набора обучающихся 2019 года.

Разработчик программы:

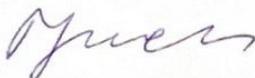
доцент каф. ТОТ



А.Р. Габитова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОТ,
протокол от 27 июня 2019 г. № 14

Зав. кафедрой, проф.



Ф.М. Гумеров

СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление 18.03.01,
профессор



Н.Ю. Башкирцева

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, сжижительных, энерготехнологических и других установок.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Техническая термодинамика и теплотехника» относится к вариативной части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» бакалавр по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Математика
- б) Физика
- в) Физико-химические методы анализа

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

- а) Процессы и аппараты химической технологии
- б) Дополнительные главы процессов и аппаратов химических технологий (курсовой проект)

Знания, полученные при изучении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» могут быть использованы при прохождении практик и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

1. ОПК-1 способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности

2. ОПК-2 готовностью использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы

3. ПК-11 способностью выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса

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 «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	Семинар (Практическое занятие)	Лабораторные работы	СРС	

1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	5				7	Тестирование
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	5	0,2				Защита лабораторных работ, тестирование
		6			2	13	
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	5					Тестирование
		6	0,5			10	
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	5					Тестирование
		6	0,2			7	
5	Тема 5. Реальные газы.	5					Защита лабораторных работ, тестирование
		6	0,2		3	7	
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	5					Защита лабораторных работ, тестирование
		6	0,2			8	
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах	5					Тестирование
		6	0,2			8	
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	5					Защита лабораторных работ, тестирование
		6	0,2			14	
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	6	0,5			8	Контрольная работа
10	Тема 10. Циклы холодильных установок.	6	0,5			14	Тестирование по темам 1-10, защита расчетно-графической работы
	ИТОГО		3		5	96	<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	Формируемые компетенции
1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	0,2	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	ОПК-1, ОПК-2
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	0,3	Первый закон термодинамики. Теплота и работа как формы передачи энергии. Понятие о внутренней энергии и энтальпии.	Сущность первого закона термодинамики, формулировки и аналитические выражения. Работа проталкивания. Техническая и располагаемая работа. 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.	ОПК-1, ОПК-2
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	0,5	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.	ОПК-1, ОПК-2
4	Тема 4. Второй закон	0,2	Сущность второго закона термодинамики.	Прямые и обратные циклы. Термодинамические КПД и холодильный коэффициент. Циклы	ОПК-1, ОПК-2

	термодинамики.		Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин.	Карно и их свойства. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. (первый и второй интегралы Клаузиуса) Изменение энтропии в обратимых и необратимых 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.	0,2	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 $lqp-h$	ОПК-1, ОПК-2
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	0,2	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 Ловаяля. 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	ОПК-1, ПК-11
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах.	0,2	Классификация компрессоров и принцип действия. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатия.	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.	ОПК-1, ПК-11

	рах			Относительный внутренний КПД компрессора. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора	
8	Тема 8. Циклы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	0,2	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	ОПК-1, ПК-11
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	0,5	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 HS диаграммах.	Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Понятие о циклах атомных силовых установок. Эксергетический анализ циклов паросиловых установок.	ОПК-1, ПК-11
10	Тема 10. Циклы холодильных установок.	0,5	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	ОПК-1, ПК-11

6. Содержание практических занятий– практические занятия не предусмотрены учебным планом.

7. Содержание лабораторных занятий (если предусмотрено учебным планом)

Учебным планом предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника» для студентов очной формы обучения в объеме 36 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.	2	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.	ОПК-1, ОПК-2
2	Тема 5. Реальные газы.	3	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.	ОПК-1, ПК-11

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	Формируемые компетенции
1	Изучение теоретического (лекционного) материала в течение семестра	32	Проработка теоретического материала, подготовка к тестированию	ОПК-1, ОПК-2, ПК-11
2	Подготовка к лабораторным работам оформление отчетов	32	Проработка теоретического материала, расчет лабораторных работ	ОПК-1, ОПК-2, ПК-11
3	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом»	32	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ОПК-1, ОПК-2, ПК-11

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «**Техническая термодинамика и теплотехника**» используется балльно-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 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	2	32	50
Тестирование	1	4	6
Расчетно-графическая работа	1	16	26
Контрольная работа	1	8	18
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. 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-termodinamika.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_termodinamika_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., стер. - 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

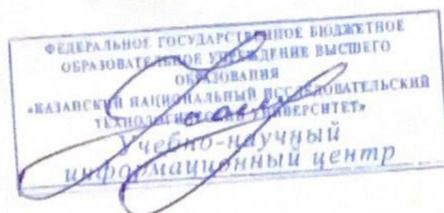
При изучении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

1. ЭБС «znanium.com» - Режим доступа: www.znanium.com
2. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>

3. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>

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:

- a. комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов

13. Образовательные технологии

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме обучения составляет 2 часа. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.

11.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Научная электронная библиотека. Доступ свободный: www.elibrary.ru
2. Доступ к научным публикациям. <https://www.sciencedirect.com>

12.2. 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.

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника»:

1. Microsoft Office.
2. Mathcad Education