

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
«1» 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 ИНХН, 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:

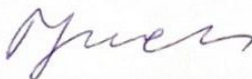
доцент каф. ТОТ



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
			Лекц ия	Семинар (Практи- ческое занятие)	Лабораторн ые работы	СРС	

1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	5	0,2			7	Тестирование
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	5	0,3				Защита лабораторных работ, тестирование
		6			2	13	
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	5	0,5				Тестирование
		6				10	
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	5	0,2				Тестирование
		6				7	
5	Тема 5. Реальные газы.	5	0,2				Защита лабораторных работ, тестирование
		6			3	7	
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	5	0,2				Защита лабораторных работ, тестирование
		6				8	
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах	5	0,2				Тестирование
		6				8	
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	5	0,2				Защита лабораторных работ, тестирование
		6				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	Зачет

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 p - v -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 p - v и T - S . 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 $lq-p-h$.	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 Лавалля. 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 _v - 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-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., 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

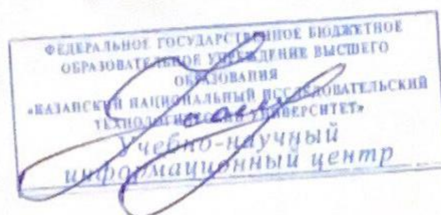
11.3 Электронные источники информации

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/>

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