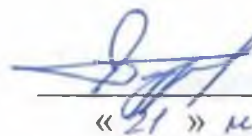


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

 Проректор по УР  
А.В. Бурмистров  
« 21 » ноября 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ОД. 9, Б.1.В.ОД.8 \* Техническая термодинамика и  
теплотехника

Направление подготовки 18.03.02 Энерго и ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Профиль подготовки: Основные процессы химических производств и  
химическая кибернетика

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Институт, факультет ИНХН, ФННХ

Кафедра-разработчик рабочей программы ТОТ

Курс, семестр 2 курс, 4 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия		
Семинарские занятия		
Лабораторные занятия	36	1
Самостоятельная работа	18	0,5
Форма аттестации	зачет	
Всего	72	2

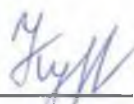
\* для начала подготовки 2016,2017 г.

Казань, 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 227 от 12.03.2015 года, по направлению 18.03.02 «Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» для профиля «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика» на основании учебного плана набора обучающихся 2015, 2016, 2017 годов.

Разработчик программы:

доцент каф. ТОТ  
(должность)

  
(подпись)

И.В.Кузнецова  
(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОТ,  
протокол от 20.10 2017 г. № 4

Зав. кафедрой, проф.

  
(подпись)

Ф.М. Гумеров  
(Ф.И.О.)

### СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии ФННХ, реализующего  
подготовку образовательной программы от 26.10 201 г. № 3

Председатель комиссии, профессор

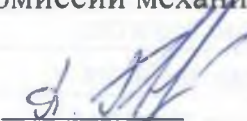


Н.Ю. Башкирцева

### УТВЕРЖДЕНО

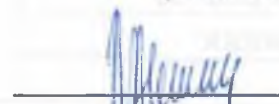
Протокол заседания методической комиссии механического факультета  
от 20.11 201 г. № 8

Председатель комиссии, профессор

  
(подпись)

А.В. Гаврилов  
(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ, доцент

  
(подпись)

Л.А. Китаева  
(Ф.И.О.)

## **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 ОП и формирует у бакалавров по направлению подготовки/специальности 18.03.02 «Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения *научно-исследовательской, проектной* профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» бакалавр по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) Математика

б) Физика

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

а) Оптимизация химико-технологических процессов

б) Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии

Знания, полученные при изучении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника» могут быть использованы при прохождении практик производственной, преддипломной и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению

подготовки 18.03.02 «Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

### ***3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины***

1. (ОК -9) способностью использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
2. (ОПК-2) способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
3. (ОПК-3) способностью использовать основные естественнонаучные законы для понимания окружающего мира и явлений природы
4. (ПК-5) готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду

#### ***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 2 зачетные единицы, 72 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.	4	1	-	-		Тестирование
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	4	1,5	-	10	2	Защита лабораторных работ, тестирование, решение задач
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	4	1,5	-	-	2	Тестирование, решение задач
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	4	2	-	-	2	Тестирование, решение задач
5	Тема 5. Реальные газы.	4	2	-	26	2	Защита лабораторных работ, тестирование
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	-	-	2	Тестирование
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	4	2	-	-	2	Тестирование, защита расчетной работы
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	4	1	-	-	2	Тестирование, защита расчетной работы
	Тема 10. Циклы холодильных	4	3	-	-		Тестирование по темам 1-10

	установок.				2	
	ИТОГО		18	-	36	18 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	<b>Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.</b>	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	ОПК-2, ОПК-3 ОК-9
2	<b>Тема 2. Первый закон термодинамики.</b>	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. 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-2, ОПК-3
3	<b>Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.</b>	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.	ОПК-2, ОПК-3

4	<b>Тема 4. Второй закон термодинамики.</b>	2	Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин.	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 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	ОПК-2, ОПК-3
5	<b>Тема 5. Реальные газы.</b>	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-2, ОПК-3
6	<b>Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.</b>	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 Ловая. 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-2, ПК-5
7	<b>Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах</b>	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	ОПК-2, ПК-5

				компрессорах. Относительный внутренний КПД компрессора. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора	
8	<b>Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)</b>	2	Принцип действия поршневых ДВС. Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в P <sub>v</sub> - и T <sub>S</sub> -диаграммах.	Термодинамические и эксергетические КПД циклов ДВС. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС	ОПК-2, ПК-5
9	<b>Тема 9. Циклы паросиловых установок.</b>	1	Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его исследование. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в P <sub>V</sub> , T <sub>S</sub> и H <sub>S</sub> диаграммах.	Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Понятие о циклах атомных силовых установок. Эксергетический анализ циклов паросиловых установок.	ОПК-2, ПК-5
10	<b>Тема 10. Циклы холодильных установок.</b>	3	Классификация холодильных установок. Рабочие тела.	Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл воздушной холодильной установки. Циклы паровых компрессорных холодильных установок. Понятие об абсорбционных и парозжекторных холодильных установках. Получение сжиженных газов. Общие принципы и способы достижения сверхнизких температур	ОПК-2, ПК-5

**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 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	<b>Тема 2. Первый закон термодинамики.</b>	10	Измерение теплоемкости и 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-2, ОПК-3
2	<b>Тема 5. Реальные газы.</b>	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.	ОК-9 ОПК-2, ОПК-3
3		8	Исследование PV - диаграммы углекислого газа (опыт Эндрюса)	Свойства реальных газов Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	ОПК-2, ПК-5
4		10	Исследование кривой насыщения водяного пара	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ процессов в реальных газах с помощью таблицы ТСВП	ОПК-2, ПК-5

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	3	Проработка теоретического материала	ОПК-2, ОПК-3
2	Подготовка к лабораторным работам оформление отчетов	3	Проработка теоретического материала, расчет лабораторных работ	ОПК-2, ОПК-3 ОК-9
3	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом»	6	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ОПК-2, ПК-5
4	Выполнение расчетной работы	6	Выполнение расчетно-	ОПК-2,

на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с парообразным рабочим телом»	графического задания, оформление отчета	ПК-5
--	---	------

### ***9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.***

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «**Техническая термодинамика и теплотехника**» 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 рейтинговой системе.

Максимальное количество баллов по дисциплине составляет 100 баллов.

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

<b>Оценочные средства</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Минимально баллов</b>	<b>Максимально баллов</b>
Лабораторная работа	4	32	52
Расчетно-графическая работа	2	16	26
Тест	1	3	5
Контрольные задачи	1	9	17
<b>ИТОГО</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

### ***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 <a href="http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-XXX-Shilova_himicheskaya-termodinamika.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-XXX-Shilova_himicheskaya-termodinamika.pdf</a> 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 <a href="http://ft.kstu.ru/ft/Amirchanov-tekhnicheskaya.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Amirchanov-tekhnicheskaya.pdf</a> 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 <a href="http://ft.kstu.ru/ft/Kurbangaleev-tekhnicheskaya-termodinamika_MU.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Kurbangaleev-tekhnicheskaya-termodinamika_MU.pdf</a> 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» <a href="http://znanium.com/go.php?id=503896">http://znanium.com/go.php?id=503896</a> 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» <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html</a> Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

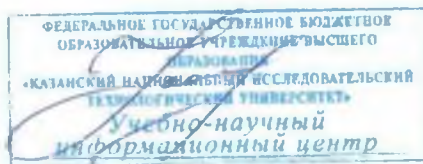
### 11.3 Электронные источники информации

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

1. 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](http://www.znanium.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:**

- 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.

### ***13. Образовательные технологии***

Удельный вес занятий, проводимых на лабораторных занятиях в интерактивной форме, обучения составляет 36 часов. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.

### Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника»  
пересмотрена на заседании кафедры Теоретических основ теплотехники

п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры №__ от . 20__)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП	Подпись заведующего кафедрой	Подпись начальника УМЦ
1	№2 от 04.09. 2010	нет	нет	