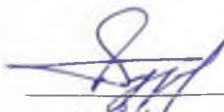


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

По дисциплине Б1.В.ОД.10 Техническая термодинамика и теплотехника

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Профили подготовки: Все профили подготовки направления

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Институт, факультет ИНХН, ИХТИ, ИП

Кафедра-разработчик рабочей программы ТОТ

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	108	3

Казань, 2018 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 подготовки направления на основании учебного плана набора обучающихся 2017, 2018 годов.

Разработчик программы:

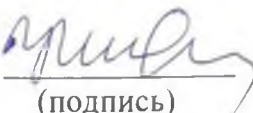
доцент каф. ТОТ  
(должность)

  
(подпись)

И.В.Кузнецова  
(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОТ,  
протокол от 04.09 2018 г. № 2

Зав. кафедрой, проф.

  
(подпись)

Ф.М. Гумеров  
(Ф.И.О.)

### СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление 18.03.01  
Профессор

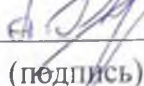
  
(подпись)

Н.Ю. Башкирцева

### УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета  
от 14.09, 2018 г. № 8

Председатель комиссии, доцент

  
(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 ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения *производственно-технологической* и *научно-исследовательской* видов деятельности.

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

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

а) Физико-химические методы анализа

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 производственной, преддипломной 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 (Практи-	Лабораторные работы	СРС	

				ческое занятие)			
1	<b>Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.</b>	4	1	-	-	4	Тестирование
2	<b>Тема 2. Первый закон термодинамики.</b>	4	1,5	-	10	4	Защита лабораторных работ, тестирование, решение задач
3	<b>Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.</b>	4	1,5	-	-	4	Тестирование, решение контрольных задач
4	<b>Тема 4. Второй закон термодинамики.</b>	4	2	-	-	4	Тестирование, решение контрольных задач
5	<b>Тема 5. Реальные газы.</b>	4	2	-	17	7	Защита лабораторных работ, тестирование
6	<b>Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.</b>	4	2	-	-	4	Тестирование
7	<b>Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах</b>	4	2	-	-	4	Тестирование
8	<b>Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)</b>	4	2	-	-	14	Тестирование, защита расчетно-графической работы
9	<b>Тема 9. Циклы паросиловых установок.</b>	4	1	-	-	4	Тестирование, защита расчетно-графической работы
10	<b>Тема 10. Циклы холодильных установок.</b>	4	3	-	-	14	Тестирование по темам 1-10
	<b>ИТОГО</b>		18	-	27	63	<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	<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-1, ОПК-2
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-1, ОПК-2
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-1, ОПК-2
4	<b>Тема 4. Второй закон термодинамики.</b>	2	Сущность второго закона термодинамики. Основные	Прямые и обратные циклы. Термодинамические КПД и холодильный коэффициент. Циклы Карно и их свойства. Аналитическое	ОПК-1, ОПК-2

	<b>мики.</b>		формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин.	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	<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-1, ОПК-2
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 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	<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 компрессорах. Относительный внутренний КПД компрессора. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора	ОПК-1, ПК-11

8	<b>Тема 8. Циклы двигателе й внутренне го сгорания (ДВС) и газотурби нных 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 TS-диаграммах.	Термодинамические и эксергетические КПД циклов ДВС. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС	ОПК-1, ПК-11
9	<b>Тема 9. Циклы паросило вых 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> , 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	<b>Тема 10. Циклы холодильн ых 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 парожеторных холодильных установках. Получение сжиженных газов. Общие принципы и способы достижения сверхнизких температур	ОПК-1, ПК-11

**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 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	<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-1, ОПК-2
2	<b>Тема 5. Реальные газы.</b>	5	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, ОПК-2
3		5	Исследование PV - диаграммы углекислого газа (опыт Эндрюса)	Свойства реальных газов Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	ОПК-1, ПК-11
4		7	Исследование кривой насыщения водяного пара	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ процессов в реальных газах с помощью таблицы ТСВП	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	16	Проработка теоретического материала	ОПК-1, ОПК-2
2	Подготовка к лабораторным работам оформление отчетов	15	Проработка теоретического материала, расчет лабораторных работ	ОПК-1, ОПК-2
3	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом»	16	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ОПК-1, ПК-11

4	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с парообразным рабочим телом»	16	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ОПК-1, ПК-11
---	--	----	---	-----------------

### *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.

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

Оценочные средства	Кол-во	Минимально баллов	Максимально баллов
Защита лабораторных работ	4	32	52
Защита расчетно-графических работ	2	16	26
Тестирование	1	3	5
Решение контрольных задач	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 10 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 10 часов. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.

## Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Техническая термодинамика и теплотехника»

*(наименование дисциплины)*

По направлению 18.03.01 «Химическая технология»

*(шифр)*

*(название)*

для профиля - Для всех профилей направления

для набора обучающихся 2019

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 Кузнецова И.В.	Подпись заведующего о кафедрой Гумеров Ф.М	Подпись начальника УМЦ Китаева Л.А.
	<i>N 14 от 27.06.2019</i>	Есть*	Нет	<i>[Подпись]</i>	<i>[Подпись]</i>	<i>[Подпись]</i>

\* 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 освоении дисциплины «Техническая термодинамика и теплотехника»:

*MS Office*