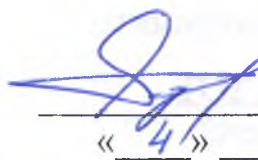


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

 Проректор по УР
А.В. Бурмистров
« 4 » 09. 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.15 Термодинамика

Направление подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и
системы жизнеобеспечения»

Профиль подготовки: Холодильная техника и технологии
Квалификация (степень) выпускника бакалавр
Форма обучения очная
Институт, факультет ИХНМ, ФЭМТО
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 № 198 от 12.03.2015 года, по направлению 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» для профиля Холодильная техника и технологии на основании учебного плана набора обучающихся 2017 года.

Разработчик программы:

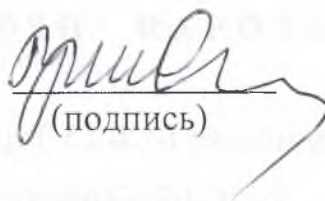
ассистент каф. ТОТ
(должность)


(подпись)

С.В. Мазанов
(Ф.И.О.)

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

Зав. кафедрой, проф.


(подпись)

Ф.М. Гумеров
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление

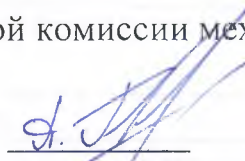

(подпись)

М.С. Хамидуллин
(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

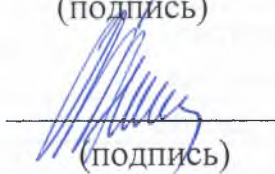
Протокол заседания методической комиссии механического факультета
от 03.09 2018г. № 7

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 «Термодинамика» 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 «Термодинамика» относится к *базовой* части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения *расчетно-экспериментальной с элементами научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственно-технологической и инновационной* видов деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Термодинамика» *бакалавр* по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) Математика

б) Физика

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

а) Теплообмен,

б) Теплообменные аппараты холодильных установок.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Термодинамика» могут быть использованы при выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

1. (ПК-1) способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их анализа соответствующий физико-математический аппарат

2. (ПК-2) готовность применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

3. (ПК-3) готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам

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 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ 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	-	10	3	Защита лабораторных работ, тестирование, решение контрольных задач
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	4	1,5	-	-	2	Тестирование, решение контрольных задач
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	4	2	-	-	2	Тестирование, решение контрольных задач
5	Тема 5. Реальные газы.	4	2	-	17	7	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	-	-	4	Тестирование
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	4	2	-	-	14	Тестирование, защита расчетно-графической работы
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	4	1	-	-	13	Тестирование, защита расчетно-графической работы
	Тема 10. Циклы холодильных установок.	4	3	-	-	14	Тестирование по темам 1-10
	ИТОГО		18	-	27	63	Зачет

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций и используемых инновационных образовательных технологий.

№	Раздел	Ча	Тема лекционного	Краткое содержание	Формир
---	--------	----	------------------	--------------------	--------

п / п	дисциплины	сы	занятия		уемые 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	ПК-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. 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.	ПК-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.	ПК-1
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	2	Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых	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	ПК-1, ПК-3

			машин.	Философское и статистическое толкования второго закона термодинамики. Формула 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 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 $lqr-h$	ПК-2
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. Связь критической скорости истечения с местной скоростью распространения звука. Критическое отношение давлений.	Условие перехода через критическую скорость. Сопло Ловала. 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	ПК-2 ПК-3
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах	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	ПК-2 ПК-3
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания	2	Принцип действия поршневых ДВС. Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Цикл со смешанным	Термодинамические и эксергетические КПД циклов ДВС. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС	ПК-1 ПК-2

	(ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)		подводом теплоты. Изображение циклов в P _v - и TS-диаграммах.		
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	1	Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его исследование. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в P _V , TS и HS диаграммах.	Пути повышения экономичности паросиловых установок. Теплофикационный цикл. Понятие о циклах атомных силовых установок. Эксергетический анализ циклов паросиловых установок.	ПК-1 ПК-2
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 парожетторных холодильных установках. Получение сжиженных газов. Общие принципы и способы достижения сверхнизких температур	ПК-3

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 «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.	10	Измерение теплоемкости воздуха	Теплоемкость газов Массовая, объемная и молярная теплоемкости (средняя и истинная, изобарная и изохорная). Зависимость теплоемкости от температуры.	ПК-1, ПК-2

				Формулы для расчета теплового потока по средним теплоемкостям.	
2	Тема 5. Реальные газы.	17	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.	ПК-2, ПК-3
			Исследование PV - диаграммы углекислого газа (опыт Эндрюса)	Свойства реальных газов Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	ПК-2, ПК-3
			Исследование кривой насыщения водяного пара	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ процессов в реальных газах с помощью таблицы ТСВП	ПК-2, ПК-3

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	12	Проработка теоретического материала	ПК-1, ПК-3
2	Подготовка к лабораторным работам оформление отчетов	10	Проработка теоретического материала, расчет лабораторных работ	ПК-2, ПК-3
3	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом»	16	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ПК-1, ПК-2, ПК-3
4	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с парообразным рабочим телом»	25	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	ПК-1, ПК-2, ПК-3

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «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 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	Минимально баллов	Максимально баллов
Лабораторная работа	4	32	52
Расчетно-графическая работа	2	16	26
Тест	1	3	5
Контрольные задачи	1	9	17
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 «Термодинамика»

11.1 Основная литература

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

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Амирханов Д.Г. Техническая термодинамика: учеб. пособие / Казанский нац. исслед. технол. ун-т; Д.Г. Амирханов, Р.Д. Амирханов, М.С. Курбангалеев, А.А. Мухамадиев, И.Х. Хайруллин .— Казань : КНИТУ, 2017 .— 320 с.	130 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 «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.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:

- а. 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 в интерактивной форме обучения составляет 7 часов. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Термодинамика»

(наименование дисциплины)

По направлению 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»

(шифр) (название)

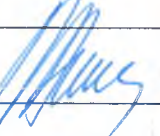
для профиля: «Холодильная техника и технологии»

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 Мазанов С.В.	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 «Термодинамика»

MS Office