

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.Б.22 Термодинамика

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
(шифр) (наименование)

Профиль подготовки «Пищевая инженерия малых предприятий»

Квалификация выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ЗАОЧНАЯ

Институт, факультет ИППБТ, ФПИ

Кафедра-разработчик рабочей программы ТОТ

Курс, семестр курс - 2, 3, семестр – 4, 5

	Часы			Зачетные единицы
	4 сем.	5 сем.		
Лекции	2	4	6	0,17
Практические занятия		4	4	0,11
Семинарские занятия				
Лабораторные занятия		2	2	0,06
Самостоятельная работа	7	85	92	2,55
Форма аттестации		Зачет 4	4	0,11
Всего			108	3

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 1170 от 20.10.2015 по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» для профиля «Пищевая инженерия малых предприятий», на основании учебного плана для набора обучающихся 2016, 2017, 2018г.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

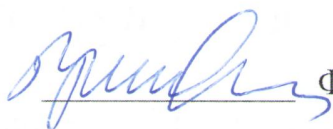
Разработчик программы:
Доцент каф. ТОТ



О.А. Лонцаков

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОТ, протокол от 28.08.2018 г. № 1.

Зав. кафедрой, профессор

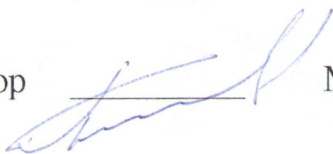


Ф.М. Гумеров

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии ФПИ, реализующего подготовку образовательной программы от 04.09.2018 № 1

Председатель комиссии, профессор



М.А. Поливанов

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета от 17. 09. 2018 г. № 8.

Председатель комиссии, доцент



А.В. Гаврилов

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

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 дисциплинам *базовой* части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Термодинамика» *бакалавр* по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) Математика

б) Физика

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

а) Процессы и аппараты пищевых производств;

б) Механика жидкости и газа.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Термодинамика» могут быть использованы при выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

1. (ПК-2) умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектиро-

вания, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов;

2. (ПК-3) способность принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машин и оборудования.

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 промежуточной аттестации по разделам
			Лекция	Семинар (Практическое занятие)	Лабораторные работы	СРС	
1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	4	0,6			2	Тестовые задания
		5		0,4	-	5	
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	4	0,7			2	Защита лабораторных работ, тестирование
		5		0,4	1	5	

3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	4	0,7		-	3	Тестовые задания
		5		0,4		5	
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	5	0,5	0,4	-	10	Тестовые задания
5	Тема 5. Реальные газы.	5	0,5	0,4	1	10	Защита лабораторных работ, тестирование
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.		0,6	0,4		10	Тестовые задания
		5			-		
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах	5	0,6	0,4	-	10	Тестовые задания
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	5	0,6	0,4	-	10	Тестовые задания, контрольная работа
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	5	0,6	0,4	-	10	Тестовые задания, контрольная работа
10	Тема 10. Циклы холодильных установок.	5	0,6	0,4	-	10	Тестовые задания
	ИТОГО		6	4	2	92	<i>Зачет (4 ч)</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.	0,6	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-2
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	0,7	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-3
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	0,7	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-2
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	0,6	Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона	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	ПК-2, ПК-3

			термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин.	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.	0,6	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 $lqp-h$	ПК-2
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	0,5	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	0,5	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	0,6	Принцип действия поршневых ДВС. Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Цикл со смешанным под-	Термодинамические и эксергетические КПД циклов ДВС. Сравнительный анализ термодинамических циклов ДВС	ПК-2

	(ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)		водом теплоты. Изображение циклов в Pv- и TS- диаграммах.		
9	Тема 9. Циклы паросиловых установок.	0,6	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.	ПК-2
10	Тема 10. Циклы холодильных установок.	0,6	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)

На практических занятиях в объеме 4 часа студенты выполняют тестовые задания для проведения текущего контроля знаний по всем разделам дисциплины(темы 1- тема 10) компетенций ПК-2, ПК-3.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Формируемые компетенции
1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	0,4	Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние.	ПК-2
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	0,4	Первый закон термодинамики. Теплота и работа как формы передачи энергии. Понятие о внутренней энергии и энтальпии.	ПК-3

3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	0,4	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы их анализ.	ПК-2
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	0,4	Сущность второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин.	ПК-2, ПК-3
5	Тема 5. Реальные газы.	0,4	Свойства реальных газов. Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	ПК-2
6	Тема 6. Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров.	0,4	Уравнение первого закона термодинамики для потока. Связь критической скорости истечения с местной скоростью распространения звука. Критическое отношение давлений.	ПК-2 ПК-3
7	Тема 7. Термодинамический анализ процессов в компрессорах	0,4	Классификация компрессоров и принцип действия. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатия.	ПК-2 ПК-3
8	Тема 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	0,4	Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в Pv - и TS -диаграммах.	ПК-2
9	Тема 9. Циклы паросило-вых установок.	0,4	Цикл Ренкина и его исследование. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла в PV , TS и HS диаграммах.	ПК-2
10	Тема 10. Циклы холодильных установок.	0,4	Классификация холодильных установок. Рабочие тела.	ПК-3

7. Содержание лабораторных занятий (если предусмотрено учебным планом)

Учебным планом предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Термодинамика» для студентов заочной формы обучения в объеме 2 часов.

Цель проведения лабораторных занятий – усвоение лекционного материала, а также выработка студентами умений, связанных с обработкой экспериментальных данных. Студенты выполняют одну из предлагаемых работ.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 5. Реальные газы.	2	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
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.		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.	ПК-2, ПК-3
3	Тема 5. Реальные газы.		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
4	Тема 5. Реальные газы.		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.

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Изучение теоретического (лекционного) материала в течение семестра	60	Проработка теоретического материала	ПК-2, ПК-3
2	Подготовка к защите лабораторных работ, оформление отчетов	10	Проработка теоретического материала, расчет лабораторных работ	ПК-2, ПК-3

	тов		торных работ	
3	Выполнение контрольной работы	22	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	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 балльно-рейтинговой системе.

При изучении дисциплины «Термодинамика» предусматривается выполнение трех контрольных точек: решение 1 контрольной работы, 1 тест, 1 лабораторная работа (по выбору преподавателя).

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

Оценочные средства	Кол-во	Минимально баллов	Максимально баллов
Лабораторная работа	1	16	26
Контрольная работа	1	14	18
Тест	1	30	56
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. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача [Учебники] : учеб. пособие для не-энергет. спец. вузов / В.В. Нащокин .— 4-е изд., стереотип. — М.: Аз-book, 2008 .— 470 с. : ил., табл.	987 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. 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, 2015 .— 60 с. : ил.	Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ http://ft.kstu.ru/ft/Kurbangaleev-tekhnicheskaya_terminodinamika_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. 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-terminodinamika.pdf Доступ с IP адресов КНИТУ
4. 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 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:

- комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов

2. Лабораторные работы:

- 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.
- лаборатория А-35 (компьютерный класс) оснащена 8 компьютерами,
- шаблоны расчетов и отчетов по лабораторным работам представлены в электронном виде,
- результаты расчетов оформляются на принтере.

13. Образовательные технологии

Интерактивная форма обучения по дисциплине предусмотрена в количестве 4 ч. Лекционные занятия могут проводиться при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.

При защите лабораторных работ интерактивной формой может являться дискуссия.