

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»  
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
Д.Ш. Султанова  
«07» июня 2021 г.

Рабочая программа дисциплины в виде электронного документа выгружена из информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу  
Простая электронная подпись, ID подписи: 1060  
Подписал Проректор по учебной работе Д.Ш. Султанова  
Дата 07.06.2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «**ТЕРМОДИНАМИКА**»

Специальность:	15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Специализация:	Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств
Квалификация выпускника:	Инженер
Форма обучения:	Очная
Институт:	Институт химического и нефтяного машиностроения
Факультет:	Механический факультет
Кафедра-разработчик:	Кафедра «Теоретических основ теплотехники»
Курс; семестр	2; 4

Вид нагрузки	Часы	Зачётные единицы
Лекция	18	0,5
Лабораторная работа	36	1
Контроль самостоятельной работы	36	1
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации: Дифференцированный зачет (4 сем)		
Всего	144	4

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 1343 от 28.10.2016) по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов для специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» на основании учебных планов набора обучающихся 2021 года.

Разработчик программы:

Профессор

Ф.Р. Габитов

---

## **СОГЛАСОВАНО**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Теоретических основ теплотехники», протокол от 21.05.2021 г. № 14.

Заведующий кафедрой *Согласовано* Ф.М. Гумеров

## **УТВЕРЖДЕНО**

Начальник центра УМЦ

*Утверждаю*

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 энергетических процессов;
- в). на базе термодинамики и теплопередачи с привлечением некоторых других фундаментальных дисциплин осуществляется расчет и проектирование всех тепловых двигателей - паровых и газовых турбин, реактивных и ракетных двигателей и двигателей внутреннего сгорания, а также всевозможного технологического оборудования, как-то: холодильных машин, сушильных, сжижительных, энерготехнологических и др. установок.

### **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Термодинамика» относится к вариативной части ООП и формирует у обучающихся по специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Термодинамика» обучающийся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Физика
2. Химия

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

1. Процессы и аппараты химической технологии

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

**ПК-12** способностью обеспечивать моделирование машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов

**ПК-15** способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию машин,

электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и производственных объектов, деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

**Знать:**

основные законы термодинамики по преобразованию теплоты и работы для правильного моделирования теплотехнологических процессов и теплоиспользующего оборудования; основы преобразования и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности для проведения расчетов и проектирования тепловых процессов и теплоиспользующего оборудования в соответствии с техническим заданием.

**Уметь:**

проводить анализ научных результатов исследований по преобразованию теплоты и работы, внедрения результатов в разработку эффективных теплоиспользующих процессов и оборудования;

проводить анализ функций законов термодинамики, решать основные задачи преобразования теплоты и работы, пользоваться термодинамическими справочными данными для моделирования технологических процессов и оборудования.

**Владеть:**

навыками моделирования теплоиспользующих процессов и оборудования и проведения экспериментов по заданным методикам;

навыками расчета и проектирования теплоиспользующих процессов и оборудования.

**4. Структура и содержание дисциплины**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации
			Лекция	Практические занятия	Лабораторные	КСР	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Основные понятия и определения термодинамики	4	1			2	4	Тест
2.	Первый закон термодинамики	4	1		18	4	4	Лабораторная работа
3.	Основные термодинамические процессы с идеальным газом	4	2			4	4	Контрольная работа
4.	Второй закон термодинамики	4	2			2	4	
5.	Реальные газы	4	2		18	8	12	Лабораторная работа
6.	Термодинамика потока. Истечение и дросселирование газов и паров	4	2			1	4	Тест
7.	Термодинамический анализ процессов в компрессорах	4	2			1	4	

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации	
			Лекция	Практические занятия	Лабораторные	КСР	СРС		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
8.	Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	4	2			5	8	Расчетно-графическая работа	
9.	Циклы паросиловых установок	4	2			5	8		
10.	Циклы холодильных установок	4	2			4	2	Тест	
	<b>Итого по семестру</b>	<b>4</b>	<b>18</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>Дифференцированный зачет</b>

### 5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	Основные понятия и определения термодинамики	1	Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние	ПК-12 ПК-15
2.	Первый закон термодинамики	1	Первый закон термодинамики. Теплота и работа как форма передачи энергии. Понятия о внутренней энергии и энтальпии	ПК-12 ПК-15
3.	Основные термодинамические процессы с идеальным газом	2	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатический процессы их анализ	ПК-12 ПК-15
4.	Второй закон термодинамики	2	Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин.	ПК-12 ПК-15
5.	Реальные газы	2	Свойства реальных газов. Опыт Эндрюса и уравнения состояния реальных газов. Способ определения коэффициента сжимаемости.	ПК-12 ПК-15
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 адиабатическом течении. Связь критической скорости истечения с местной скоростью распространения звука. Критическое отношение давлений.	ПК-12 ПК-15
7.	Термодинамический анализ процессов в компрессорах	2	Классификация компрессоров и принцип их действия. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатия.	ПК-12 ПК-15
8.	Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинных установок (ГТУ)	2	Принцип действия поршневых ДВС. Циклы с изохорным и изобарным подводом теплоты. Цикл со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов в PV, TS, HS диаграммах.	ПК-12 ПК-15
9.	Циклы паросиловых установок	2	Принципиальная схема паросиловой установки. Цикл Ренкина и его исследование. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина. Изображение цикла на PV, TS, HS диаграммах.	ПК-12 ПК-15
10.	Циклы холодильных установок	2	Классификация холодильных установок. Рабочие тела.	ПК-12 ПК-15

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
	<b>ВСЕГО</b>	<b>18</b>		

## 6. Содержание практических/семинарских занятий

Проведение практических/семинарских занятий не предусмотрено учебным планом

## 7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	6
1.	Первый закон термодинамики	18	Измерение теплоемкости воздуха	ПК-12 ПК-15
2.	Реальные газы	6	Исследование кривой насыщения водяного пара	ПК-12 ПК-15
3.		6	Исследование параметров влажного воздуха в процессах сушки	ПК-12 ПК-15
4.		6	Исследование рv-диаграммы углекислого газа. Опыт Эндрюса	ПК-12 ПК-15
	<b>ВСЕГО</b>	<b>36</b>		

## 8. Самостоятельная работа

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	Основные понятия и определения термодинамики	4	подготовка к тестированию	ПК-12 ПК-15
2.	Измерение теплоемкости воздуха	4	подготовка к лабораторной работе	ПК-12 ПК-15
3.	Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы	4	подготовка к контрольной работе	ПК-12 ПК-15
4.	Второй закон термодинамики	4	подготовка к контрольной работе	ПК-12 ПК-15
5.	Исследование кривой насыщения водяного пара	4	подготовка к лабораторной работе	ПК-12 ПК-15
6.	Исследование параметров влажного воздуха в процессах сушки	4	подготовка к лабораторной работе	ПК-12 ПК-15
7.	Исследование рv-диаграммы углекислого газа. Опыт Эндрюса.	4	подготовка к лабораторной работе	ПК-12 ПК-15
8.	Термодинамика потока	4	подготовка к тестированию	ПК-12 ПК-15
9.	Термодинамический анализ процессов в компрессорах	4	подготовка к тестированию	ПК-12 ПК-15
10.	Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом	8	выполнение расчетно-графической работы	ПК-12 ПК-15
11.	Термодинамический анализ цикла Ренкина	8	выполнение расчетно-графической работы	ПК-12 ПК-15
12.	Основы технической термодинамики	2	подготовка к тестированию	ПК-12 ПК-15
	<b>ВСЕГО</b>	<b>54</b>		

### 8.1. Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
-------	---	------	-----------	-------------------------

1	2	3	4	5
1.	Основные понятия и определения термодинамики	2	проверка тестирования	ПК-12 ПК-15
2.	Измерение теплоемкости воздуха	4	прием лабораторной работы	ПК-12 ПК-15
3.	Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный, политропный процессы	4	проверка контрольной работы	ПК-12 ПК-15
4.	Второй закон термодинамики	2	проверка контрольной работы	ПК-12 ПК-15
5.	Исследование кривой насыщения водяного пара	2	прием лабораторной работы	ПК-12 ПК-15
6.	Исследование параметров влажного воздуха в процессах сушки	3	прием лабораторной работы	ПК-12 ПК-15
7.	Исследование рv-диаграммы углекислого газа. Опыт Эндрюса	3	прием лабораторной работы	ПК-12 ПК-15
8.	Термодинамика потока	1	проверка тестирования	ПК-12 ПК-15
9.	Термодинамический анализ процессов в компрессорах	1	проверка тестирования	ПК-12 ПК-15
10.	Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом	5	проверка расчетно-графической работы	ПК-12 ПК-15
11.	Термодинамический анализ цикла Ренкина	5	проверка расчетно-графической работы	ПК-12 ПК-15
12.	Основы технической термодинамики	4	проверка тестирования	ПК-12 ПК-15
	<b>ВСЕГО</b>	36		

## 9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Термодинамика» используется рейтинговая система. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. За контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Оценочные средства	Кол-во	Мин.баллов	Макс.баллов
<b>4-й семестр</b>			
Лабораторная работа	4	32	52
Расчетно-графическая работа	2	16	26
Тест	1	9	17
Контрольная работа	1	3	5
<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 и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

## 11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

### 11.1. Основная литература

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

Основные источники информации	Количество экземпляров
Г.В.Белов, Техническая тармодинамика	<a href="https://urait.ru/bcode/451532">https://urait.ru/bcode/451532</a>

[Учебное пособие ] : Москва: Юрайт,, 2020	Режим доступа: по подписке КНИТУ
Д.Г. Амирханов, Р.Д. Амирханов, М.С. Курбангалеев, Техническая термодинамика [Учебное пособие ] : Казань: Изд-во КНИТУ, 2017	130 экз. УНИЦ КНИТУ УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Н.М. Цирельман, Техническая термодинамика [Учебное пособие ] : Санкт-Петербург: Лань, 2018	<a href="https://e.lanbook.com/book/107965">https://e.lanbook.com/book/107965</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
В.В. Нащекин, Техническая термодинамика и теплопередача [Учебное пособие ] : М.: Аз-book , 2008	987 экз. УНИЦ КНИТУ УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

### 11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк, Техническая термодинамика и теплопередача [Учебник] : Москва: Юрайт, 2020	<a href="https://urait.ru/bcode/457110">https://urait.ru/bcode/457110</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ
Д.Г. Нарышкин, Химическая термодинамика с Mathcad. Расчетные задачи [Учебное пособие ] : М: Изд. Центр РИОР; М: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М , 2016	<a href="http://znanium.com/go.php?id=503896">http://znanium.com/go.php?id=503896</a> Режим доступа: по подписке КНИТУ

### 11.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Термодинамика» предусмотрено использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»:Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Znanium.com»: Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. ЭБС Университетская библиотека онлайн: Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. ЭБС IPRbooks: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
7. ЭБС BOOK.ru : Режим доступа: <https://www.book.ru/>
8. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

**УНИЦ**  
*Согласовано*

### 11.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Базы данных:

Scopus Доступ свободный: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)

Web of Science Доступ свободный: [apps.webofknowledge.com](http://apps.webofknowledge.com)

Информационные справочные системы:

Справочно-правовая система «ГАРАНТ» Доступ свободный: [www.garant.ru](http://www.garant.ru)

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» Доступ свободный: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)

## 12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Термодинамика»:

Офисные и деловые программы: ABBYY FineReader 9.0 проф;  
Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian;  
Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian;  
Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standard  
Архиватор 7 Zip  
Блокнот Notepad  
Яндекс Браузер

PTC Mathcad Education University Edition  
Mathematica Professional Version Educational  
САПР Аскон Компас 3D v14  
Gaussian G09W Full Version  
MATLAB Academic (в комплекте с Simulink Academic)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены оборудованием:

1. Лекционные занятия:

а. комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов;

2. Лабораторные работы:

а. 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" ;

б. шаблоны расчетов и отчетов по лабораторным работам представлены в электронном виде;

в. результаты расчетов оформляются на принтере.

3. Помещение для самостоятельной работы оснащено компьютерной техникой:

а) лаборатория А-35 (Компьютерный класс) оснащен 10 компьютерами, с возможностью подключения в сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.

### **13. Образовательные технологии**

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Термодинамика» составляет 10 ч.

В процессе освоения дисциплины «Термодинамика» используются следующие образовательные технологии:

- работа в малых группах;
- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция – дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция с заранее запланированными ошибками, лекция- пресс-конференция, мини-лекция);
- разработка проекта (метод проектов);
- системы дистанционного обучения.