

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора

по научно-педагогической работе

А.Б. Бирюков

(подпись)

«04»

06

20 19 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б18      Термодинамика**

(кол и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Специальность: 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии  
Специализация: Технология бурения нефтяных и газовых скважин  
Программа: Специалитет  
Форма обучения: Очная, заочная

Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр(ы)	4	6
Общая трудоёмкость в ЗЕТ (часах)	2,0/72	2,0/72
Контактная работа (час.)		
Лекции (час.)	17	4
Практические (семинарские) занятия (час.)	17	2
Лабораторные работы (час.)	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе	38	66
Курсовой проект (работа) (семестр/час.)	-	-
Индивидуальное задание (кол./час.)	-	1
Контроль (экзамен, час./зачёт)	зачет	зачет

Донецк, 2019 г.


Рабочая программа дисциплины «Термодинамика» составлена в соответствии с учебным планом по специальности 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии (Технология бурения нефтяных и газовых скважин) для 2019 года приёма.

Рабочая программа действительна для обучающихся 2018, 2017 годов приёма.

Составитель: Лебедев Александр Николаевич, к.т.н., доц., доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика».


Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика».

Протокол от « 28 » март 2019 года № 8

Заведующий кафедрой  С. М. Сафьянц  
(подпись)


Рабочая программа **согласована** с выпускающей кафедрой технологии и техники бурения скважин.

Протокол от « 30 » 05 2019 года № 8

Заведующий кафедрой  А. А. Каракозов  
(подпись)

Рабочая программа **одобрена** учебно-методической комиссией ДонНТУ по специальности 21.05.06 Нефтегазовые техника и технологии.

Протокол от « 30 » 05 2019 года № 5


Председатель  А. А. Каракозов  
(подпись)

Рабочая программа **продлена** для 2020 года приёма на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика».

Протокол от « 03 » апрель 2020 года № 7

Заведующий кафедрой  С. М. Сафьянц  
(подпись)

**Согласовано** с выпускающей кафедрой технологии и техники бурения скважин.

Заведующий кафедрой  А. А. Каракозов  
(подпись)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика».

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

**Согласовано** с выпускающей кафедрой технологии и техники бурения скважин.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

# 1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы: закономерности превращения теплоты в работу, термодинамические свойства тел, с помощью которых это превращение осуществляется, установление взаимосвязи между тепловыми, механическими и химическими процессами, которые совершаются в тепловых машинах.

Цель преподавания дисциплины:

- получение студентами знаний по теоретическим основам классической термодинамики, необходимых для изучения последующих специальных дисциплин, грамотной инженерной оценки тепловых явлений в системах и агрегатах;
- приобретение знаний и умений термодинамического исследования процессов и циклов тепловых и холодильных машин.

Задачей изучения дисциплины является формирование у студентов:

- методологического подхода к оценке термодинамических процессов;
- формирование навыков проведения термодинамического эксперимента;
- усвоение методики решения инженерных задач, в том числе самостоятельной работы.

Программа изучения дисциплины должна обеспечить приобретение знаний, умений и навыков в соответствии с государственным образовательным стандартом.

Дисциплина рассматривает вопросы: закономерности превращения теплоты в работу, термодинамические свойства тел, с помощью которых это превращение осуществляется, установление взаимосвязи между тепловыми, механическими и химическими процессами, которые совершаются в тепловых машинах.

Целью дисциплины является: Изучение основных законов термодинамики и их применение для расчета и анализа термодинамических циклов тепловых установок.

В результате освоения дисциплины студент должен

**знать:**

- фундаментальные законы технической термодинамики, являющихся основой функционирования тепловых машин;
- рабочие процессы, протекающие в тепловых машинах;
- термодинамические свойства рабочих тел и теплоносителей;
- 1, 2 и 3-й законы технической термодинамики, виды теплопередачи, основные закономерности процессов и циклов теплоэнергетических установок и ДВС.

**уметь:**

- определять термодинамические свойства тел и теплоносителей,
- выбирать законы и закономерности для расчета и анализа процесса в теплоэнергетических установках и ДВС.,
- использовать уравнения и справочные базы данных для определения термодинамических свойств рабочих тел.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующей компетенции

- способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1).

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к базовой части учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: Философии, Иностранного языка, Высшей математики, Физики, Гидрогеологии и инженерной геологии, Информатики, Химии, Прикладной механики, Минералогии и петрографии, Теоретической Механики, Электротехники.

Учебная дисциплина «Термодинамика» является предшествующей для ряда учебных дисциплин и на основе знаний, умений и компетенций, приобретенных студентом в процессе ее освоения формируются соответствующие знания, умения и компетенции для последующих учебных дисциплин, для которых учебная дисциплина «Термодинамика» является предшествующей.

## 3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная / заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СР
Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики. Термические и калорические параметры состояния. Уравнения состояния идеальных и реальных газов.	10/14	4/2	2/0	0/0	4/12
Тема 2. Уравнение сохранения и превращения энергии, 2-й закон термодинамики. Цикл Карно и его значение для анализа циклов тепловых и холодильных установок.	8/12	2/0	0/0	0/0	6/12
Тема 3. Термодинамика идеального газа, основные термодинамические процессы.	12/14	3/2	3/2	0/0	6/10
Тема 5. Анализ термодинамических циклов тепловых машин и нагнетателей (компрессоров, ДВС, ГТУ), схемы установок, определение к.п.д. и методы повышения эффективности.	36/18	6/0	12/0	0/0	18/18
Тема 6. Анализ термодинамических циклов холодильных установок	6/14	2/0	0/0	0/0	4/14
Индивидуальное задание	0/9	-	-	-	0/9
Подготовка к экзамену	36/18				
Итого по видам занятий	72/72	17/4	17/2	-	38/66



## Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
УК-1	Темы 1–6

### 3.2 Лекции

Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики. Термические и калорические параметры состояния. Уравнения состояния идеальных и реальных газов.

Содержание темы 1:

Термодинамическая система и окружающая среда. Изолированная и неизолированная термодинамические системы. Параметры состояния. Термические параметры состояния (абсолютное давление, удельный объем, температура), их физический смысл. Идеальный и реальный газ. Уравнение состояния идеального и реального газа, принципиальные различия. Термодинамические свойства реальных веществ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Универсальная газовая постоянная. Удельная газовая постоянная, ее физический смысл. Термодинамический процесс как переход термодинамической системы из одного состояния в другое. Калорические параметры состояния (внутренняя энергия, энтальпия, энтропия), их физический смысл. Внутренняя энергия и энтальпия как функции состояния термодинамической системы (рабочего тела).

Литература к теме 1: [1,2,3,4]

Тема 2. Уравнение сохранения и превращения энергии, 2-й закон термодинамики. Цикл Карно и его значение для анализа циклов тепловых и холодильных установок.

Содержание темы 2:

Закон сохранения и превращения энергии. Первый закон термодинамики. Различные аналитические выражения первого закона термодинамики. Второй закон термодинамики и его формулировки. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых процессов.

Литература к теме 3: [1,2,3,4]

Тема 3. Термодинамика идеального газа, основные термодинамические процессы.

Содержание темы 3:

Анализ уравнения состояния идеального газа для различных термодинамических процессов. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы идеального газа. Политропные процессы, их анализ и обобщающее значение. Определение основных характеристик процессов (основных параметров состояния, теплоты, работы, изменения энтропии).

Литература к теме 4: [1,2,3,4]

Тема 4. Анализ термодинамических циклов тепловых машин и нагнетателей (компрессоров, ДВС, ГТУ), схемы установок, определение к.п.д. и методы повышения эффективности

Содержание темы 4:

Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Индикаторная диаграмма и идеальный цикл ДВС. Цикл с изохорным подводом теплоты (цикл Отто). Цикл с изобарным подводом теплоты (цикл Дизеля). Цикл со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера). Циклы газотурбинных установок (ГТУ).

Принципиальная схема и цикл ГТУ с изобарным и изохорным подводом теплоты и адиабатным сжатием воздуха в компрессоре. Термический к.п.д. цикла, влияние параметров циклов на эффективность. Циклы компрессоров. Одноступенчатое и многоступенчатое сжатие. Принцип действия компрессоров. Определение технической работы. Процессы сжатия (виды, определение работы и количества отведенного тепла). Многоступенчатые компрессоры. Рациональное распределение давлений между ступенями.

Литература к теме 4: [1,2,3,4]

Тема 5. Анализ термодинамических циклов холодильных установок.

Содержание темы 5:

Циклы холодильных установок (ХУ). Идеальный цикл воздушной и парокомпрессионной ХУ в координатах  $p-v$ ,  $T-s$  и  $h-s$ .

Литература к теме 5: [1,2,3,4]

### 3.3. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. (очная / заочная)	Литература
1	Уравнение состояния идеального газа. Определение параметров.	2/0	1,2,3
2	Процессы идеального газа.	3/2	1,2,3
3	Расчет процессов в компрессорах.	4/0	1,2,3
4	Расчет циклов ДВС.	4/0	1,2,3
5	Расчет циклов ГТУ.	4/0	1,2,3
Итого:		17/2	

### 3.4. Лабораторные работы

Учебным планом лабораторные работы не предусмотрены.

### 3.5. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	25/36
2	Подготовка к практическим занятиям	13/30
3	Выполнение индивидуального задания	0/9
Итого:		40/120

### **3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное занятие**

Выполнение **курсового проекта (работы)** учебным планом не предусматривается.

Выполнение **индивидуального задания** студентами очной формы обучения не планируется.

Для студентов заочной формы обучения предусмотрено выполнение контрольной работы по форме индивидуального задания.

Тематика задания связана с углубленным изучением вопроса, имеющего отношение к содержанию дисциплины. Требования к выполнению предполагают изложение материала в соответствии с согласованным с преподавателем планом. При этом глубина рассмотрения вопроса должна превышать изложение материала в рекомендуемой по дисциплине основной литературе. Студент должен использовать дополнительную литературу, а также информацию из современных научных периодических изданий.

Рекомендуемый объем индивидуального задания – 10-12 страниц машинописного текста на листах формата А4.

## **4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций**

*Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

*Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;

- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой производственный опыт.

#### *Составляющая компетенции – владение навыками*

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;



- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

## **4.2 Вопросы контроля усвоения дисциплины**

Термодинамическая система и окружающая среда.

Изолированная и неизолированная термодинамические системы.

Параметры состояния.

Термические параметры состояния (абсолютное давление, удельный объем, температура), их физический смысл.

Идеальный и реальный газ Уравнение состояния идеального и реального газа, принципиальные различия.

Термодинамические свойства реальных веществ.

Уравнение Ван-дер-Ваальса.

Универсальная газовая постоянная.

Удельная газовая постоянная, ее физический смысл.

Термодинамический процесс как переход термодинамической системы из одного состояния в другое.

Калорические параметры состояния (внутренняя энергия, энтальпия, энтропия), их физический смысл.

Внутренняя энергия и энтальпия как функции состояния термодинамической системы (рабочего тела).

Уравнение сохранения и превращения энергии, 2-й закон термодинамики.

Цикл Карно и его значение для анализа циклов тепловых и холодильных установок.

Закон сохранения и превращения энергии.

Первый закон термодинамики.

Различные аналитические выражения первого закона термодинамики.

Второй закон термодинамики и его формулировки.

Аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых процессов.

Анализ уравнения состояния идеального газа для различных термодинамических процессов.

Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы идеального газа.

Политропные процессы, их анализ и обобщающее значение.

Определение основных характеристик процессов (основных параметров состояния, теплоты, работы, изменения энтропии).

Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

Индикаторная диаграмма и идеальный цикл ДВС.

Цикл с изохорным подводом теплоты (цикл Отто).

Цикл с изобарным подводом теплоты (цикл Дизеля).

Цикл со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера).

Циклы газотурбинных установок (ГТУ).

Принципиальная схема и цикл ГТУ с изобарным и изохорным подводом теплоты и адиабатным сжатием воздуха в компрессоре.

Термический к.п.д. цикла, влияние параметров циклов на эффективность.  
Циклы компрессоров.  
Одноступенчатое и многоступенчатое сжатие.  
Принцип действия компрессоров.  
Определение технической работы.  
Процессы сжатия (виды, определение работы и количества отведенного тепла).  
Многоступенчатые компрессоры.  
Рациональное распределение давлений между ступенями.

### 4.3 Критерии оценивания

Средствами оценивания являются:

- выполнение заданий по практическим занятиям;
- контрольные опросы на практических занятиях;
- выполнение индивидуального задания (для заочной формы).

Итоговая оценка по 100-балльной шкале определяется суммой баллов за:

- выполнение практического задания «10 баллов»;
- контрольный опрос «1 балл»;
- контрольный опрос по восьмой теме практических занятий «3 балла».
- выполнение и защита индивидуального задания «89 баллов» (для заочной формы): 60 баллов – за содержание работы; 19 баллов – защита работы; 10 баллов – оформление работы.

Выполнение всех заданий, предусмотренных рабочей программой дисциплины является обязательным.

Перевод оценки из 100-балльной шкалы в государственную и ECTS осуществляется в соответствии со шкалой, приведенной в «Положении об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете».

## 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### Основная:

1. **Ляшков В.И.** Теоретические основы теплотехники I [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. И. Ляшков ; В.И. Ляшков. - 2-е изд., испр. и доп. - 59 Мб. - Москва : КНОРУС, 2015. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader.

URL: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9635.pdf>

2. **Червенчук В.Д.** Термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : учебное пособие / Червенчук Владимир Дмитриевич, А. . Иванов ; В.Д. Червенчук, А.Л. Иванов ; ФГБОУ ВО "СиБАДИ". - 28 Мб. - Омск : СиБАДИ, 2016. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. URL:

<http://ed.donntu.org/books/20/cd9839.pdf>

### Дополнительная:

3. **Теплотехника [Электронный ресурс]** : учебник для вузов / А. Александров [и др.] ; А.А. Александров, А.М. Архаров, В.Н. Афанасьев и др. ; под общ. ред. А.М. Архарова, В.Н. Афанасьева. - 5-е изд. - 84 Мб. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. - 1 файл. - (Техническая физика и энергомашиностроение). - Систем, требования: Acrobat Reader. URL: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9837.pdf>
4. Кириллин В.А. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : учебник для вузов / Кириллин Владимир Алексеевич, В. 8. Сычев, А. Е. Шейндлин ; В.А. Кириллин, В. Сычев, А.Е. Шейндлин. - 4 Мб Москва : МЭИ, 2016. - 1 файл. - Систем, требования: Acrobat Reader. URL: <http://ed.donntu.org/books/20/cd9840.pdf>

## **6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:**

5. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Термодинамика» [Электронный ресурс]: для обучающихся очной формы обучения по специальностям 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии/ ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. технол. и техники бурения скважин; сост. А. Н. Лебедев. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк: ДОННТУ, 2017 (доступ через личный кабинет студента).
6. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Термодинамика» [Электронный ресурс]: для обучающихся очной формы обучения по специальностям 21.05.06 Нефтегазовая техника и технологии/ ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. технол. и техники бурения скважин; сост. А. Н. Лебедев. – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк: ДОННТУ, 2017 (доступ через личный кабинет студента).

### **Электронно-информационные ресурсы**

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.org/library>

## **7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Учебная аудитория №3.212, учебный корпус 3, для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Мультимедийное оборудование: ноутбук (операционная система Microsoft Windows XP, Libreoffice 5.3.4), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, парты, демонстрационные стенды и плакаты.
2. Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2, 3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с

персональных мобильных устройств. ОС - Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.

Составитель рабочей программы:  Лебедев А.Н.