

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого

\_\_\_\_\_ О.Д. Асенчик

«28» 06. 2019

Регистрационный № УД-52-38/уч.

## ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОУСТАНОВКИ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

1– 51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования первой ступени ОСВО 1–51 02 02-2016; учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1–51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», регистрационный номер I 51-1-04/уч. от 11.02.2016, I 51-1-29/уч. от 17.02.2016.

#### СОСТАВИТЕЛЬ:

Т.Н. Никулина, старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Ю.Н. Колесник, доцент кафедры «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;

А.И. Матюнин, заместитель начальника сельмашевского района тепловых сетей филиала «Гомельские тепловые сети» РУП «Гомельэнерго».

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и экология» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» УД-УП-2-0087

(протокол № 21 от 30.04.2019);

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 10 от 25.06.2019);

Научно-методическим советом машиностроительного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 6 от 24.06.2019);

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 5 от 06.06.2019); УДз-108-20у

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 6 26.06.2019).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

Дисциплина «Термодинамика и теплоустановки» изучает методы получения, преобразования, передачи и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых машин, аппаратов и устройств.

Непрерывный рост производства связан с применением прогрессивных норм расхода теплоты и более полной утилизации вторичных топливно-энергетических ресурсов.

Целью преподавания данной дисциплины является подготовка инженеров, владеющих навыками эксплуатации современного теплового оборудования, максимальной экономии топлива и материалов, интенсификации и оптимизации современных энерготехнологических процессов.

Задачи изучения дисциплины: освоение технической термодинамики; термодинамических процессов газов и паров; законов теории теплообмена; топливо- и теплоиспользующих машин и установок.

### Связи с другими учебными дисциплинами

Дисциплина «Термодинамика и теплоустановки» базируется на материалах следующих дисциплин: «Высшая математика», «Физика», «Гидрогазодинамика», «Нагнетатели и тепловые двигатели», «Тепломассообмен».

Приобретенные навыки могут быть использованы при изучении таких дисциплин как «Экология энергетики» и «Основы энергосбережения».

Требования к знаниям и умениям студентов после изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Термодинамика и теплоустановки» студент должен

знать:

- основные понятия и определения технической термодинамики;
- основные законы технической термодинамики, вопросы взаимопревращения теплоты и работы;
- термодинамические процессы идеальных газов, реальных газов и паров;
- особенности термодинамического анализа процессов и циклов в различных тепловых машинах;
- основные понятия, определения и законы теории теплообмена;
- топливо- и теплоиспользующие машины и установки;

уметь:

- производить расчет циклов энергетических установок и теплоподготовительного оборудования;

- эксплуатировать, проектировать и конструировать теплообменные аппараты, системы теплоснабжения, выполнять все необходимые расчеты;
- осуществлять рациональное использование промышленного оборудования, оценивать его режимы работы.

владеть:

- методами анализа основных процессов циклов энергетических установок и теплоподготовительного оборудования;
- методами расчёта основного и вспомогательного энергетического оборудования.

#### Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста

Данная дисциплина формирует у студента знания и умения работы с энергетическим оборудованием, которые необходимы при работе на должности инженера.

#### Требования к академическим компетенциям специалиста

Специалист должен:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

#### Требования к социально - личностным компетенциям специалиста

Специалист должен:

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

#### Требования к профессиональным компетенциям специалиста

Специалист должен быть способен:

*Производственно–технологическая, ремонтно–эксплуатационная и монтажно-наладочная деятельность*

- ПК-3. Выявлять причины изменения технологического процесса разработки нефтяных и газовых месторождений, разрабатывать предложения по их предупреждению.
- ПК-7. Профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы.
- ПК-13. Проводить монтаж, наладку, испытания оборудования, в том числе устройств автоматики.

### *Проектная и научно-исследовательская деятельность*

-ПК-15. Разрабатывать технические задания на проектируемый объект, уметь выбирать структуру и элементарную базу, рассчитывать и анализировать режимы работы, как отдельных узлов так и изделия в целом.

### *Организационно-управленческая деятельность*

-ПК-19. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

-ПК-20. Анализировать и оценивать собранные данные.

-ПК-23. Владеть современными средствами инфокоммуникаций, методами, способами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией.

Общее количество часов, количество аудиторных часов,  
трудоемкость учебной дисциплины

Всего часов по учебной дисциплине «Термодинамика и теплоустановки» составляет 138. Аудиторных часов по дневной форме получения образования - 68, по заочной – 14 часов. Трудоемкость учебной дисциплины – 3 зачётные единицы.

Форма получения высшего образования - дневная, заочная.

### Распределение аудиторного времени по видам занятий

Специальность, форма получения образования	Курс	Се- местр	Количество аудиторного времени, часов				
			Лекции	Практ.	Лабор.	Ауд.	Зач. ед.
1– 51 02 02 «Разработка нефтяных и газовых месторождений» (дневная форма)	2	3,4	34	18	16	68	3
1– 51 02 02 «Разработка нефтяных и газовых месторождений» (заочная форма)	2, 3	4, 5	6	4	4	14	3

Специальность, форма получения образования	Формы текущей аттестации, семестр			
	Экз.	Зачет	Тест	Курсовой проект (работа)
1– 51 02 02 «Разработка нефтяных и газовых месторождений» (дневная форма)	3	-	-	4
1– 51 02 02 «Разработка нефтяных и газовых месторождений» (заочная форма)	5	-	5	5

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### *Тема 1. Техническая термодинамика*

Общие сведения, термодинамический метод. Энергия, формы обмена энергией. Термодинамическая система. Параметры состояния и уравнения состояния термодинамической системы. Уравнения состояния идеального и реального газа. Термодинамические процессы. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Теплота и работа как формы обмена энергией. Теплоемкость газов и смесей. Второй закон термодинамики. Энтропия,  $t$ - $s$ -диаграмма. Круговые процессы, цикл Карно. Анализ основных термодинамических процессов в идеальных газах. Термодинамические процессы в реальных газах и парах.

### *Тема 2. Теплообмен*

Общие сведения. Температурное поле, количественные характеристики температурного поля. Виды элементарного переноса теплоты. Теплопроводность, закон Фурье. Конвективный теплообмен и конвективная теплоотдача, закон Ньютона. Теплопередача, общий вид уравнения теплопередачи. Лучистый теплообмен, закон Стефана-Больцмана, экраны. Теплопроводность плоской и цилиндрической однослойной и многослойной стенки. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойную стенку. Теория подобия. Константы, числа, уравнения подобия. Критериальные уравнения для теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции. Сложный теплообмен (радиационно-конвективный). Способы регулирования интенсивности теплоотдачи.

### *Тема 3. Теплообменные аппараты*

Классификация. Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов, общие сведения. Проектный тепловой, гидравлический, компоновочный и поверочный расчет рекуператоров.

### *Тема 4. Принцип действия и устройство паровых газовых турбин*

Активные одноступенчатые и многоступенчатые турбины, ступени давления и ступени скорости. Реактивные одноступенчатые и многоступенчатые турбины, степень реактивности. Мощность и КПД турбин. Регулируемые и нерегулируемые отборы турбин. Классификация турбин.

### *Тема 5. Системы теплоэнергоснабжения*

Виды теплового потребления. Системы пароснабжения. Схемы сбора конденсата. Системы централизованного теплоснабжения (водяные системы). Схемы присоединения абонентских установок. Отопление. Расход теплоты на отопление. Вентиляция. Расход теплоты на вентиляцию. Горячее водоснабжение. Расход теплоты на горячее водоснабжение. Гидравлический расчет тепло-

вых сетей. Регулирование тепловых нагрузок при централизованном теплоснабжении. Графики температур.

#### *Тема 6. Паросиловые установки (ПСУ)*

Циклы ПСУ Карно и Ренкина. Работа и термический КПД. Циклы ПСУ с применением перегретого пара и с промежуточным перегревом пара. Термический КПД, удельные расходы пара и тепла. Действительные циклы ПСУ. Регенеративные циклы ПСУ.

#### *Тема 7. Холодильные машины*

Циклы холодильных машин. Холодильный коэффициент. Конструкция пароконденсационных холодильных машин.

#### *Тема 8. Котельные установки*

Классификация. Общая схема и описание работы парового котла. Схемы циркуляции воды в котельном агрегате. Виды энергетических топлив, их состав и основные характеристики. Высшая и низшая теплоты сгорания, условное топливо, приведенные характеристики топлива. Определение количества воздуха, необходимого для горения топлива. Определение объема продуктов сгорания топлива. Уравнение теплового баланса котельного агрегата.

#### *Тема 9. Тепловые схемы ТЭС и ТЭЦ*

Основное и вспомогательное оборудование. Водоподготовка на ТЭЦ и ТЭС. Схемы тепловых сетей. Оборудование тепловых сетей и тепловых пунктов, способы прокладки тепловых сетей.

### ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсовой работы по учебной дисциплине «Термодинамика и теплоустановки» является закрепление знаний по основным разделам дисциплины и приобретение студентами навыков теплового, гидравлического и компоновочного расчета рекуперативных теплообменников.

Курсовая работа выполняется по теме «Расчет теплообменных аппаратов» и состоит из расчетной части (до 30 страниц текста) и графической части (2 листа формата А1, А4).

Исходные данные для выполнения студенту выдает преподаватель.

На выполнение курсовой работы студентам специальности 1-51 02 02 «Разработка нефтяных и газовых месторождений» в планах выделено 48 часов, трудоемкость – 1 зачетная единица.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**1– 51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»**  
**(Дневная форма получения образования)**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Техническая термодинамика	4	2		4			экзамен
2	Тема 2. Теплообмен	6	2		4			экзамен
3	Тема 3. Теплообменные аппараты	8	6		4			экзамен
4	Тема 4. Принцип действия и устройство паровых и газовых турбин	2	4					экзамен
5	Тема 5. Системы теплоэнергоснабжения	2						экзамен
6	Тема 6. Паросиловые установки (ПСУ)	2						экзамен
7	Тема 7. Холодильные машины	2	2		2			экзамен
8	Тема 8. Котельные установки	6	2		2			экзамен
9	Тема 9. Тепловые схемы ТЭС и ТЭЦ	2						экзамен
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>18</b>		<b>16</b>			



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**1– 51 02 02 «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»**  
**(Заочная форма получения образования)**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тема 1. Техническая термодинамика	0,5			2			экзамен
2	Тема 2. Теплообмен	0,5	2					экзамен
3	Тема 3. Теплообменные аппараты	1	2		1			экзамен
4	Тема 4. Принцип действия и устройство паровых и газовых турбин	0,5						экзамен
5	Тема 5. Системы теплоэнергоснабжения	0,5						экзамен
6	Тема 6. Паросиловые установки (ПСУ)	1						экзамен
7	Тема 7. Холодильные машины	0,5			1			экзамен
8	Тема 8. Котельные установки	1						экзамен
9	Тема 9. Тепловые схемы ТЭС и ТЭЦ	0,5						экзамен
	<b>ВСЕГО</b>	<b>6</b>	<b>4</b>		<b>4</b>			

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Основная литература

1. Базаров, И.П. Термодинамика/ И.П. Базаров. – СПб: Изд-во «Лань», 2010. – 384 с.
2. Голубков, Б.Н. Теплотехническое оборудование и теплоснабжение промышленных предприятий / Б.Н.Голубков – М.: Энергия, 2009 – 544с.
3. Луканин, В.Н. Теплотехника: учебник для вузов / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. – М.: Высшая школа, 2000. – 671 с .
4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. - 2-е изд. - Москва: Энергоатомиздат, 1991. - 586 с.
5. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов. - 7-е изд., стер. - Москва: МЭИ, 2001. – 472 с.
6. Техническая термодинамика: учебник для машиностр. спец. вузов / В. И. Крутов [и др.]; под ред. В. И. Крутова. - 3-е изд. - Москва: Высшая школа, 1991. - 382 с.
7. Техническая термодинамика и теплопередача / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк – М.: Изд-во «Юрайт», 2013. – 566 с.

## Дополнительная литература

8. Михеев, М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. - 3-е изд. - Москва: БАСТЕТ, 2010. - 342, [1] с.
9. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для неэнергет. спец. вузов / В. В. Нащокин. - 3-е изд. - Москва: Высшая школа, 1980. - 469 с.
10. Соловьев, Ю.П. Вспомогательное оборудование ТЭЦ, центральных котельных и его автоматизация / Ю.П. Соловьев – М.: Энергия, 2008 – 318 с.
11. Теплотехника: учебник для вузов / А. М. Архаров [и др.]; под ред. В. И. Крутова. - Москва: Машиностроение, 1986. - 426 с.
12. Теплотехника: учебное пособие для нетеплоэнергетич. спец. вузов / под ред. Г. А. Матвеева. - Москва: Высшая школа, 1981. – 480 с.
13. Юркинский, В. П. Теплотехника. Тепломассоперенос: учеб. пособие для вузов / В.П. Юркинский, И.Б.Сладков, В.А. Зайцев. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2007. - 293 с.

## Электронные учебно-методические комплексы

1. Шаповалов, А. В. Термодинамика и теплоустановки: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / А. В. Шаповалов, Т. С. Наумова; кафедра "Промышленная теплоэнергетика и экология". - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2012. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск.- Режим доступа:elib.gstu.by

Примерный перечень тем практических занятий:

1. Теплотехнические измерения. Параметры состояния.
2. Расчет продуктов сгорания заданного вида топлива.
3. Расчет процессов тепломассообмена в жидких, твердых и газообразных средах.
4. Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов.
5. Построение процессов расширения пара в проточной части турбины (на  $h-s$ -диаграмме).
6. Построение циклов тепловых двигателей и компрессоров.
7. Построение циклов ПКХМ.
8. Расчет тарельчатой ректификационной колонны.
9. Термодинамические процессы идеальных газов. Расчет параметров состояния и энергетических характеристик процессов.

Примерный перечень лабораторных работ:

1. Методы измерения теплотехнических параметров.
2. Определение зависимости температуры насыщенного пара от давления.
3. Определение производительности, мощности и КПД вентилятора.
4. Изучение конструкции поршневого компрессора. Построение и анализ цикла
5. Определение коэффициента теплопередачи, теплоотдачи или теплопроводности
6. Исследование процессов идеальных газов
7. Теплообменник типа «труба в трубе»
8. Исследование цикла холодильной машины
9. Определение основных характеристик теплового насоса
10. Определение изобарной теплоемкости газов

Примерный перечень вопросов к экзамену (тестированию):

1. Техническая термодинамика, общие сведения, термодинамический метод.
2. Энергия, формы обмена энергией.
3. Термодинамическая система.
4. Параметры состояния и уравнения состояния термодинамической системы.
5. Уравнения состояния идеального и реального газов.
6. Термодинамические процессы.
7. Внутренняя энергия.
8. Первый закон термодинамики.
9. Теплота и работа как формы обмена энергией.
10. Теплоемкость газов и смесей.
11. Энтропия.
12. Второй закон термодинамики.

13. Круговые процессы, цикл Карно.
14. Термодинамические процессы в реальных газах и парах.
15. Теплообмен, общие сведения.
16. Виды элементарного переноса теплоты.
17. Температурное поле.
18. Теплопроводность, закон Фурье.
19. Конвективный теплообмен.
20. Лучистый теплообмен.
21. Закон Стефана-Больцмана.
22. Теплопроводность плоской и цилиндрической однослойной и многослойной стенки.
23. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойную стенку.
24. Константы, числа, уравнения подобия.
25. Критериальные уравнения для теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции.
26. Сложный теплообмен (радиационно-конвективный).
27. Способы регулирования интенсивности теплоотдачи.
28. Теплообменные аппараты, классификация.
29. Тепловой, гидравлический, компоновочный и поверочный расчет теплообменных аппаратов.
30. Системы теплоэнергоснабжения.
31. Виды теплового потребления.
32. Системы пароснабжения.
33. Схемы сбора конденсата.
34. Системы централизованного теплоснабжения (водяные системы).
35. Схемы присоединения абонентских установок.
36. Отопление. Расход тепла на отопление.
37. Вентиляция. Расход теплоты на вентиляцию.
38. Горячее водоснабжение. Расход теплоты на горячее водоснабжение.
39. Гидравлический расчет тепловых сетей.
40. Регулирование тепловых нагрузок при централизованном теплоснабжении. Графики температур.
41. Принцип действия паровых и газовых турбин.
42. Активные и реактивные турбины. Степень реактивности.
43. Паросиловые установки (ПСУ). Циклы ПСУ. Работа и термический КПД.
44. Регенеративный цикл ТЭЦ.
45. Холодильные машины, циклы холодильных машин. Холодильный коэффициент. Конструкции холодильных машин.
46. Парожидкостные компрессионные холодильные машины.
47. Абсорбционные холодильные машины.
48. Пароэжекторная холодильная установка.
49. Схемы тепловых сетей.
50. Оборудование тепловых сетей и тепловых пунктов.
51. Устройство элеватора, коэффициент смешения.

52. Опоры и компенсаторы.
53. Тепловые схемы ТЭЦ. Основное оборудование ТЭЦ. Теплофикационные подогреватели и пиковые водогрейные котлы.
54. Котельные установки, классификация. Котлы, их конструкция. Схемы циркуляции воды в котельном агрегате.
55. Общая схема и описание работы парового котла.
56. Виды энергетических топлив, их состав и основные характеристики.
57. Высшая и низшая теплота сгорания, условное топливо, приведенные характеристики топлива.
58. Определение количества воздуха, необходимого для горения топлива.
59. Определение объема продуктов сгорания топлива.
60. Уравнение теплового баланса котельного агрегата.
61. Водный режим парового котла.

Для оценки приобретенных студентом знаний используется следующий диагностический инструментарий:

- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- защита выполненных лабораторных работ;
- сдача экзамена;
- защита курсовой работы.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1	2	3	4
Оборудование для добычи нефти и газа	«Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»		

Заведующий кафедрой  
к.т.н., доцент

А.В.Шаповалов