

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

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

УО «ГГТУ им. П.О. Сухого»

\_\_\_\_\_ О.Д. Асенчик

(подпись)

«28» 06.2019

(дата утверждения)

Регистрационный № УД-52-37уч.

## ТОПЛИВО И ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1– 43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

2019 г.

Учебная программа составлена на основе:  
образовательного стандарта ОСВО 1-43 01 05-2013; учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» специализации 1-43 01 05 02 «Теплоэнергетические установки и системы теплоснабжения»: № I 43-1-12/уч. от 21.05.2018, № I 43-1-14/уч. от 21.05.2018, № I 43-1-35/уч. от 17.02.2016.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

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

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.О. Добродей, заведующий кафедрой «Электроснабжение» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;  
Г.И. Стрельский, начальник Западного 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» (протокол № 22 от 30.05.2019) УД-УП-2-0084

Научно-методическим советом энергетического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 9 от 28.05.2019)

Научно-методическим советом заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 06.06.2019) УДЗ-103-20у

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 26.06.2019)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью изучения дисциплины является подготовка специалиста в области методов сжигания топлива, знакомство с современными методами сжигания различных видов топлив с наибольшей эффективностью, получение знаний, необходимых для усвоения специальных и профилирующих дисциплин, комплексного решения задач сжигания топлива и теплового воздействия на технологический продукт или рабочее тело в топливосжигающей установке.

Непосредственной задачей изучения дисциплины является приобретение навыков и умений, позволяющих

- обоснованно выбрать то или иное топливо для конкретных промышленных установок;

- выполнить все необходимые расчеты, связанные с сжиганием топлива и организацией горения;

- в дальнейшем использовать все особенности того или иного топлива в целях создания энергосберегающего оборудования или наиболее эффективных огнетехнических установок;

- изучение основ теории горения, механизма горения всех видов топлива;

- изучение влияния состава топлива (зольности, содержания летучих и т.д.) на механизм горения пылеугольного факела и на эффективность сжигания топлива.

В результате изучения дисциплины «Топливо и теория горения» студент должен

знать:

- классификацию и основные теплотехнические характеристики различных видов топлив;

- механизм горения топлив и теорию стабилизации горения;

- методы сжигания топлива;

- кинетику химических реакций горения;

- факторы, влияющие на интенсификацию процесса воспламенения и горения;

- условия стабилизации и устойчивости горения топлив;

уметь:

- составлять материальный и тепловой балансы горения;

владеть:

- методами расчета топочных процессов;

- методами анализа конструктивных и технологических факторов на эффективность процессов горения;

После изучения дисциплины у студента должны формироваться следующие компетенции:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

- владеть системным и сравнительным анализом;

- владеть исследовательскими навыками;

- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- уметь работать в команде;
- используя показания технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления тепловой энергии, создавать условия для соответствия режимов действующим стандартам, правилам и нормам;
- на основе анализа показателей режимов, параметров схемы и технического состояния оборудования выявлять причины неоптимальности технологического процесса производства, преобразования, распределения и потребления тепловой энергии и разрабатывать пути их устранения;
- составлять энергетические балансы энергетических и технологических объектов и систем, определять потери топливно-энергетических ресурсов, разрабатывать организационные и технические мероприятия по повышению энергетической эффективности теплотехнологий;
- в составе коллектива специалистов или самостоятельно осуществлять рационализаторскую и изобретательскую деятельность;
- анализировать и оценивать тенденции развития техники и технологий;
- организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей;
- взаимодействовать со специалистами смежных профилей;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития промышленной теплоэнергетики, инновационным технологиям, проектам и решениям.

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

Дисциплина базируется на материалах следующих дисциплин: «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Техническая термодинамика».

Знания, полученные студентами по дисциплине «Топливо и теория горения», используются в курсе «Котельные установки промпредприятий», являясь основой для излагаемого материала этого курса. В дальнейшем материалы курса широко используют в дисциплинах: «Высокотемпературные теплотехнические процессы и установки», «Системы производства и распределения энергоносителей промпредприятий».

При изучении дисциплины «Топливо и теория горения» используется модульно-рейтинговая система. Рейтинговый балл, соответствующий оценке 4 (четыре) – 91, оценке 10 (десять) – 191.

Количество часов всего и аудиторных часов по формам получения образования: всего часов по дисциплине – 164, аудиторных часов: по дневной форме – 68, по заочной форме – 14, по заочной форме на основе среднего специального образования – 12 часов; трудоемкость учебной дисциплины – 4,5 зачетных единиц.

#### Распределение аудиторного времени по видам занятий

Специальность	Форма получения образования	Курс	Семестр	Количество аудиторного времени, часов				
				Ауд.	Лекции	Лабор.	Практ.	Зач ед.
1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»	Дневная форма	2	3	68	34	17	17	4,5
	Заочная форма	3, 4	6, 7	14	6	4	4	4,5
	Заочная форма на основе среднего специального образования	1, 2	2, 3	12	6	4	2	4,5

#### Форма текущей аттестации по учебной дисциплине

Специальность	Форма получения образования	Формы текущей аттестации, семестр			
		Экзамен	Зачет	Тест	Курсовая работа
1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»	Дневная форма	3	–	–	–
	Заочная форма	7	–	–	–
	Заочная форма на основе среднего специального образования	3	–	–	–

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### МОДУЛЬ 1. ТОПЛИВО

#### Тема 1. Общие сведения о топливе.

Определение понятия «топливо». Требования, предъявляемые к топливам. Основные виды топлива. Химический состав. Элементарный состав. Теплотехнические характеристики топлива: влажность, зольность, содержание летучих, высшая теплота сгорания, низшая теплота сгорания топлива. Условное топливо. Топливо-энергетический баланс Республики Беларусь.

#### Тема 2. Твердое топливо.

Основные характеристики. Происхождение твердого топлива. Классификация основных видов твёрдого топлива

#### Тема 3. Жидкое топливо

Основные характеристики: температура вспышки, воспламенения, застывания, сернистость. Первичная переработка нефти. Схема атмосферно-вакуумной установки для перегонки нефти. Деструктивная переработка нефти: термический крекинг, каталитический крекинг, гидрокрекинг. Очистка полуфабрикатов: кислотная очистка, кислотнo-контaктная очистка, щелочная очистка, селективная очистка, гидроочистка, адсорбционная очистка, депарафинизация, ультрафильтрация. Улучшение качества базового топлива. Технологические процессы риформинга, изомеризации, гидроформинга. Схема полной переработки нефти. Свойства жидких топлив. Испаряемость. Скорость испарения. Детонационная стойкость топлив. Детонация. Октановое число. Чувствительность бензина. Самовоспламеняемость. Цетановое число. Стабильность топлива. Физическая стабильность. Химическая стабильность.

#### Тема 4. Газообразное топливо.

Природные и искусственные газы. Добыча, транспорт, хранение и распределение газа. Состав газов и их свойства. Плотность, молекулярная масса, вязкость, теплоемкость, энтальпия газовой смеси. Уравнение Кнорре. \_изиические свойства компонентов газовой смеси. Углеводородное газообразное топливо. Сжатые и сжиженные газообразные топлива. Особенности применения газообразных топлив.

#### Тема 5. Альтернативное топливо

Необходимость использования альтернативного топлива. Классификация возможных альтернативных топлив. Альтернативные смесевые топлива. Заменители нефтяного топлива. Биотопливо. Ядерное топливо.

### МОДУЛЬ 2. ТЕОРИЯ ГОРЕНИЯ

#### Тема 6. Кинетика процессов горения.

Общие сведения о кинетике реакций горения топлива. Концентрация реагирующих веществ. Понятие о скорости химической реакции. Закон Аррениуса. Порядок реакции. Полупериод реакции. Порядок одновременно протекающих реакций. Температура и скорость химической реакции. Потенциальные энергии двух- и трех- и четырехатомных систем. Потенциальная энергия и энергия активации. Статистическая теория активированного комплекса. Экзотермические и эндотермические реакции. Цепные реакции.

Тема 7. Теория фронта пламени.

Описание явления и общие уравнения. Одномерное стационарное распространение пламени.

Тема 8. Основные положения теории горения.

Горение твердого топлива. Подготовка твердого топлива к сжиганию. Горение жидкого топлива. Подготовка жидкого топлива к сжиганию. Воспламенение и механизм горения жидкого топлива. Испарение и горение капли жидкого топлива. Сжигание жидкого топлива в факеле. Особенности горения мазута. Горение газов. Подготовка газообразного топлива к сжиганию. Горение газообразного топлива в факеле. Кинетический, диффузионный и смешанный принципы сжигания газов и области их применения. Особенности горения газов и структура факела при ламинарном и турбулентном режимах движения.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»  
(Дневная форма получения образования)

№ п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля
		Лекции	Практические	Семинарские	Лабораторные	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Модуль 1. Топливо	20	7		14			Тест
1.1	Тема 1. Общие сведения о топливе	2	1		2			Экзамен, защита л.р.
1.2	Тема 2. Твердое топливо	4	2		2			Экзамен, защита л.р.
1.3	Тема 3. Жидкое топливо	6	2		8			Экзамен, защита л.р.
1.4	Тема 4. Газообразное топливо	4	2		2			Экзамен, защита л.р.
1.5	Тема 5. Альтернативное топливо	4						Экзамен
2	Модуль 2. Теория горения	14	10		3			Тест
2.1	Тема 6. Кинетика процессов горения	6						Экзамен
2.2	Тема 7. Теория фронта пламени	2						Экзамен
2.3	Тема 8. Основные положения теории горения	6	10		3			Экзамен, защита л.р.
	ВСЕГО	34	17		17			

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»  
(Заочная форма получения образования)

№ п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические	Семинарские	Лабораторные	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Модуль 1. Топливо	3,5			4			
1.1	Тема 1. Общие сведения о топливе	0,5						Экзамен, защита л.р.
1.2	Тема 2. Твердое топливо	1			2			Экзамен
1.3	Тема 3. Жидкое топливо	1			2			Экзамен, защита л.р.
1.4	Тема 4. Газообразное топливо	0,5						Экзамен
1.5	Тема 5. Альтернативное топливо	0,5						Экзамен
2	Модуль 2. Теория горения	2,5	4					
2.1	Тема 6. Кинетика процессов горения	1						Экзамен, защита л.р.
2.2	Тема 7. Теория фронта пламени	0,5						Экзамен, защита л.р.
2.3	Тема 8. Основные положения теории горения	1	4					Экзамен, защита л.р.
	ВСЕГО	6	4		4			

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1–43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика»

(Заочная форма на основе среднего специального образования)

№ п/п Номер раздела,	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма оценки знаний
		Лекции	Практические	Семинарские	Лабораторные	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Модуль 1. Топливо	3,5			4			
1.1	Тема 1. Общие сведения о топливе	0,5						Экзамен, защита л.р.
1.2	Тема 2. Твердое топливо	1			2			Экзамен
1.3	Тема 3. Жидкое топливо	1			2			Экзамен, защита л.р.
1.4	Тема 4. Газообразное топливо	0,5						Экзамен
1.5	Тема 5. Альтернативное топливо	0,5						Экзамен
2	Модуль 2. Теория горения	2,5	2					
2.1	Тема 6. Кинетика процессов горения	1						Экзамен, защита л.р.
2.2	Тема 7. Теория фронта пламени	0,5						Экзамен, защита л.р.
2.3	Тема 8. Основные положения теории горения	1	2					Экзамен, защита л.р.
	ВСЕГО	6	2		4			

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Аржанухин Г.В. Эксплуатационные материалы. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учеб. пособие. – Москва: МГИУ, 2007. – 83 с.: ил.
2. Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов / Л. Н. Сидельский, В. Н. Юренев. – Изд. 4-е. – Москва: БАСТЕТ, 2009 – 527 с
3. Соколов, Б. А. Котельные установки и их эксплуатация: учебник / Б. А. Соколов. – 5-е изд. – Москва: Академия, 2010 – 428 с.

### Дополнительная литература

1. Адамов, В. А. Сжигание мазута в топках котлов / В. А. Адамов. Ленинград «Недра», 1989г.
2. Белосельский, Б. С. Энергетическое топливо / Б. С. Белосельский, В. К. Соляков. – Москва: Энергия, 1980 – 168 с
3. Вильямс Ф.А. Теория горения / Пер. с англ. С. С.Новикова, Ю. С. Рязанцева. – М.: Наука, 1971 – 616с.
4. ГОСТ 147-95.Топливо твердое минеральное.Определение высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания. – Изд. офиц. – Минск: Госстандарт, 1996 – 45 с.
5. Иссерлин, А.С. Основы сжигания газового топлива / А. С. Иссерлин. – Л.: «Недра», 1987 г.
6. Теплотехнический справочник: в 2 т / под общ. ред. В. Н. Юренева и П. Д. Лебедева. – 2-е изд. – Москва: Энергия, 1976 – 896 с.
7. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Под редакцией Н. В. Кузнецова – М: Энергия, 1973 – 235 с.
8. Хзмалян, Д. М. Теория горения и топочные устройства / Д. М. Хзмалян, Я. А. Каган. – М: Энергия, 1976. – 488 с.

### Электронные учебно-методические комплексы

1. Новиков, М. Н. Топливо и теория горения: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / М. Н. Новиков, Н. В. Широглазова. – Гомель: ГГТУ, 2011

Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения

1. Топливо и теория горения: курс лекций для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» (Т. 01.02.00) днев. и заоч. форм

обучения/ авт.-сост. М. Н. Новиков. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2005. – 61с.

2. Топливо и теория горения: практ. рук. к контрольной работе по одноим. курсу для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» (Т.01.02.00 «Теплоэнергетика») // Авт.-сост. М.Н.Новиков. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2005. – 18 с.

3. Топливо и теория горения: практикум по выполнению лабораторных работ по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» дневной и заочной форм обучения / М. Н. Новиков, Е. Н. Макеева. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2017, – 48 с.

#### Примерный перечень практических занятий

1. Составление материального баланса процесса горения.
2. Составления теплового баланса процесса горения.
3. Определение состава продуктов сгорания различных видов топлива.
4. Определение энтальпии продуктов сгорания топлива и построение ht-диаграммы.
5. Расчет тепловыделений в камере сгорания.
6. Определение теоретической (адиабатной) температуры горения топлива.

#### Примерный перечень лабораторных работ

1. Определение влажности, зольности топлива и выхода летучих веществ.
  2. Определение теплоты сгорания топлива.
  3. Анализ газовой смеси.
  4. Определение фракционного состава топлива.
  5. Определение плотности газов и нефтепродуктов.
  6. Определение вязкости нефтепродуктов.
  7. Определение содержания серы в топливе.
  8. Определение температуры вспышки и воспламенения.
- Определение октанового числа бензина и цетанового числа дизельного топлива.

#### Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Топливо, общая классификация топлив.
2. Твердое топливо. Основные характеристики: материальный баланс, влажность, зольность, летучие, теплота сгорания. Условное топливо.
3. Классификация основных видов твердого топлива.
4. Жидкое топливо. Основные характеристики: температура вспышки, воспламенения, застывания, сернистость.
5. Первичная переработка нефти.

6. Схема атмосферно-вакуумной установки для перегонки нефти.
7. Деструктивная переработка нефти: термический крекинг, каталитический крекинг, гидрокрекинг
8. Испаряемость топлив. Скорость испарения.
9. Очистка полуфабрикатов нефти.
10. Схема первичной переработки нефти. Диапазоны выкипания фракций.
11. Улучшение качества базовых топлив. Свойства топлива, влияющие на его распыл.
12. Схема полной переработки нефти.
13. Свойства жидких топлив. Испаряемость. Скорость испарения
14. Детонационная стойкость. Октановое число.
15. Самовоспламеняемость топлив. Цетановое число.
16. Стабильность топлив.
17. Газообразное топливо, состав газов и их свойства.
18. Углеводородные сжатые газообразные топлива. Особенности применения.
19. Углеводородные сжиженные газообразные топлива. Особенности применения
20. Воспламенение газового топлива, пределы воспламенения.
21. Альтернативное топливо. Схема получения и применения.
22. Необходимость использования альтернативного топлива
23. Классификация возможных альтернативных топлив.
24. Альтернативные смесевые топлива.
25. Заменители нефтяных топлив (водород).
26. Заменители нефтяных топлив (спирты).
27. Общие сведения о кинетике горения топлива.
28. Концентрация реагирующих веществ.
29. Понятие о скорости химической реакции. Закон Аррениуса.
30. Полу период реакции. Порядок одновременно протекающих реакций.
31. Порядок реакции. Реакции различных порядков.
32. Потенциальная энергия и энергия активации.
33. Потенциальные энергии двух- и трех- и четырехатомных систем.
34. Статистическая теория активированного комплекса.
35. Температура и скорость химической реакции.
35. Цепные реакции.
36. Теория фронта пламени. Описание явления и общие уравнения. Одномерное стационарное распространение пламени
37. Теория фронта пламени. Получение основных уравнений.
38. Подготовка твердого топлива к сжиганию. Горение твердого топлива.
39. Подготовка жидкого топлива к сжиганию.
40. Воспламенение и механизм горения жидкого топлива.

41. Испарение и горение капли жидкого топлива.
42. Сжигание жидкого топлива в факеле.
43. Подготовка газообразного топлива к сжиганию.
44. Горение газообразного топлива в факеле.
45. Кинетический, диффузионный и смешанный принципы сжигания газов и области их применения.
46. Особенности горения газов и структура факела при ламинарном и турбулентном режимах движения.

#### Организация самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

- выполнение студентами индивидуальных заданий во время проведения лабораторных и практических занятий;
- подготовка к тестированию по каждому модулю дисциплины;
- изучение справочной и нормативной литературы;
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка докладов и презентаций по актуальным темам, в том числе не выносимым на лекционные занятия.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Наименование учебной 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
Техническая термодинамика	«Промышленная теплоэнергетика и экология»	Согласовано	Рекомендовать представленную учебную программу к утверждению

Заведующий кафедрой  
«Промышленная теплоэнергетика  
и экология», к.т.н., доцент

А.В. Шаповалов