

Бюджетное учреждение высшего образования  
Ханты-Мансийского автономного округа-Югры  
"Сургутский государственный университет"



## Нестационарное горение в нефтегазовых технологиях

### рабочая программа дисциплины (модуля)


Закреплена за кафедрой	Экспериментальной физики	
Учебный план	b030302-ЦифрТех-19-1.plx 03.03.02 ФИЗИКА Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике	
Квалификация	Бакалавр	
Форма обучения	очная	
Общая трудоемкость	4 ЗЕТ	
Часов по учебному плану	144	Виды контроля в семестрах: зачеты с оценкой 7
в том числе:		
аудиторные занятия	48	
самостоятельная работа	96	

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 17,3			
Вид занятий	уп	рпд	уп	рпд
Лекции	16	16	16	16
Лабораторные	32	32	32	32
В том числе инт.	32	32	32	32
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	48	48	48	48
Сам. работа	96	96	96	96
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

к.ф.-м.н., доцент, Алексеев Михаил Викторович



Рабочая программа дисциплины

**Нестационарное горение в нефтегазовых технологиях**

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 07.08.2014г. №937)

составлена на основании учебного плана:

03.03.02 ФИЗИКА

Направленность (профиль): Цифровые технологии в геофизике

утвержденного учёным советом вуза от 20 июня 2019 г., протокол УС №6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Экспериментальной физики**

Протокол от 17 05 2019 г. № 03/10

Срок действия программы: уч.г.

Зав. кафедрой д.ф.-м.н., профессор А.В.Ельников



Председатель УМС н.т.н., доцент Тарамаков Д.В.

07 06 2019 г. № 06/19



1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Цель освоения дисциплины - формирование представлений о теоретических основах прогнозирования условий образования горючих и взрывоопасных систем, об определении параметров инициирования горения и взрыва; об оценке возможности перехода горения во взрыв.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.ДВ.03
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Модуль "Теоретическая физика"
2.1.2	Модуль "Общая физика"
2.1.3	Модуль "Математика"
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Физическая кинетика
2.2.2	Интерпретация геофизических данных

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
<b>ОК-6:</b> способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	
<b>ОК-7:</b> способностью к самоорганизации и самообразованию	
<b>ОПК-3:</b> способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
<b>ПК-1:</b> способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	основные принципы и законы теории горения и их математические модели;
3.1.2	об использовании горения и взрыва в современных технологиях;
3.1.3	алгоритмы построения численных моделей физических явлений, связанных с горением.
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	привлекать полученные знания для правильного понимания теории горения;
3.2.2	привлекать полученные знания для правильного понимания основных принципов и законов теории горения и взрыва;
3.2.3	обрабатывать полученные экспериментальные данные и правильно их интерпретировать.
3.2.4	работать в составе научного коллектива
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	методами построения физических моделей реальных явлений и процессов;
3.3.2	методами проведения экспериментальных исследований.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)							
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Инте ракт.	Примечание
	Раздел 1. Нестационарное горение в нефтегазовых технологиях						

1.1	Общие вопросы нестационарного горения газовых и конденсированных систем /Лек/	7	2	ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	2	Устный опрос
1.2	Лабораторная работа по теме «Общие вопросы нестационарного горения газовых и конденсированных систем» /Лаб/	7	6	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	4	Отчеты по лабораторным работам
1.3	Общие вопросы нестационарного горения газовых и конденсированных систем /Ср/	7	18	ОК-7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	0	Изучение теоретического материала дисциплины, подготовка к практическим занятиям
1.4	Диагностика процессов нестационарного горения /Лек/	7	2	ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	2	Устный опрос
1.5	Лабораторная работа по теме «Место и роль технологий горения и взрыва в разработке нефтяных и газовых месторождений» /Лаб/	7	6	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	4	Отчеты по лабораторным работам
1.6	Диагностика процессов нестационарного горения /Ср/	7	18	ОК-7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	0	Изучение теоретического материала дисциплины, подготовка к практическим занятиям
1.7	Тепло-массообмен при релаксационном и вибрационном горении /Лек/	7	4	ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	4	Устный опрос
1.8	Лабораторная работа по теме «Тепло-массообмен при релаксационном и вибрационном горении» /Лаб/	7	6	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	4	Отчеты по лабораторным работам
1.9	Тепло-массообмен при релаксационном и вибрационном горении /Ср/	7	20	ОК-7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	0	Изучение теоретического материала дисциплины, подготовка к практическим занятиям
1.10	Области применения вибрационного горения в энергетических установках специального назначения /Лек/	7	4	ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	4	Устный опрос

1.11	Лабораторная работа по теме «Области применения вибрационного горения в энергетических установках специального назначения» /Лаб/	7	7	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	Отчеты по лабораторным работам
1.12	Области применения вибрационного горения в энергетических установках специального назначения /Ср/	7	20	ОК-7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	0	Изучение теоретического материала дисциплины, подготовка к практическим занятиям
1.13	Нестационарное фильтрационное горение /Лек/	7	4	ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	4	Устный опрос
1.14	Лабораторная работа по теме «Нестационарное фильтрационное горение» /Лаб/	7	7	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	4	Отчеты по лабораторным работам
1.15	Нестационарное фильтрационное горение /Ср/	7	20	ОК-7	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	0	Изучение теоретического материала дисциплины, подготовка к практическим занятиям
<b>Раздел 2.</b>							
2.1	/Контр.раб./	7	0	ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4Л3.1 Л3.2 Л3.3 Л3.4 Л3.5 Э1 Э2	0	
2.2	/ЗачётСОц/	7	0	ОК-6 ОК-7 ОПК-3 ПК-1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4 Л1.5Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4 Э1 Э2	0	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 5.1. Контрольные вопросы и задания

Приведены в Приложение № 1

### 5.2. Темы письменных работ

Приведены в Приложение № 1

### 5.3. Фонд оценочных средств

Приведены в Приложение № 1

### 5.4. Перечень видов оценочных средств

1. Коллоквиум
2. Контрольная работа
3. Зачет с оценкой

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Горев В. А.	Теория горения и взрыва: Учебное пособие	Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2010, <a href="http://www.iprbookshop.ru/16330">http://www.iprbookshop.ru/16330</a>	1
Л1.2	Кудинов А. А.	Горение органического топлива: Учебное пособие	Москва: ООО "Научно- издательский центр ИНФРА-М", 2015, <a href="http://znanium.com/go.php?id=441989">http://znanium.com/go.php?id=441989</a>	1
Л1.3	Девисилов В. А., Дроздова Т. И., Скушникова А. И.	Теория горения и взрыва: Учебник	Москва: ООО "Научно- издательский центр ИНФРА-М", 2015, <a href="http://znanium.com/go.php?id=489911">http://znanium.com/go.php?id=489911</a>	1
Л1.4	Девисилов В. А., Дроздова Т. И., Скушникова А. И.	Теория горения и взрыва: учебник	Москва: ИНФРА- М, 2017	15
Л1.5	Яблоков В. А., Митрофанова С. В.	Теория горения и взрыва: Учебное пособие	Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно- строительный университет, ЭБС АСВ, 2012, <a href="http://www.iprbookshop.ru/16067.html">http://www.iprbookshop.ru/16067.html</a>	1

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.1	Сазонов В. Г.	Основы теории горения и взрыва: Учебное пособие	Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2012, <a href="http://www.iprbookshop.ru/46499">http://www.iprbookshop.ru/46499</a>	1
Л2.2	Шапров М. Н.	Теория горения и взрыв: учебное пособие	Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский государственный аграрный университет, 2016, <a href="http://znanium.com/go.php?id=634919">http://znanium.com/go.php?id=634919</a>	1

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л2.3	Девисилов В. А., Дроздова Т. И., Скушников А. И.	Теория горения и взрыва: Учебник	Москва: ООО "Научно- издательский центр ИНФРА-М", 2017, <a href="http://znanium.com/go.php?id=701725">http://znanium.com/ go.php?id=701725</a>	1
Л2.4	Аскарова А. С., Болегенова С. А., Локтионова И. В., Рыспаева М. Ж.	Физика горения: Учебное пособие для студентов	Алматы: Казахский национальный университет им. аль-Фараби, 2011, <a href="http://www.iprbookshop.ru/58490.html">http://www.iprbook shop.ru/58490.html</a>	1

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л3.1	Самсонов В. П.	Экспериментальные методы физики горения: учебное пособие	Сургут: Издательство СурГУ, 2006	42
Л3.2	Илюшов Н. Я., Власова Л. П.	Горение твёрдых горючих веществ и материалов: Учебно-методическое пособие	Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017, <a href="http://www.iprbookshop.ru/78160.html">http://www.iprbook shop.ru/78160.html</a>	1
Л3.3	Илюшов Н. Я., Власова Л. П.	Горение и взрыв пыли: Учебно-методическое пособие	Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017, <a href="http://www.iprbookshop.ru/78161.html">http://www.iprbook shop.ru/78161.html</a>	1
Л3.4	Илюшов Н. Я., Власова Л. П.	Горение жидкостей: Учебно-методическое пособие	Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017, <a href="http://www.iprbookshop.ru/78162.html">http://www.iprbook shop.ru/78162.html</a>	1
Л3.5	Илюшов Н. Я., Власова Л. П.	Горение газовых смесей: Учебно-методическое пособие	Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017, <a href="http://www.iprbookshop.ru/78163.html">http://www.iprbook shop.ru/78163.html</a>	1

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Государственная публичная научно-техническая библиотека России [Электронный ресурс] — Режим доступа: <a href="http://www.gpntb.ru/">http://www.gpntb.ru/</a> — Загл. с экрана.			
----	--	--	--	--

Э2	Журнал "Физика горения и взрыва" [Электронный ресурс] — Режим доступа: <a href="https://www.sibran.ru/journals/FGV">https://www.sibran.ru/journals/FGV</a> — Загл. с экрана.
<b>6.3.1 Перечень программного обеспечения</b>	
6.3.1.1	Пакет прикладных программ Microsoft Office
6.3.1.2	Операционная система Windows
<b>6.3.2 Перечень информационных справочных систем</b>	
6.3.2.1	<a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a> Информационно-правовой портал Гарант.ру
6.3.2.2	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a> Справочно-правовая система Консультант Плюс

#### **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

7.1	Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий укомплектованы необходимой специализированной учебной мебелью. Ряд лекционных аудиторий оснащен компьютерной техникой и проекторами для демонстрации видеоматериалов. Аудитории для проведения лабораторных занятий оснащены оборудованием для проведения экспериментальных работ.
-----	---

#### **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

--	--



**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА**  
**Приложение к рабочей программе по дисциплине**  
**Нестационарное горение в нефтегазовых технологиях**

Квалификация  
выпускника

**Бакалавр**

Направление  
подготовки

**03.03.02**

**Физика**

Направленность  
(специализация)

**Цифровые технологии в геофизике**

Форма обучения

**очная**

Кафедра-  
разработчик

**Кафедра экспериментальной физики**

Выпускающая  
кафедра

**Кафедра экспериментальной физики**

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине**

### **Типовые вопросы для устного опроса**

Раздел «Общие вопросы нестационарного горения газовых и конденсированных систем»

- 1) Нестационарное распространение газозвдушного пламени в каналах.
- 2) Нестационарное распространение пламени по поверхности конденсированного топлива.
- 3) Вибрационное горение в камерах сгорания

Раздел «Диагностика процессов нестационарного горения»

- 1) Релаксационное пламя на горелке и в камере сгорания типа резонатора Гельмгольца
- 2) Диагностика процессов нестационарного горения

Раздел «Тепло-массообмен при релаксационном и вибрационном горении»

- 1) Гидродинамика и теплоотдача на поверхностях камеры сгорания в осциллирующем течении
- 2) Нестационарное распространение фронта пламени в микроканалах
- 3) Закономерности горения в спутных и встречных струях окислителя и горючего»
- 4) Фильтрация пульсирующего течения в пористой среде

Раздел «Области применения вибрационного горения в энергетических установках специального назначения»

- 1) Резонансная вибрационная камера сгорания
- 2) Камера сгорания с «плавающим» обращенным пламенем
- 3) Самоорганизация вихревых структур в камере сгорания

Раздел «Нестационарное фильтрационное горение»

- 1) Распространение пламени в пористой среде.
- 2) Формирование спиновой волны горения в условиях ограниченного объема камеры сгорания.
- 3) Технические приложения физических явлений, сопровождающих нестационарное горение.

### **Темы лабораторных работ**

**Лабораторная работа по теме «Общие вопросы нестационарного горения газовых и конденсированных систем»**

1. Составить уравнение реакции горения пропилового спирта  $C_3H_8O$  на воздухе.
2. Составить уравнение реакции горения метиламина  $CH_3NH_2$  на воздухе.
3. Составить уравнение реакции горения дихлорэтана  $C_2H_4Cl_2$  на воздухе.
4. Составить уравнение разложения нитроглицерина  $C_3H_5N_3O_9$ .
5. Рассчитать мольную и удельную теплоту сгорания уксусной кислоты  $CH_3CO_2H$ .

**Лабораторная работа по теме «Тепло- массообмен при релаксационном и вибрационном горении»**

1. Рассчитать низшую теплоту сгорания органического вещества состава С – 62%, Н – 8%, О – 28%, S – 2%.
2. Рассчитать теплоту сгорания газовой смеси состава (в об. %)  $CH_4$  – 40%,

$C_4H_{10} - 20\%, O_2 - 15\%, H_2S - 15\%, NH_3 - 10\%, CO_2 - 10\%$ .

3. Рассчитать теплоту сгорания  $1 \text{ м}^3$  стехиометрической смеси гексана  $C_6H_{14}$  с воздухом.
4. Рассчитать мольную и удельную теплоту сгорания уксусной кислоты  $CH_3CO_2H$  с воздухом.
5. Рассчитать теплоту сгорания газовой смеси состава (в об. %)  $CH_4 - 40\%, C_4H_{10} - 20\%, O_2 - 15\%, H_2S - 15\%, NH_3 - 10\%, CO_2 - 10\%$ .

$CH_4 - 40\%, C_4H_{10} - 20\%, O_2 - 15\%, H_2S - 15\%, NH_3 - 10\%, CO_2 - 10\%$ .

#### **Лабораторная работа по теме «Нестационарное фильтрационное горение»**

1. Рассчитать адиабатическую температуру горения стехиометрической смеси этилового спирта ( $C_2H_6O$ ) с воздухом.
2. Рассчитать адиабатическую температуру горения органического вещества состава  $C - 60\%, H - 7\%, O - 25\%, W - 8\%$ .
3. Рассчитать действительную температуру горения фенола ( $C_6H_6O$ ),  $\Delta_f H^0 = -4,2$  кДж/моль) методом средних теплоёмкостей, если горение происходило в избытке воздуха (коэффициент избытка 2,2), а потери тепла составили 25%.
4. Рассчитать температуру взрыва метановоздушной смеси стехиометрического состава.
5. В каком случае в условиях пожара при горении бутана выделится больше тепла: при полном горении или неполном, протекающем по реакции  $C_4H_{10} + 4,5O_2 \rightarrow 4CO + 5H_2O$ . Ответ необходимо подтвердить расчётом с использованием закона Гесса.

#### **Лабораторная работа по теме «Области применения вибрационного горения в энергетических установках специального назначения»**

- 1) Рассчитать тепловой эффект реакции горения 1 моля бутана  $C_4H_{10}$ .
- 2) Рассчитать адиабатическую температуру горения стехиометрической смеси этилового спирта ( $C_2H_6O$ ) с воздухом.
- 3) Найти адиабатную температуру горения этилового спирта в воздухе, если теплота его образования равна - 278,2 кДж/моль.
- 4) Энтальпия горения этилацетата  $CH_3COOC_2H_5$  равна  $H_{гор} = 2000,3$  кДж/моль. Выразить эту величину в кДж/кг.
- 5) Рассчитать действительную температуру горения вещества сложного состава, состоящего из 40 % углерода, 20 % водорода, 30 % азота, 10 % влаги. Горение протекает при коэффициенте избытка воздуха, равном 1,2, а потери тепла на излучение составляют 30 %.

#### **Лабораторная работа по теме «Место и роль технологий горения и взрыва в разработке нефтяных и газовых месторождений»**

1. Вычислить теплоту образования ацетилен ( $C_2H_2$ ) из элементов, если его теплота горения равна 1411, 2 кДж/моль.
2. Определить теплоту сгорания 12 кг бензола ( $C_6H_6$ ), если теплота его образования составляет -82,9 кДж/моль/
3. Определить теплоту образования пимелиновой кислоты ( $C_7H_{12}O_4$ ), если теплота её сгорания составляет 3453, 5 кДж/моль.
4. Определить теплоту сгорания салициловой кислоты ( $C_7H_6O_3$ ), если теплота её образования составляет -589,5 кДж/моль.
5. Вычислить теплоту образования метана, если при сжигании 10 г его в стандартных условиях выделяется 556,462 кДж тепла.

## Типовые варианты заданий для контрольной работы

### Вариант 1

1. Определить теплоту сгорания бензилового спирта ( $C_7H_8O$ ), если теплота его образования составляет  $-875,4$  кДж/моль.
2. При образовании октана ( $C_8H_{18}$ ) из элементов выделяется  $208$  кДж/моль тепла. Рассчитать его теплоту горения.
3. Теплота образования ацетона ( $C_3H_6O$ ) составляет  $-248,28$  кДж/моль. Определить его теплоту горения и количество тепла, которое выделится при сгорании  $30$  г. вещества.

### Вариант 2

1. Рассчитать теплоту сгорания сульфациридазина ( $C_{11}H_{12}O_3N_4S$ ) без учёта потерь на испарение влаги.
2. Определить теплоту сгорания сульфобензилгидразина ( $C_6H_8O_3N_2S$ ) с учётом потерь на испарение воды. Содержание влаги в веществе  $20\%$ .
3. Определить теплоту сгорания 4, 4-диаминодифенилсульфона ( $C_{12}H_{12}O_2N_2S$ ) без учёта потерь на испарение влаги по формуле Д. И. Менделеева.

### Вариант 3

- 1) Вычислите коэффициент горючести для  $C_6H_5NHNHCSNNC_6H_5$ .
- 2) Какой объем воздуха необходим для полного сгорания  $50$  кг ацетона  $CH_3COCH_3$  при температуре  $23^\circ C$  и давлении  $190$  кПа, если горение протекало с коэффициентом избытка воздуха  $\alpha = 1,2$ ?
- 3) Определить верхний предел для скорости остывания земли со временем, если  $Q_{ср} = 75$  мВт/м<sup>2</sup>,  $R = 6371$  км,  $\rho = 5520$  кг/м<sup>3</sup>,  $c = 920$  Дж/(кг·К)

### Вариант 4

1. Определить теплоты сгорания 4, 6-диметилгексагидро-1, 3, 5-триазинтиона-2 ( $C_5H_9N_3S$ ) по формуле Д. И. Менделеева.
2. 14. Определить теплоту сгорания по формуле Д. И. Менделеева диаминоэзитилен-6-сульфоуксислоты ( $C_9H_{14}O_3N_2S$ ), если содержание влаги в веществе  $35\%$ .
3. Определить низшую теплоту горения древесины состава: С –  $41,5\%$ ; Н –  $6\%$ ; О –  $43\%$ ; N –  $2\%$ ; W –  $7,5\%$ .

### Вариант 5

- 1) Рассчитайте коэффициент горючести для  $C_{10}H_8ON_3Cl$ .
- 2) Определить объем воздуха, необходимого для полного сгорания  $10$  кг торфа следующего состава (в %): С –  $56,4\%$ , Н –  $5,04\%$ , О –  $24,0\%$ , S –  $0,06\%$ , N –  $3,6\%$ , зола –  $10,9\%$ . Горение протекает при  $\alpha = 1,5$ , условия нормальные.
- 3) Рассчитать значение коэффициента избытка воздуха для реакции горения пропана  $C_3H_8$  при концентрации газа, равной  $\alpha_{н} = 2,07\%$ ; и  $\alpha_{с} = 12,03\%$  при  $30^\circ C$

### Вариант 6

1. Методом последовательных приближений рассчитать адиабатическую температуру горения пропанола ( $C_3H_8O$ ).
2. Определить теоретическую температуру горения резины состава: С =  $80\%$ , Н =  $15\%$ , S =  $2\%$ , О =  $1\%$ , N =  $2\%$ .
3. Определить действительную температуру горения бумаги состава: С =  $55\%$ , Н =  $25\%$ , N =  $3\%$ , О =  $15\%$ ,  $H_2O = 2\%$ , если потери тепла за счёт недожога составили  $\eta_{нед} = 0,15$ , за счёт излучения  $\eta_{изл} = 0,20$ .

### Вариант 7

- 1) Составить уравнение реакции горения в кислороде глицерина  $C_3H_8O$ .
- 2) Определить объем и состав продуктов горения  $10$  м<sup>3</sup> природного газа следующего состава (в % объемных): метан  $CH_4$  –  $75\%$ , этан  $C_2H_6$  –  $4\%$ , пропан  $C_3H_8$  –  $2\%$ , углекислый газ  $CO_2$  –  $19\%$ . Горение протекает при  $\alpha = 1,2$ .

- 3) Рассчитать КПР смеси газов следующего состава: угарный газ  $\text{CO}$  – 10 %; водород  $\text{H}_2$  – 60 %; метан  $\text{CH}_4$  – 30 %. Если для угарного газа  $\alpha_n = 12,5$  %;  $\alpha_e = 74$  % , для водорода  $\alpha_n = 4$  %;  $\alpha_e = 75$  % , для метана  $\alpha_n = 5$  %;  $\alpha_e = 15$  %.

Вариант 8

- 1) Составить уравнение реакции горения в кислороде аммиака  $\text{NH}_3$ .
- 2) Определить объем и процентный состав продуктов горения 5 кг каменного угля следующего состава (в %):  $\text{C}$  – 75,8 %,  $\text{H}$  – 3,8 %,  $\text{O}$  – 2,8 %,  $\text{S}$  – 2,5 %,  $\text{N}$  – 1,1 %,  $\text{W}$  – 3,0 %, зола – 11,0 %. Горение протекает при  $\alpha = 1,3$ , условия нормальные.
- 3) Вычислить максимальное давление взрыва смеси гексана  $\text{C}_6\text{H}_{14}$  с воздухом, если начальное давление 101,3 кПа, начальная температура 273 К, температура взрыва 2355 К.

**Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине (зачет)**

Задание для показателя оценивания дескриптора «Знает»	Вид задания
<p>Типовые вопросы к зачету:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Нестационарное распространение газоздушного</li> <li>2) пламени в каналах</li> <li>3) Нестационарное распространение пламени по поверхности конденсированного топлива</li> <li>4) Вибрационное горение в камерах сгорания</li> <li>5) Релаксационное пламя на горелке и в камере сгорания типа резонатора Гельмгольца</li> <li>6) Диагностика процессов нестационарного горения</li> <li>7) Тепло- массообмен при релаксационном и вибрационном горении</li> <li>8) Гидродинамика и теплоотдача на поверхностях камеры сгорания в осциллирующем течении</li> <li>9) Нестационарное горение в нанотехнологиях, распространение фронта пламени в микроканалах</li> <li>10) Закономерности горения в спутных и встречных струях окислителя и горючего</li> <li>11) Фильтрация пульсирующего течения в пористой среде</li> <li>12) Области применения вибрационного горения в энергетических установках специального назначения</li> <li>13) Резонансная вибрационная камера сгорания</li> <li>14) Камера сгорания с «плавающим» обращенным пламенем</li> <li>15) Самоорганизация вихревых структур в камере сгорания</li> <li>16) Нестационарное фильтрационное горение</li> <li>17) Распространение пламени в пористой среде</li> <li>18) Формирование спиновой волны горения в условиях ограниченного объема камеры сгорания</li> <li>19) Технические приложения физических явлений, сопровождающих нестационарное горение</li> <li>20) Место и роль технологий горения и взрыва в разработке нефтяных и газовых месторождений</li> <li>21) Общие основы методов физического воздействия на нефтеносный пласт</li> <li>22) Метод внутрипластового горения в технологиях</li> </ol>	<p>теоретический</p>

Задание для показателя оценивания дескриптора «Умеет»	Вид задания
<p>Типовые варианты задач к зачету:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить тепловую мощность диффузионного факела при сжигании попутного газа, если расход попутного газа равен 800 кг/ч?</li> <li>2. Определить расход топлива в камере сгорания котельной установки, если средняя скорость движения продуктов сгорания в дымоходе равна 4 м/с, а плотность торфа равна 2 кг/м<sup>3</sup>.</li> <li>3. Определить высоту стабилизированного кинетического пламени при горении стехиометрической смеси СО с воздухом на горелке диаметром 10 мм, если за одну секунду сгорает 0,05 л смеси. Нормальная скорость горения равна 0,55 м/с.</li> <li>4. Определить высоту диффузионного пламени при горении СО на горелке внутренним диаметром 10 мм, если объемный расход газа равен 0.2 л/с.</li> <li>5. Определить кинетические константы горения для смеси горючего газа с воздухом, если экспериментально измерена скорость распространения пламени. Параметры эксперимента: <math>v_n = 0,16</math> м/с, <math>T_a = 2100</math> К, <math>T_0 = 293</math> К, <math>a = 2,152 \cdot 10^{-6}</math> м<sup>2</sup>/с.</li> <li>6. Определить необходимую минимальную начальную температуру смеси (энергия активации <math>E = 83,7</math> МДж/кмоль, <math>k_0 = 2,4 \cdot 10^8</math> с<sup>-1</sup>), чтобы в адиабатном закрытом сосуде она воспламенилась спустя <math>\tau = 0,06</math> с после впуска. Теоретическая температура горения <math>T_a = 2500</math> К.</li> <li>7. Для СО-воздушной смеси, имеющей низкую начальную температуру (<math>T_0 = 300</math> К), определить минимальный диаметр цилиндрического сосуда, в котором может произойти самовоспламенение смеси. Принять, что диаметр сосуда в 2 раза больше его высоты.</li> <li>8. Каков максимальный расход газа в круглой горелке, если высота пламени пропана при горении стехиометрической смеси пропана с кислородом равна 5 см, а внутренний диаметр горелки равен 8 мм? Нормальную скорость распространения пламени для стехиометрической пропано-воздушной смеси принять равной 0,45 м/с.</li> <li>9. Определить кинетические константы горения для смеси горючего газа с воздухом, если экспериментально измерена скорость распространения пламени. Параметры эксперимента: <math>v_n = 0,16</math> м/с, <math>T_a = 2000</math> К, <math>T_0 = 273</math> К, <math>a = 2,152 \cdot 10^{-6}</math> м<sup>2</sup>/с.</li> <li>10. Определить высоту диффузионного пламени при горении пропана на горелке внутренним диаметром 10 мм в атмосфере кислорода, если объемный расход газа равен 0.2 л/с.</li> </ol>	практический
Задание для показателя оценивания дескриптора «Владеет»	Вид задания



**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций, описание шкал оценивания**

**Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплине**

Схема оценивания правильности ответов на устный опрос:

Тип задания	Проверяемые компетенции	Критерии оценки	Оценка
Устный опрос	ОПК-3, ПК-1	Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.	Аттестован
		Обнаружены пробелы в знаниях основного материала по теме опроса.	Не аттестован

Схема оценивания правильности выполнения лабораторных работ:

Тип задания	Проверяемые компетенции	Критерии оценки	Оценка
Лабораторная работа	ОК-6, ОК-7, ОПК-3, ПК-1	Выполнены и получены правильные ответы на все задания работы. Корректно и развернуто оформлены решения и результаты работы.	Зачтено
		В решении заданий демонстрируется фрагментарный, разрозненный характер знаний материала, допускаются грубые ошибки в формулировках основных понятий и неспособность использовать полученные знания при решении поставленных задач.	Не зачтено

Схема оценивания правильности выполнения контрольной работы:

Тип задания	Проверяемые компетенции	Критерии оценки	Оценка
Контрольная работа	ОПК-3, ПК-1	Получен правильный ответ и приводится верное аналитическое решение на одну из предлагаемых задач.	Аттестован
		Ни одна из предложенных задач не решена верно.	Не аттестован

**Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплине (зачет с оценкой)**

К зачету с оценкой допускаются обучающиеся, успешно прошедшие все формы текущего контроля, предусмотренные рабочей программой дисциплины.

В билете на зачете с оценкой содержатся два теоретических вопроса и одно практическое задание. Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются по четырехбалльной шкале с оценками: «отлично»; «хорошо»; «удовлетворительно»; «неудовлетворительно». Общая оценка выставляется по следующей схеме оценивания ответа на зачете с оценкой.

Задания на зачете	Проверяемые компетенции	Оценка	Набранные баллы
Ответ на	ОПК-3, ПК-1	Отлично	5



вопрос билета		Хорошо	4
		Удовлетворительно	3
		Неудовлетворительно	2
Решение задачи билета	ОК-7	Отлично	5
		Хорошо	4
		Удовлетворительно	3
		Неудовлетворительно	2
Защита отчета одного из лабораторных заданий	ОК-6, ОК-7, ОПК-3, ПК-1	Отлично	5
		Хорошо	4
		Удовлетворительно	3
		Неудовлетворительно	2
Общая оценка	ОК-6, ОК-7, ОПК-3, ПК-1	Отлично	14-15
		Хорошо	11-13
		Удовлетворительно	8-10
		Неудовлетворительно	0-8