

Воткинский филиал
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)



Рабочая программа

по дисциплине: Химия ракетных топлив

для специальности 24.05.01 «Проектирование и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», специализация: «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»

форма обучения: очная

Общая трудоемкость дисциплины составляет: 4 зачетных единиц(ы)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		6			
Контактные занятия (всего)	64	64			
В том числе:					
Лекции	32	32			
Практические занятия (ПЗ)	16	16			
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	16	16			
Самостоятельная работа (всего)	80	80			
В том числе:					
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
<i>Другие виды самостоятельной работы (КТР)</i>					
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зач	Зач			
Общая трудоемкость	час	144	144		
	зач. ед.	4	4		

Кафедра «Ракетостроение»

Составитель: Черепанов Игорь Сергеевич, кандидат химических наук

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО по направлению подготовки 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» (уровень специалитета) № 1517 от 01.12.2016 (ред. от 13.07.2017) и утверждена на заседании кафедры

Протокол от 20 апреля 2019 г. №8__

Заведующий кафедрой «Ракетостроение»

 /Ф.А.Уразбахтин

22 апреля 2019 г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель учебно-методической комиссии по УГСН «24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов (уровень специалитета)», специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива»

 Уразбахтин Ф.А.
24 апреля 2019 г.

Количество часов рабочей программы соответствует количеству часов рабочего учебного плана по специальности 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, специализация – Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива

Ведущий специалист учебной части
ВФ ФГБОУ имени М.Т. Калашникова

 Соловьева Л.Н.

25 апреля 2019 г.

Аннотация дисциплины **Химия ракетных топлив**

Название дисциплины		Химия ракетных топлив											
Номер		83		Академический год		2019/2020		семестр		6			
кафедра		Ракето-строение		Программа		24.05.01 «Проектирование и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов». Специализация: «Ракеты с ракетными двигателями твердого топлива».							
Составитель		Черепанов И.С., к.х.н., доцент											
Цели и задачи дисциплины, основные темы		Цели: ознакомление с видами ракетных топлив, составом продуктов горения, методами их определения, закономерностями и механизмами процессов горения. Задачи: Приобретение теоретических знаний составам современных ракетных топлив. Привитие навыков использования знаний о закономерностях процессов горения в технических системах. Знания: виды топлив, назначение их компонентов, закономерности процессов горения Умения: применять знания о составах и свойствах топлив для решения технических задач. Навыки: владеть навыками расчета параметров процессов горения Лекции (основные темы): Классификация ракетных топлив. Компоненты и их назначение. Стехиометрические характеристики процессов горения. Кинетические закономерности процессов горения. Концентрационные и температурные параметры. Лабораторные работы: Расчет параметров процессов горения в различных системах. Определение состава продуктов сгорания. Кинетика процессов горения СРТ.											
Основная литература		1. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Физико-химические свойства порохов и ракетных твердых топлив [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. — 367 с. — 978-5-7882-1003-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62239.html. 2. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Пороха и ракетные твердые топлива - источники тепловой энергии и газообразного рабочего тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009. — 256 с. — 978-5-7882-0757-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62551.html											
Технические средства		стандартно оборудованная лекционная аудитория											
Компетенции		Приобретаются студентами при освоении модуля											
Общекультурные		-											
Профессиональные		ПК-16. Способность разрабатывать и внедрять в производство с использованием нанотехнологий новые конструкционные материалы, в том числе композиционные, и технологические процессы, а также технологий по созданию микроэлектромеханических систем. ПСК-5.1. Способность и готовность проводить проектировочные расчёты баллистических ракет с ракетными двигателями твёрдого топлива различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем. ПСК-5.2. Способность разрабатывать технологические процессы изготовления и испытания корпусов и зарядов РДТТ, отсеков ракет из конструкционных, в том числе новых композиционных материалов.											
Зачетных единиц		4		Форма проведения занятий		Лекции		Практические занятия		Лабораторные работы		Самостоятельная работа	
				Всего часов		32		16		16		80	
Виды контроля		Диф.зач /зач/ экз		КП/КР		Условие зачета		Получение оценки «зачтено»		Форма проведения самостоятельной работы		Подготовка к практическим, лабораторным работам, к зачёту.	
формы		Зач.		нет		дисциплины							
Перечень дисциплин, знание которых необходимо для изучения дисциплины						Химия, физика, математика, Высшая математика.							

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является ознакомление с видами ракетных топлив, составом продуктов горения, методами их определения, закономерностями, механизмами и кинетикой процессов горения.

Задачи дисциплины: приобретение теоретических знаний составам современных ракетных топлив; привитие навыков использования знаний о закономерностях процессов горения в технических системах.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: виды топлив, назначение их компонентов, закономерности процессов горения;

уметь: применять знания о составах и свойствах топлив для решения технических задач;

владеть: владеть навыками расчета параметров процессов горения.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО:

2.1. Дисциплина относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)».

2.2. Изучение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: химия; высшая математика; физика.

2.3. Для изучения дисциплины студент должен:

знать: законы физики и химии, формулы веществ и принципы их взаимодействия;

уметь: проводить простейшие расчеты в термодинамике и кинетике;

владеть: навыками записи схем химических процессов.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

3.1. Знания, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Знания
1.	Виды и классификация топлив.
2.	Назначение компонентов ТРТ. Зависимость свойств от состава.
3.	Закономерности процессов горения, механизмы и кинетика

3.2. Умения, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Умения
1.	Применять знания о составах и свойствах топлив для решения технических задач.
2.	Оценивать динамику процессов горения

3.3. Навыки, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

№ п/п	Навыки
1.	Владеть навыками расчета параметров процессов горения.
2.	Владеть навыками подбора состава топлив.

3.4. Компетенции, приобретаемые в ходе изучения дисциплины

Компетенции	Знания (№№ из 3.1)	Умения (№№ из 3.2)	Навыки (№№ из 3.3)
ПК-16. Способность разрабатывать и внедрять в производство с использованием нанотехнологий новые конструкционные материалы, в том числе композиционные, и технологические процессы, а также технологий по созданию	1,2	1	1,2

микроэлектромеханических систем.			
ПСК-5.1. Способность и готовность проводить проектные расчёты баллистических ракет с ракетными двигателями твёрдого топлива различного назначения, а также прочностные, тепловые, теплофизические и динамические расчёты твёрдотопливных двигателей, зарядов твёрдого топлива, подкреплённых отсеков, вспомогательных двигателей и других систем.	3	1,2	1
ПСК-5.2. Способность разрабатывать технологические процессы изготовления и испытания корпусов и зарядов РДТТ, отсеков ракет из конструкционных, в том числе новых композиционных материалов.	3	1,2	1

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/ п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек	прак	лаб	СРС	
1	Общие понятия о процессах горения топлив.	6	1 2 3 4	2 2 2 2	2 2 2	 2 2	6 4 6 4	Выполнение домашних, практических и лабораторных работ. Контрольная работа №1
2	Термодинамика и кинетика процессов горения топлив	6	5 6 7 8 9	2 2 2 2 2	2 2 2	2 2 2	4 6 4 4 6	Выполнение домашних, практических и лабораторных работ. Контрольная работа №2
3	Расчет основных параметров процессов горения.	6	10 11 12 13	2 2 2 2	2 2 2	 2 2	4 6 4 6	Выполнение домашних, практических работ. Контрольная работа №3
4	Твердые ракетные топлива	6	14 15 16	2 2 2	 2 2	 2 2	4 6 2	Выполнение домашних, практических работ. Контрольная работа №4
	Зачет	6					2	Вопросы к зачету
	Всего		144	32	16	16	80	

4.2. Содержание разделов курса

№ п/п	Раздел дисциплины	Знания (номер из 3.1)	Умения (номер из 3.2)	Навыки (номер из 3.3)
1	Общие понятия о процессах горения топлив. Классификация энергонасыщенных материалов. Целевые рабочие процессы. Основные количественные характеристики горения.	3	1,2	1,3

	Процессы горения конденсированных веществ.			
2	Термодинамика и кинетика процессов горения топлив; температурные характеристики горения. Макрокинетика высокотемпературного разложения. Исследование макрокинетических параметров горения СРТТ. Методики исследования макрокинетики горения и разложения.	2,3	1,2	1,3
3	Расчет основных параметров процессов горения. Модель горения СРТТ. Расчеты скорости горения одно и двух фракционных составов.	2,3	1,2	1,3
4	Твердые ракетные топлива. Номенклатура и обозначения. Физические и химические параметры стабильности. Зависимость свойств компонентов СРТТ от их строения.	1	3	1,2

4.3. Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час)
1.	1	Материальный баланс процессов горения. Расчет состава газовых и жидких смесей	2 2
2.	2	Энергетический баланс процессов горения Расчет температур горения, вспышки и воспламенения	2 4
3.	3	Расчет КППИ индивидуальных веществ и смесей Расчеты степени расширения и параметров взрывов	2 2
4.	4	Расчет показателей горения твердых веществ (топлив), методы оценки кислородного баланса энергонасыщенных компонентов	2
	Всего		16

4.4. Наименование тем практических работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (час)
1.	1	Методы оценки ресурса РДТТ. Методики оценки состава продуктов разложения конденсированных веществ	2 2
2.	2	Кинетика и механизмы термораспада полимеров и окислителей Термическое разложение смесевых систем	2 4
3.	3	Методики определения температурно-временного ресурса Расчеты процессов в к-фазе, расчеты газофазных процессов.	2 2
4.	4	Расчет скорости горения монофракционных составов.	2
	Всего		16

5. Содержание самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

5.1. Содержание самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование тем	Трудоемкость (час)
1.	1	История развития производства порохов и ТРТ в России	20
2.	2	Основы технологии производства порохов и ТРТ	20
3.	3	Методы испытаний ТРТ и их компонентов	20
4.	4	Жидкие ракетные топлива	18
	Всего		80

5.2. Оценочные средства, используемые для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по итогам освоения дисциплины, их виды и формы, требования к ним и шкалы оценивания приведены в приложении к рабочей программе дисциплины «Фонд оценочных средств по дисциплине «Химия ракетных топлив», которое оформляется в виде отдельного документа.

6. Рекомендуемые образовательные технологии

Образовательная технология	Кол-во ауд. часов при изучении дисциплины (модуля)
1. Иллюстративный материал, представленный в слайдах.	6
2. Работа в малых группах	4
Всего	10 (15,6%)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1	Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Физико-химические свойства порохов и ракетных твердых топлив [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2011. — 367 с. — 978-5-7882-1003-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62239.html	2011
2	Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Пороха и ракетные твердые топлива - источники тепловой энергии и газообразного рабочего тела [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009. — 256 с. — 978-5-7882-0757-5. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62551.html	2009

б) дополнительная литература

№ п/п	Наименование книги	Год издания
1	Цирельсон В.Г. Квантовая химия. Молекулы, молекулярные системы и твердые тела: учебное пособие. —М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. http://www.iprbookshop.ru/4580	2012
2	Взрывчатые вещества. Том 2. Взрывчатые вещества. Основные	2007

	свойства. Технология изготовления и переработки [Электронный ресурс]: учебное издание / Л.А. Андреевских [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2007. — 451 с. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60842.html .	
3	Твердые ракетные топлива [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Топлива и рабочие процессы ракетных двигателей на твердом топливе»/ А.В. Сухов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. -М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2006. -28 с. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/31274.html	2006
4	Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Воспламенение и горение порохов и ракетных твердых топлив [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2010. — 209 с. — 978-5-7882-0884-8. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62550.html	2010

г) программное обеспечение:

1. Microsoft Office 2016.
2. OpenOffice (свободно распространяемое ПО).
3. KMPlayer (свободное программное обеспечение).
4. FastStone Image Viewer (свободное программное обеспечение).
5. Acrobat Reader XI (свободное программное обеспечение).

д) методические указания:

1. Денисюк А.П., Шепелев Ю.Г. Определение баллистических характеристик и параметров горения порохов и ТРТ. Лабораторный практикум. М.: РХТУ, 2009.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения занятий с перечнем основного оборудования
1	Аудитория №314. Учебная мультимедийная аудитория. Оборудование: персональный компьютер или ноутбук, проектор, экран, наборы слайдов.
2	Аудитория №222. Лаборатория химии. Оборудование: Парты, стол преподавателя, доска аудиторная. Весы ВСЛ-200/0,1А электронные аналитические. Весы электронные аналитические ВЛ-210. Вытяжной шкаф. Вытяжной шкаф. Гиря калибровочная 100г. F1 (цил.). Дистиллятор ДД-1. Дистиллятор ДЭ-4-02-ЭМО (м.737). Иономер Анион-4110. Печь муфельная ПМ-8. Пирометр "Fiuke 62" инфракрасный электронный. Термостат ТС 1/80 СПУ. Источник питания Б5-21. Комплект гирь (10мг-500г). Таблица Менделеева. Цилиндр.
3	Аудитория для самостоятельной работы обучающегося - читальный зал Воткинского филиала ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова». Оборудование: Столы, компьютеры.

ЛИСТ УТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ НА УЧЕБНЫЙ ГОД

Рабочая программа дисциплины утверждена на ведение учебного процесса в учебном году

Учебный год	«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись, дата)
2018-2019	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Р.Ф. 25.08.2018 г.
2019-2020	Изменений нет <i>У</i> - Уразбахтин Р.Ф. 26.08.2019 г.
2020-2021	
2021-2022	
2022-2023	
2023-2024	
2024-2025	

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное федеральное образовательное учреждение
высшего образования

«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)

Воткинский филиал

Кафедра Ракетостроение

(наименование кафедры)

УТВЕРЖДЕН

на заседании кафедры

«_20_»_04_2019 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой

 Уразбахтин Ф.А.
(подпись)

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Химия ракетных топлив

(наименование дисциплины)

24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»

(шифр и наименование направления/специальности наименование дисциплины)

специализация: «РАКЕТЫ С РАКЕТНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА»

(наименование профиля/специализации/магистерской программы)

Специалист

Квалификация (степень) выпускника

Воткинск 2019

Содержание

Раздел	Стр.
Содержание	2
Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Химия ракетных топлив»	3
1. Зачетно-экзаменационные материалы	4
2. Комплекты оценочных средств	6
3. Темы для самостоятельной работы	12
4. Критерии формирования оценок на зачете и экзамене	13

**Паспорт
фонда оценочных средств по дисциплине
Химия ракетных топлив**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Общие понятия о процессах горения топлив.	ПК-16, ПСК-5.1, ПСК-5.2	Выполнение домашних, практических и лабораторных работ. Контрольная работа №1
2	Термодинамика и кинетика процессов горения топлив	ПК-16, ПСК-5.1, ПСК-5.2	Выполнение домашних, практических и лабораторных работ. Контрольная работа №2
3	Расчет основных параметров процессов горения.	ПК-16, ПСК-5.1, ПСК-5.2	Выполнение домашних, практических работ. Контрольная работа №3
4	Твердые ракетные топлива	ПК-16, ПСК-5.1, ПСК-5.2	Выполнение домашних, практических работ. Контрольная работа №4

1. Зачетно-экзаменационные материалы

Перечень контрольных вопросов для проведения зачета

1. Общие понятия о химии ракетных топлив. Классификация. Составы. Номенклатура.
2. Сущность процессов горения топлив. Материальный баланс процессов горения. Составление уравнений реакций горения горючих веществ в воздухе.
3. Способы расчета объема окислителя, объема и состава продуктов горения.
4. Энергетический баланс процессов горения. Расчет температуры горения.
5. Методики расчета температур горения с использованием средних значений теплоемкости и методом последовательных приближений.
6. Расчет КППП и минимальной флегматизирующей концентрации. Расчеты КППП для индивидуальных веществ и смесей.
7. Методы расчета температурных пределов распространения пламени. Температуры вспышки, воспламенения и самовоспламенения.
8. Понятие о расчете параметров взрыва топливных систем. Расчет максимального давления взрыва и скорости нарастания давления.
9. Твердые ракетные топлива. Основные составы и характеристики.
10. Методы расчета показателей горения твердофазных систем.

Тест для проведения зачета по дисциплине «Химия ракетных топлив»

1. Тротильный эквивалент представляет собой количество тротила

- 1) необходимое для инициации исследуемого заряда;
- 2) равное весу заряда исследуемого взрывчатого вещества;
- 3) оказывающего то же действие на окружающую среду, что и исследуемый заряд.

2. Сила пороха –

- 1) сила, с которой продукты горения пороха действуют на снаряд;
- 2) высота, на которую поднимется снаряд при вертикальной стрельбе;
- 3) работа, которую произведут продукты горения 1 кг пороха при нагревании их от 0 К до температуры горения T₁.

3. Взрыв представляет собой

- 1) превращение того или иного вида энергии в энергию сильно сжатых газов;
- 2) мгновенное расширение сильно сжатых газов и паров;
- 3) последовательное протекание вышеперечисленных процессов.

4. Является ли термит, реакция в котором идет по типу
 $2Al + Fe_2O_3 \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe + 830 \text{ кДж/моль}$ взрывчатым веществом?

- 1) Да, поскольку реакция экзотермична;
- 2) Да, поскольку реакция идет с большой скоростью;
- 3) Нет, поскольку не образуются газообразные продукты реакции.

5. Гремучая ртуть $Hg(ONC)_2$, азид свинца $Pb(N_3)_2$, тринитрорезорцинат свинца $C_6H(NO_2)_3(O_2Pb)H_2O$ и тетразен $C_2H_8ON_4$ относятся

- 1) к инициирующим взрывчатым веществам;
- 2) бризантным взрывчатым веществам;
- 3) метательным взрывчатым веществам.

6. Тринитротолуол $C_6H_2(CH_3)(NO_2)_3$, пикриновая кислота $C_6H_2(OH)(NO_2)_3$, гексоген $(CH_2NNO_2)_3$, октоген $(CH_2NNO_2)_4$ относятся:

- 1) к инициирующим взрывчатым веществам;
- 2) бризантным взрывчатым веществам;
- 3) метательным взрывчатым веществам.

7. Критический диаметр детонации –

- 1) диаметр заряда, выше которого происходит самопроизвольный взрыв;
- 2) диаметр заряда, ниже которого взрывной процесс затухает;
- 3) диаметр заряда, выше которого происходит разрушение заряда при длительном хранении.

8. Чувствительность взрывчатого вещества –

- 1) способность к самопроизвольным химическим превращениям;
- 2) способность претерпевать взрывное превращение под влиянием внешних воздействий;
- 3) способность вызывать аллергические реакции у взрывника.

9. Основным пластификатором в баллиститном порохе является:

- 1) вазелиновое масло;
- 2) дибутилфталат;
- 3) нитроглицерин.

10. Уравнение взрывчатого превращения 1 моля тетрила имеет вид:

- 1) $C_7H_5N_5O_8 = 3,5CO + 1,3CO_2 + 0,6H_2 + 1,5H_2O + 0,4NO + 2,3N_2 + 2C$.
- 2) $C_7H_5N_5O_8 = 3,5CO + 1,3CO_2 + 0,6H_2 + 5,5H_2O + 4NO + 2,3N_2 + 0,2CH_4 + 2C$.
- 3) $C_7H_5N_5O_8 = 3,5CO + 1,3CO_2 + 0,6H_2 + 1,5H_2O + 0,4NO + 2,3N_2 + 0,2CH_4 + 2C$.

11. Уравнение взрывчатого разложения смеси гексогена и аммиачной селитры 50/50 имеет вид:

- 1) $2,25C_3H_6N_6O_6 + 6,25NH_4NO_3 = 6,5CO_2 + 0,5CO + 2,9H_2O + 0,25H_2 + 9,9N_2$;
- 2) $2,25C_3H_6N_6O_6 + 6,25NH_4NO_3 = 5,5CO_2 + 0,25CO + 1,9H_2O + 2,25H_2 + 6,9N_2$;
- 3) $2,25C_3H_6N_6O_6 + 6,25NH_4NO_3 = 6,5CO_2 + 0,25CO + 1,9H_2O + 0,25H_2 + 6,9N_2$.

12. Уравнение взрывчатого превращения смеси, содержащей 63,2 %

тетранитропентаэритрита, 28,5 % аммиачной селитры и 8,3 % дицианамиды имеет вид:

- 1) $2C(CH_2ONO_2)_4 + 3,56NH_4NO_3 + 1,24HC_2N_3 = 4,68CO + 8,8CO_2 + 14,21H_2O + 2,44H_2 + 1,42N_2$;
- 2) $2C(CH_2ONO_2)_4 + 3,56NH_4NO_3 + 1,24HC_2N_3 = 6,48CO + 8,00CO_2 + 4,21H_2O + 1,44H_2 + 0,42N_2$;
- 3) $2C(CH_2ONO_2)_4 + 3,56NH_4NO_3 + 1,24HC_2N_3 = 4,48CO + 8,00CO_2 + 14,21H_2O + 1,44H_2 + 0,42N_2$.

13. Уравнение взрывчатого разложения тетранитропентаэритрита имеет вид

- 1) $3,16C(CH_2ONO_2)_4 = 10,3CO_2 + 6,48CO + 14,1H_2O + 1,48H_2 + NO + 1,4O_2 + 5,82N_2$;
- 2) $3,16C(CH_2ONO_2)_4 = 9,5CO_2 + 6,8CO + 11,1H_2O + 4,48H_2 + NO + 0,4O_2 + 3,82N_2$;
- 3) $3,16C(CH_2ONO_2)_4 = 9,3CO_2 + 6,48CO + 11,1H_2O + 1,48H_2 + NO + 0,4O_2 + 5,82N_2$.

14. Уравнение взрывчатого превращения 1 моля тротила имеет вид

1) $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3 = 5,8\text{C} + 1,2\text{CO} + 1,2\text{CO}_2 + 0,9\text{H}_2 + 1,9\text{H}_2\text{O} + 0,5\text{N}_2$;

2) $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3 = 3,8\text{C} + 2\text{CO} + 1,2\text{CO}_2 + 0,9\text{H}_2 + 1,6\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{N}_2$;

3) $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3 = 3,8\text{C} + 4\text{CO} + 1,2\text{CO}_2 + 1,9\text{H}_2 + 1,6\text{H}_2\text{O} + 2,5\text{N}_2$;

15. Уравнение взрывчатого превращения русского аммоксила (82 % аммиачной селитры и 18 % тринитроксилола) имеет вид

1) $10,25\text{MH}_4\text{NO}_3 + 0,747\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3(\text{CH}_3)_2 = 5,98\text{CO} + 33,12\text{H}_2\text{O} + 12,4\text{N}_2$;

2) $10,25\text{MH}_4\text{NO}_3 + 0,747\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3(\text{CH}_3)_2 = 5,98\text{CO} + 23,12\text{H}_2\text{O} + 11,4\text{N}_2$;

3) $10,25\text{MH}_4\text{NO}_3 + 0,747\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3(\text{CH}_3)_2 = 6,98\text{CO} + 3,12\text{H}_2\text{O} + 14,4\text{N}_2$.

16. Критический диаметр детонации при наличии оболочки

1) увеличивается;

2) уменьшается;

3) остается неизменным.

17. Скорость детонации чистого нитроглицерина

1) 7430 мм/с;

2) 7430 см/с;

3) 7430 м/с.

18. Скорость детонации тротила

1) 4700 мм/с;

2) 4700 см/с;

3) 4700 м/с.

19. Скорость детонации тетрила

1) 5480 м/с;

2) 5480 см/с;

3) 5480 мм/с.

20. Скорость детонации гексогена

1) 6600 м/с;

2) 6600 см/с;

3) 6600 мм/с;

21. Скорость детонации тэна (пентаэритриттетранитрата)

1) 4900 м/с;

2) 4900 см/с;

3) 4900 мм/с;

22. Скорость детонации октогена

1) 7900 м/с;

2) 7900 см/с;

3) 7900 мм/с.

23. Показатель ν в законе скорости горения

1) меньше нуля;

2) больше единицы;

3) $0 < \nu < 1$.

24. Коволюмом пороховых газов принято называть

1) объем парообразных и газообразных продуктов горения 1 кг пороха;

2) объем, пропорциональный объему молекул газов, образующихся при сгорании 1 кг пороха;

3) объем камеры сгорания, заполненный продуктами горения.

25. Кислородный коэффициент нитроглицерина равен:

1) 36,4 %;

2) 105,9 %;

3) 150 %.

26. Кислородный коэффициент тротила равен:

1) 36,4 %;

2) 105,9 %;

3) 150 %.

27. Кислородный коэффициент аммиачной селитры равен

1) 36,4 %;

2) 105,9 %;

3) 150 %.

28. Кислородный коэффициент нитрогликоля равен

1) 66,7%

2) 100%

3) 132,5%

29. Кислородный коэффициент октогена равен

1) 66,7%

2) 100%

3) 132,5%

30. Кислородный коэффициент гексогена равен

1) 66,7%

2) 100%

3) 132,5%

31. Бризантное действие взрыва вызывает

1) местное разрушение в результате резкого удара продуктов детонации по прилегающей к заряду среде;

2) отбрасывание среды, в которой происходит взрыв;

3) интенсивное световое излучение.

32. Рабочее давление в камере сгорания РДТТ лежит в диапазоне

1) 40...70 МПа;

2) 10...40 МПа;

3) 4...10 МПа.

33. Бризантность ВВ определяют

1) по обжатию свинцового столбика;

2) по расширению свинцовой бомбы;

3) по амплитуде звуковой волны.

34. Экссудация компонентов топлива является

1) технологическим процессом изготовления смесевых топлив;

2) нежелательным явлением при хранении порохов;

3) процессом, улучшающим характеристики топлива при хранении.

35. Работоспособность (фугасность) ВВ определяют

1) по обжатию свинцового столбика;

2) по расширению свинцовой бомбы;

3) по амплитуде звуковой волны.

36. Сила дымного пороха

1) меньше силы баллиститного пороха;

2) равна силе баллиститного пороха;

3) больше силы баллиститного пороха.

37. Теплота взрыва тротила по сравнению с теплотой сгорания древесины

1) больше;

2) меньше;

3) приблизительно равна.

38. Теплота взрыва тетрила по сравнению с теплотой сгорания нефтепродуктов

1) больше;

2) меньше;

3) приблизительно равна.

39. Теплота взрыва октогена по сравнению с теплотой сгорания каменного угля

1) больше;

- 2) меньше;
3) приблизительно равна.
- 40. Теплота взрыва гексогена по сравнению с теплотой сгорания древесины**
1) больше;
2) меньше;
3) приблизительно равна.
- 41. Теплота взрыва нитроглицерина по сравнению с теплотой сгорания нефтепродуктов**
1) больше;
2) меньше;
3) приблизительно равна.
- 42. Теплота взрыва ТЭНа по сравнению с теплотой сгорания каменного угля**
1) больше;
2) меньше;
3) приблизительно равна.
- 43. Чем ниже молекулярный вес продуктов горения, тем метательная способность пороха**
1) ниже;
2) выше;
3) не влияет.
- 44. Гравиметрическая плотность –**
1) отношение массы пороха, свободно насыпанного в цилиндрический сосуд определенного объема, к объему этого сосуда;
2) отношение массы заряда к объему пороховых элементов;
3) отношение объема цилиндрического сосуда к массе пороха, свободно насыпанного в этот сосуд.
- 45. Термостабильность –**
1) способность противостоять образованию дефектов в зарядах при длительном воздействии температуры;
2) способность пороха воспламеняться только при воздействии высоких температур;
3) способность топлива сопротивляться химическим превращениям при действии высоких температур.
- 46. Химическая стойкость пороха – способность пороха сопротивляться**
1) воздействию химически-активных реагентов;
2) любому химическому превращению;
3) внешним воздействиям при хранении и эксплуатации.
- 47. Фугасное действие взрыва вызывает**
1) местное разрушение в результате резкого удара продуктов детонации по прилегающей к заряду среде;
2) отбрасывание среды, в которой происходит взрыв;
3) интенсивное световое и звуковое излучение.

2. Показатели и критерии оценивания компетенций

2.1. Фонд тестовых заданий

Примерные варианты заданий для контрольных работ

Вариант №1.

1. Рассчитать объем воздуха и продуктов горения (%), образующихся при сгорании 10 кг диэтилового эфира, если горение происходит при $P=100$ кПа, $T = 323$ К, коэффициент избытка воздуха равен 1,9.
2. Методом последовательных приближений рассчитать адиабатическую температуру горения для стехиометрической смеси $C_4H_{10}O$ с воздухом.
3. Рассчитать КППП для состава и условий: $H_2 - 20\%$, $CH_4 - 25\%$, $CO - 50\%$, $H_2O - 5\%$; $P=100$ кПа, $T = 313$ К.

Вариант №2.

1. Рассчитать объем и состав продуктов горения смеси газов (H_2 – 50%, C_4H_{10} – 8%, CO_2 – 20%, C_2H_4 – 20%, O_2 – 2%) если коэффициент избытка воздуха равен 1,1.
2. Вычислить температуру горения твердого вещества (30% - с, 5% - Н, 12% - О, 5% - S, 2% - N), если коэффициент избытка воздуха равен 1,6, а доля потерь тепла излучением равна 0,6.
3. Рассчитать стандартную температуру самовоспламенения 2,4-диметил -3- этилпентанола - 1.

Примеры заданий контрольных работ для проведения аттестации

1. Вычислить кислородный баланс нитрогликоля $[C_2H_4(ONO_2)_2]$.
2. Вычислить кислородный баланс амматол 80/20 (80 % аммиачной селитры и 20 % тротила).
3. Вычислить кислородный баланс гремучего студня состава: 88 % нитроглицерина и 12 % пироксилина.
4. Вычислить кислородный баланс амматол состава 50/50.
5. Бездымный порох, предложенный Нобелем (баллистит), имел следующий состав: 49,5 % пироксилина, 49,5 % нитроглицерина и 1 % дифениламина. Вычислить кислородный баланс этого пороха, приняв формулу пироксилина $C_{24}H_{29}O_9(ONO_2)_{11}$
6. Составить смесь с нулевым кислородным балансом из аммиачной селитры и порошка алюминия.
7. Составить смесь с нулевым кислородным балансом из угля и аммиачной селитры.
8. Составить амматол с кислородным балансом, равным –8 %.
9. Амматол 80/20 $[80\% NH_4NO_3 \text{ и } 20\% C_6H_2(NO_2)_3 CH_3]$ при взрыве образует продукты полного окисления углерода и водорода. Вычислить теплоту взрыва одного килограмма амматол (Qv).
10. Взрывчатое разложение сильно запрессованного пикрата аммония соответствует уравнению
$$2C_6H_2(NO_2)_3ONH_4 = CO_2 + 11CO + H_2O + 5H_2 + 4N_2 + QV.$$
Вычислить температуру взрыва пикрата аммония. Теплота образования пикрата аммония равна +473,1 кДж/моль.
11. Уравнение взрывчатого разложения гексогена, по данным Штеттбахера, имеет следующий вид:
$$C_3H_6N_6O_6 = 0,7CO_2 + 2,3CO + 2,3H_2O + 0,7H_2 + 3N_2 + QV.$$
Вычислить температуру взрыва гексогена, если теплота образования гексогена равна –93,3 кДж/моль.
12. Вычислить давление, развивающееся в бомбе Бихеля емкостью 15 л при взрыве в ней 255 г тетрила, если сила его $f = 12000 \text{ л} \cdot \text{атм/кг}$ и коволюм $\alpha = 0,74 \text{ л/кг}$.
13. Вычислить скорость потока продуктов за детонационной волной, если скорость детонации газообразной смеси $D = 2800 \text{ м/с}$, давление в детонационной волне $p = 22 \text{ кг/см}^2$ и $\rho_0 = 0,91 \cdot 10^{-3} \text{ г/см}^2$. Начальным давлением пренебречь.

Критерии формирования оценок по контрольной работе

- «неудовлетворительно» - обучающийся решил правильно менее 3-х задач;
- «удовлетворительно» - обучающийся решил правильно 3 задачи без недочетов или 4 задачи с недочетами;
- «хорошо» - обучающийся решил правильно 4 задачи, показав развернутое решение;
- «отлично» - обучающийся решил безукоризненно 5 задач.

3. Темы для самостоятельной работы

Варианты заданий для самостоятельной работы: поиск учебных пособий по данному материалу, подготовка презентации и доклада

3. Материальный баланс процессов горения

Варианты заданий для самостоятельной работы: поиск учебных пособий по данному материалу, подготовка презентации и доклада

1. Расчет состава газовых и жидких смесей.
2. Энергетический баланс процессов горения.
3. Расчет температур горения, вспышки и воспламенения.
4. Расчет КПП индивидуальных веществ и смесей.
5. Расчеты степени расширения и параметров взрывов.
6. Расчет показателей горения твердых веществ (топлив).
7. **Требования к результатам освоения дисциплины:**

4. Шкалы оценивания

4.1. Оценку «зачтено» за контрольную работу (работы) обучающийся получает при правильном выполнении не менее 80% заданий.

4.2. Критерии формирования оценок на зачете

По балльно-рейтинговой системе для допуска на экзамен обучающийся должен набрать не менее 44 баллов.

Согласно балльно-рейтинговой системе, положительные оценки обучающий может получить автоматически при наличии у него 65 и более баллов:

«удовлетворительно» (3) - от 65 до 80 баллов;

«хорошо» (4) - от 81 до 95 баллов;

«отлично» (5) - от 96 до 100 баллов.

Если обучающегося оценка (4 или 3) не удовлетворяет, он может повысить свою оценку на зачете.

Максимальное количество баллов на зачете – 20.

На зачет в билете представлено два вопроса и одна задача (три вопроса).

Обучающийся заслуживает «зачтено», если:

- правильно решит задачу и не ответит на теоретические вопросы;
- правильно решит задачу и ответит правильно и подробно на один из теоретических вопросов;
- правильно решит задачу и ответит правильно и подробно на оба теоретических вопроса.

5. Методика организации текущего контроля

Вид обучения	Номер контрольной точки (КТ)	Темы лекций, практические занятия, лабораторные работы рабочей программы, подлежащие контролю (номер из 4.1)	Форма и методы контроля КТ	Номер раздела РП с примерными заданиями	Максимальный балл по каждой форме контроля
1	2	3	4	5	6
Лекции	1А	1-4	Контрольная работа №1	6.1	10
	2А	1-4	Контрольная работа №2	6.1	10
	3А		Доп. вопросы	6.1	5
Практические занятия (семинары)	1А	1-4	Работа на занятиях	6.1. 6.2	10
	2А		Работа на занятиях	6.2	10
	3А		Доп. вопросы	6.2	5
Лабораторные занятия	1А	1-4	Выполнение лабораторных работ	4.3	15
	2А		Выполнение лабораторных работ	4.3	15
Самостоятельная работа	1А		Отчеты по лабораторным работам	4.3	15
Посещение занятий	1А		Контроль посещаемости		5
Зачет	В конце семестра		Вопросы к зачету	6.4	0
Всего баллов				100	