

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 14 » апреля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Химическая физика энергонасыщенных материалов  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 18.03.01 Химическая технология  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Химическая технология (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - Формирование знаний, умений и навыков теоретически рассчитывать и экспериментально определять термодинамические, термостойкостные и взрывчатые характеристики энергонасыщенных материалов (ЭМ). Формирование навыков комплексной оценки физико-химических и специальных свойств ЭМ.

Задачи:

- Изучение физико-химических и энергомассовых характеристик основных рецептур энергонасыщенных материалов (ЭМ) и их компонентов; основных физико-химических процессов, протекающих при изготовлении, хранении, эксплуатации; механизмов термического разложения, всех форм и видов горения и детонации ЭМ, методов ингибирования и катализа самоускоряющихся реакции.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основные виды ЭМ.

Их основные свойства и качества:

- физико-химические, энергетические и взрывчатые характеристики;
- процессы, протекающие при изготовлении, хранении, эксплуатации и взрывном пре-вращении;
- методы, способы и приборы для комплексной оценки физико-химических и специальных свойств.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.11	ИД-1ПК-2.11	Знание физико-химические, энергетические характеристики ЭМ и их компонентов, механизмы термического распада, теплового старения, горения и детонации ЭМ	Знает свойства и характеристики порохов, твердых ракетных топлив, полимерных композиционных материалов и их исходных веществ	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.11	ИД-2ПК-2.11	Умение выполнять прогнозные оценки продолжительности сохранения работоспособности ЭМ, теоретически рассчитывать и определять термодинамические и энергомассовые характеристики ЭМ	Умеет проводить испытания порохов, твердых ракетных топлив, полимерных композиционных материалов, изделий из них и их исходных веществ	Защита лабораторной работы
ПК-2.11	ИД-3ПК-2.11	Навыки владения основными методами оценки и прогноза физико-химических и специальных свойств ЭМ. Владение приемами постановки экспериментов и обработки их результатов.	Владеет навыками проведения исследований характеристик порохов, твердых ракетных топлив, полимерных композиционных материалов, изделий из них и их исходных веществ	Курсовая работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	63	63	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	25	25	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
8-й семестр				
Понятие стабильности ЭМ во времени. Прогноз сохранения работоспособности. Способы обеспечения и подтверждения ГСХ.	6	9	4	20
Тема 1. Процессы, развивающиеся в ЭМ при тепловом старении. Выбор критериев старения ЭМ. Термостабильность. Стабилизаторы химической стойкости, антиоксиданты. Скорость химической реакции. Химическое равновесие. Тема 2. Гарантийный срок хранения. Основные положения методики прогноза. Принцип температурно-временной эквивалентности. Температурная зависимость Аррениуса. Понятие энергии активации. Понятие эквивалентной температуры. Расчёт эквивалентной продолжительности форсированного старения. Тема 3. Организация экспериментов и способы математической обработки результатов ускоренного старения. Способы подтверждения сохранения работоспособности изделий на основе ЭМ в течение ГСХ. Ускоренные климатические испытания.				
Термохимия ЭМ	2	2	2	9
Тема 4. Чувствительность ЭМ к тепловому импульсу. Тепловой и огневой начальный импульс. Температуры начала разложения ЭМ и вспышки. Критические условия теплового самовоспламенения.				
Взрывчатые химические превращения. Условия химического взрыва.	5	2	2	16
Тема 5. Формы взрывного превращения. Термическое разложение. Горение: послойное, объёмное фильтрационное, конвективное, взрывное. Дефлорация. Низкоскоростная и нормальная (устойчивая) детонация. Тема 6. Стадии взрыва. Экзотермичность, интенсивное газообразование, скорость превращения и самораспространение, как условия взрывчатого превращения. Принцип Ю.Б. Харитона. Тема 7. Закон скорости горения. Линейная и массовая скорости горения. Скорость детонации.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Показатели взрывоопасности (чувствительности) ЭМ.	6	3	4	20
Тема 8. Стандартизованные методы оценки чувствительности ЭМ к механическим воздействиям. Тема 9. Чувствительность к электрическому разряду (искре). Электризация ЭМ. Тема 10. Ударно-волновая чувствительность. Восприимчивость ЭМ к детонации. Условия перехода горения ЭМ во взрыв и детонацию. Критический диаметр детонации. Критическое давление возбуждения детонации. Тема 11. Воздействие взрыва на окружающую среду. Тротиловый эквивалент. Детонация через влияние. Поле взрыва. Метод тротилового эквивалента при прогнозе уровней разрушений и расчёте безопасных расстояний. Формула М.А. Садовского. Бризантное и фугасное действия.				
Тепловая теория воспламенения ЭМ.	4	2	4	12
Тема 12. Режимы теплового равновесия и теплового взрыва. Автокатализ ЭМ. Критические условия. Вырожденный тепловой взрыв. Самовоспламенение и зажигание – два режима горения ЭМ. Тема 13. Решение задач теплопроводности в ЭМ с внутренними источниками тепла. Постановка задачи, начальные и граничные условия (критерии однозначности). Критерии подобия: Семенова и Франк- Каменецкого, индукционный периода воспламенения. Решения тепловых задач методами численного математического моделирования.				
Показатели эксплуатационной безопасности ЭМ и изделий.	2	0	2	4
Тема 14. Требования, предъявляемые к изделиям на основе ЭМ, при случайном падении на жёсткие основания, простреле быстролетающими телами, воздействию пожара, и их обеспечение.				
ИТОГО по 8-му семестру	25	18	18	81
ИТОГО по дисциплине	25	18	18	81

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Анализ факторов, влияющих на продолжительность сохранения работоспособности гомогенных ЭМ в составе изделий в различных температурных условиях эксплуатации.
2	Обоснованный выбор критериев для назначения ГСХ изделий в зависимости от их размеров, формы, наличия и видов бронирующих покрытий, параметров переработки.

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
3	Построение ряда чувствительности различных видов ЭМ к тепловому импульсу, механическим воздействующим факторам.
4	Сценарии (схемы) развития перехода послойного горения конденсированных ЭМ до более высоких форм.
5	Анализ начальных импульсов возбуждения взрывчатого превращения. Факторы, влияющие на чувствительность.
6	Меры предотвращения накопления статического электричества в производствах ЭМ
7	Поставка тепловой задачи для получения однозначного решения для системы ЭМ, то есть материалов с внутренними источниками тепла.
8	Анализ критериев подбора изделий-аналогов в случае отсутствия полигонных экспериментов, в обеспечение эксплуатационной безопасности изделий из ЭМ.

#### Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Расчёт эквивалентных температур хранения и эксплуатации ЭМ. Исследование влияния факторов, влияющих на величину эквивалентных температур.
2	Расчёт энергии активации процесса потери термостабильности по результатам экспериментов по ускоренному тепловому старению.
3	Расчёт индукционного периода термостабильности расчётно-экспериментальным методом. Исследование влияния различных факторов на термостабильность
4	Назначение режимов УКИ в подтверждение ГСХ
5	Расчёт кинетических параметров скорости термического разложения ЭМ по результатам манометрических испытаний
6	Расчёт теплоты и температуры взрывчатого превращения
7	Расчёт давления во фронте ударной волны на заданных расстояниях от эпицентра
8	Определение критических параметров теплового взрыва.

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Расчёт термостабильности шашки из ЭМ баллистического типа при её хранении и эксплуатации в наиболее теплонапряжённых регионах территории РФ и Земного Шара.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Талин Д. Д. Прогнозирование сроков служебной пригодности зарядов из порохов и твердых ракетных топлив : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2006. 141 с.	31
2	Талин Д. Д. Физико-химические свойства взрывчатых веществ, порохов и твердых ракетных топлив : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007. 273 с.	49

<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Рогов Н.Г., Груздев Ю.А. Физико-химические свойства порохов и твердых ракетных топлив : учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГТУ, 2005. 200 с.	37
2	Химическая физика процессов горения и взрыва : горение гетерогенных и газовых систем. Черноголовка : Ин-т химич. физики, 1977. 109 с.	1
3	Штейнберг А. С. Быстрые реакции в энергоёмких системах. Высокотемпературное разложение ракетных топлив и взрывчатых веществ : монография. Москва : Физматлит, 2006. 206 с. 13 усл. печ. л.	1
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Физика горения и взрыва : научно-теоретический журнал. Новосибирск : СО РАН, 1965 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	не предусмотрено	1
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Талин Д. Д. Вычислительный эксперимент в химической физике энергонасыщенных материалов : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2019. 93 с. 6,0 усл. печ. л.	5
2	Талин Д. Д. Химическая физика энергонасыщенных материалов : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2018. 157 с. 9,875 усл. печ. л.	5
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Косточко А. В., Казбан Б. М. Пороха, ракетные твёрдые топлива и их свойства : учебное пособие. Москва : ИНФРА-М, 2014. 399 с. 25,0 усл. печ. л.	20

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Штейнберг А. С. Быстрые реакции в энергоёмких системах. Высокотемпературное разложение ракетных топлив и взрывчатых веществ : монография. Москва : Физматлит, 2006. 206 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/5243">https://elib.pstu.ru/docview/5243</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Талин Д. Д. Вычислительный эксперимент в химической физике энергонасыщенных материалов : учебное пособие / Д. Д. Талин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2019.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4658">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=4658</a>	локальная сеть; свободный доступ



Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Талин Д. Д. Прогнозирование сроков служебной пригодности зарядов из порохов и твердых ракетных топлив : учебное пособие / Д. Д. Талин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2006.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2983">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=2983</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Талин Д. Д. Физико-химические свойства взрывчатых веществ, порохов и твердых ракетных топлив : учебное пособие / Д. Д. Талин. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007.	<a href="https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=576">https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=576</a>	локальная сеть; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Косточко, А. В. Пороха, ракетные твердые топлива и их свойства. Физико-химические свойства порохов и ракетных твердых топлив : учебное пособие / А. В. Косточко, Б. М. Казбан. — Казань : КНИТУ, 2011. — 368 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/13316">https://e.lanbook.com/book/13316</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

## 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	ноутбук	1
Курсовая работа	проектор	1
Курсовая работа	экран	1
Лабораторная работа	персональный компьютер	14
Лекция	ноутбук	1
Лекция	проектор	1
Лекция	экран	1
Практическое занятие	ноутбук	1
Практическое занятие	проектор	1
Практическое занятие	экран	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

*(наименование факультета)*

Технология полимерных материалов и порохов

*(наименование кафедры, ведущей дисциплину)*

***Приложение к рабочей программе дисциплины***

**Химическая физика энергонасыщенных материалов**

*(наименование дисциплины по учебному плану)*

**Направление подготовки:**

18.03.01 - «Химическая технология»

*(код и наименование)*

**Направленность  
образовательной программы:**

«Химическая технология полимерных  
материалов и энергетических  
конденсированных систем»

*(наименование профиля/специализации)*

**Уровень высшего образования:**

бакалавриат

*(бакалавриат / магистратура / специалитет)*

**Форма обучения:**

заочная

*(очно-заочная / заочная)*

Данное приложение является неотъемлемой частью рабочей программы дисциплины (РПД) «Химическая физика энергонасыщенных материалов» и включает дополнения новых пунктов, связанные со спецификой заочной формы обучения, остальные пункты и таблицы РПД очной формы обучения применяются без изменений.

Таблица 3.1 – Объём и виды учебной работы

№ п.п	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		всего	Номер семестра
1	<b>Аудиторная (контактная работа)</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
	- лекции (Л)	8	8
	- лабораторные работы (ЛР)	6	6
	- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	6	6
	- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2
2	<b>Самостоятельная работа студентов (СРС)</b>	<b>118</b>	<b>118</b>
	- изучение теоретического материала	58	58
	- подготовка к практическим занятиям	20	20
	- подготовка отчетов по практическим занятиям	10	10
	- выполнение контрольной работы	30	30
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: <i>Дифференцированный зачёт - 10 семестр</i>	4	4
4	<b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b>		
	<b>в часах (ч)</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>в зачётных единицах (ЗЕ)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

#### 4.1. Контрольная работа (домашняя)

Тематика контрольных работ по дисциплине

#### ВАРИАНТ 1

1. Понятия стабильности ЭМ, процесса их старения. Определения срока технической пригодности (СТП), гарантийного срока хранения (ГСХ) и назначенного срока службы (НСС). Принципиальные отличия понятий.
2. Факторы, влияющие на термостабильность.
3. Характеристика детонационного процесса. Факторы, влияющие на скорость детонации ЭКМ.
4. Методы оценки чувствительности к механическим воздействиям. Деление методов на группы. Достоинства и недостатки двух групп методов.
5. Показатели эксплуатационной безопасности изделий на основе ЭМ. Критерии подбора изделий-аналогов в случае отсутствия полигонных экспериментов.

#### ВАРИАНТ 2

1. Стабилизаторы химической стойкости: определение, назначение. Антиоксиданты: какой процесс и каким образом ингибируется вводом в рецептуру антиоксидантов?
2. Классический метод подтверждения сохранения работоспособности изделиями на основе КМ после ГСХ. Назначение режимов ускоренных климатических испытаний.
3. Характеристика процесса горения. Известные формы горения ЭМ.

- |  |
|--|
| 4. Показатели чувствительности. Начальный импульс. Что такое чувствительность ЭМ, чем она характеризуется? |
| 5. Стандартные параметры бросковых испытаний изделий на основе ЭМ. Показатель энергии соударения.          |

#### ВАРИАНТ 3

- |  |
|--|
| 1 Оценка стойкости ЭМ к тепловому импульсу. Показатели стойкости. Ряд чувствительности ЭМ к тепловому импульсу.                  |
| 2. Основные принципы организации экспериментов по ускоренному тепловому старению образцов ЭМ.                                    |
| 3. Формы взрывного превращения. Основные отличия. Величина (порядок) скоростей процессов, относящихся к взрывчатому превращению. |
| 4. Тротиловый эквивалент.  |
| 5. Самовоспламенение и зажигание – два режима горения изделий на основе ЭМ.  |

#### ВАРИАНТ 4

- |   |
|---|
| Критерии старения ЭМ баллистического типа.  |
| Критерии старения ЭМ смешанного типа.   |
| Основные принципы расчётно-экспериментального метода оценки термостабильности.                                |
| Кислородный баланс и кислородный коэффициент.   |
| Критический диаметр детонации; факторы, влияющие на его величину. Критическое давление возбуждения детонации. |
| Бризантное и фугасное действия.   |

#### ВАРИАНТ 5

- |  |
|--|
| Принцип температурно-временной эквивалентности. Зависимость скорости процесса старения от температуры.                                 |
| Понятие эквивалентной температуры. Показатели, влияющие на расчётную величину эквивалентной температуры; характер этого влияния.       |
| Способность химических реакций к самораспространению. Принцип Ю. Б. Харитона.  |
| Чувствительность ЭМ к искровому разряду. Показатель степени опасности к искровому разряду. От чего зависит способность к электризации. |
| Механизм перехода горения в детонацию конденсированных ЭМ.   |

#### ВАРИАНТ 6

- |  |
|--|
| Закон Аррениуса. Формулировка, назначение. Характеристики его коэффициентов.                                       |
| Теплота взрывного превращения. Метод оценки теплоты взрыва Г. И. Гесса. Принцип Ле-Шателье.                        |
| Основные методы термического физико-химического анализа  |
| Условия химического взрыва.  |
| Тепловое воспламенение ЭМ. Режимы теплового равновесия и теплового взрыва. Критические параметры теплового взрыва. |

#### ВАРИАНТ 7

- |  |
|--|
| Понятие энергии активации процесса (применительно к тепловому старению ЭМ)   |
| Общие характеристики и отличия между взрывчатыми веществами, пиротехническими составами и порохами (топливами). Характерный для каждого материала вид взрывчатого превращения. |
| Общее определение взрыва. Какие виды взрывов Вы знаете? Стадии взрыва.   |

Характеристика процесса термического разложения ЭМ; факторы, влияющие на его скорость.
--

Метод тротилового эквивалента при прогнозе уровней разрушений. Что понимают под полем взрыва?
---

#### ВАРИАНТ 8

Виды метательных ЭКМ. В чём их принципиальные отличия? В чём разница и что объединяет гомогенные пороха?
--

Основные положения методики прогноза изменения свойств ЭМ во времени.
---

Определение индукционного периода термостабильности образцов ЭМ баллистического типа в условиях ускоренного теплового старения.
---

Переход горения во взрыв или детонацию. Условия для перехода, факторы восприимчивости ЭМ к детонации.
---

Стандартные требования устойчивости изделий на основе ЭМ к прострелу быстролетающими телами.
--

#### ВАРИАНТ 9

Процессы, протекающие в ЭМ при старении. Критерий старения.
---

Понятие термостабильности гомогенных ЭМ.
--

Температура взрывного превращения. Зависимость средних молекулярных теплоёмкостей от температуры.
---

Детонация через влияние
-------------------------

Что понимается под анизотропией свойств ЭМ пироксилинового и баллистического типов и как она проявляется?
---

Указания по подготовке контрольной работе.

Для подготовки контрольной работы преподаватель на первом занятии выдает студенту задание из представленного перечня. Контрольная работа выполняется самостоятельно **в соответствии с Методическими рекомендациями по самостоятельной работе.**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**  
Аэрокосмический факультет

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Химическая физика энергонасыщенных материалов»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	18.03.01 - «Химическая технология»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	«Химическая технология полимерных материалов и энергетических конденсированных систем»
<b>Квалификация выпускника:</b>	бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	«Технология полимерных материалов и порохов»
<b>Форма обучения</b>	заочная

**Курс:** 5 **Семестр:** 10

**Трудоёмкость:**

- кредитов по рабочему учебному плану (РУП):	4 ЗЕ
- часов по рабочему учебному плану (РУП):	118 ч

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифференцированный зачет: 10 семестр.

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение шестого семестра учебного плана и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче практических работ и дифференцированного зачёта. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий			Рубежный	Итоговый
	С	ТО	ИЗ	КР	Дифф. зачёт
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>Знание</b> физико-химические, энергетические характеристики ЭМ и их компонентов, механизмы термического распада, теплового старения, горения и детонации ЭМ	С	ТО	Р	КР1	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
<b>Умение</b> выполнять прогнозные оценки продолжительности сохранения работоспособности ЭМ, теоретически рассчитывать и определять термодинамические и энергомассовые характеристики ЭМ	С	ТО	Р	КР2	ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>Владение</b> приёмами организации испытаний для оценки детонационных, энергомассовых и специальных свойств ЭМ и целью обеспечения безопасных режимов переработки, хранения и эксплуатации.	С	ТО	Р	КР3	ПЗ



С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум<sup>7</sup> (теоретический опрос); КР – контрольная работа; ИЗ – индивидуальное задание; Р – реферат ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета в 10 семестре, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучающихся, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучающимися отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала проводится в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов или контрольных работ по темам. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических работ и реферата.

### **2.2.1. Реферат**

Согласно РПД запланировано индивидуальное задание в виде подготовки и защиты реферата (Р), которое осуществляется в 10 семестре учебного плана.

#### **Типовые темы для реферата:**

- 1) Основные положения методики прогноза изменения эксплуатационных свойств ЭМ во времени.
- 2) Элементы, входящие в математическую постановку тепловой задачи.
- 3) Анализ факторов, влияющих на термостабильность.
- 4) Определение и характеристики известных видов взрывов.
- 5) Анализ трёх основных форм взрывного химического превращения ЭМ.
- 6) Анализ факторов, влияющих на его величину критического диаметра детонации ЭМ.
- 7) Использование метода тротилового эквивалента при прогнозе уровней разрушений при взрыве и расчёте безопасных расстояний.
- 8) Оценка работы взрыва за счёт бризантного и фугасного действий.
- 9) Самовоспламенение и зажигание – два режима воспламенения ЭМ.

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация проводится в виде бланочного тестирования. Тест содержат теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Тестовые вопросы формируются таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

#### **2.3.1. Типовые вопросы дифференцированного зачёта**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Определения срока технической пригодности, гарантийного срока хранения и назначенного срока службы. Принципиальные отличия понятий
2. Стабилизаторы химической стойкости и антиоксиданты: какие процессы и каким образом ингибируются вводом их в рецептуры ЭМ?
3. Условия протекания химической реакции в виде взрывчатого превращения.
4. От чего зависит способность к электризации и следовательно чувствительность ЭМ к искровому разряду.

##### **Типовые вопросы и практические задания для контроля усвоенных умений и владений:**

1. Метод подтверждения сохранения работоспособности изделиями на основе ЭМ после ГСХ
2. Методы оценки чувствительности к механическим воздействиям.

3. Сценарии (схемы) развития перехода послойного горения конденсированных ЭМ до более высоких форм.

4. Критерии подбора изделий-аналогов для полигонных испытаний на эксплуатационную безопасность (сброс, прострел)

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций.**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций.**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций.**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.