


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

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы


Л.Л.Хименко
д.т.н., зав.кафедрой ТПИМП

«20» «05» 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры
«Научные основы проектирования энергонасыщенных материалов»**

Научная специальность	2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Химическая технология полимерных композиций, порохов и твердых ракетных топлив
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Технология полимерных материалов и порохов (ТПИМП)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Виды контроля с указанием семестра: Экзамен: Зачет: 4	Диф.зачет

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Научные основы проектирования энергонасыщенных материалов» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – изучение комплексного проектирования составов энергонасыщенных материалов.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Научные основы проектирования энергонасыщенных материалов» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

• **знать:**

- методы термодинамического расчета состава и продуктов горения порохов и твердых ракетных топлив;
- методы расчета реологических и физико-механических характеристик порохов и твердых ракетных топлив;

• **уметь:**

- анализировать требования технического задания на создание энергонасыщенного материала и ставить задачу на проектирование;

• **владеть:**

- методами расчета энергетических, баллистических, реологических и физико-механических характеристик энергонасыщенных материалов (порохов и твердых ракетных топлив);
- методами математического моделирования для проектирования состава с заданными баллистическими, реологическими и физико-механическими характеристик энергонасыщенных материалов (порохов и твердых ракетных топлив).

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-

	Практические занятия (ПЗ)	16
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
2	Самостоятельная работа (СР)	51
	Форма итогового контроля:	зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Термодинамический расчет состава и температуры продуктов горения порохов и твердых ракетных топлив.

ПЗ – 4 ч, СРС – 12 ч.

Тема 1. Математическая модель процесса взрывного превращения.

Взрывное превращение и его математическое описание. Характеристики взрывного превращения.

Тема 2. Методы решения математических моделей.

Нахождение решения математической модели. Построение треугольника Гиббса. Определение путей компоновки состава с заданными свойствами.

Раздел 2. Баллистическое проектирование энергонасыщенных материалов.

ПЗ – 4 ч, СРС – 11 ч.

Тема 3. Анализ состояния дел и постановка задачи на проектирование. Обоснование требований технического задания.

Построение связей между внутрибаллистическими характеристиками заряда по требованиям тактико-технического задания и свойствами энергонасыщенного материала. Обеспечение заданных внутрибаллистических характеристик.

Тема 4. Баллистическое проектирование состава с заданными свойствами.

Построение зависимости "состав-свойства" и определение путей компоновки для получения состава с заданными свойствами.

Раздел 3. Прогнозирование реологических характеристик. ПЗ – 4 ч, СРС – 12 ч.

Тема 5. Плотность упаковки твердых дисперсных наполнителей полимерных композиционных материалов.

Плотность упаковки твердых дисперсных наполнителей и ее значение для проектирования составов энергонасыщенных материалов как частного случая полимерной композиции.

Тема 6. Определение и оптимизация плотности упаковки.

Методы определения и оптимизации плотности упаковки. Использование методов моделирования для расчета плотности упаковки.

Раздел 4. Прогнозирование физико-механических характеристик. ПЗ – 4 ч, СРС – 16 ч.

Тема 7. Физико-механические характеристики порохов и твердых ракетных топлив.

Основные физико-механические характеристики порохов и твердых ракетных топлив как частного случая полимерных композиционных материалов. Использование методов моделирования для прогнозирования физико-механических характеристик.

Тема 8. Энергия механического разрушения.

Расчет энергии разрушения полимерных композиционных материалов. Оптимизация энергии разрушения.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	3	Разработка технического задания на проектирование энергонасыщенного материала. Оценка влияния компонентного состава на комплекс свойств.	Собеседование. Творческое задание	Какие характеристики энергонасыщенного материала могут быть приведены в техническом задании для изделий РСЗО. Что требуется ввести в материал для повышения единичного импульса
2	4	Баллистическое проектирование энергонасыщенного материала	Собеседование. Творческое задание.	Спроектировать рецептуру высокоскоростного материала с низким значением барического показателя
3	5, 6	Определение и оптимизация плотности упаковки твердых дисперсных наполнителей для расчета реологических характеристик	Собеседование. Творческое задание	Определить плотность упаковки материала, содержащего 15% связующего и 85%ПХА (Д:С=80:20)
4	7, 8	Прогнозирование физико-механических характеристик наполненных энергонасыщенных материалов. Оптимизация энергии разрушения	Собеседование. Творческое задание	Разработать высокоэластичный материал на основе каучука пр.7А. Как увеличить энергию разрушения такого материала

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	3	Разработка технического задания на проектирование энергонасыщенного материала. Оценка влияния компонентного состава на комплекс свойств.	Собеседование. Творческое задание	Провести оценку влияния ввода в энергонасыщенный материал нитроаминов (октоген) на основные свойства
2	4	Баллистическое проектирование энергонасыщенного материала	Собеседование.	Спроектировать рецептуру высоко-

			Творческое задание.	энергетического материала с низким значением к-фазы
3	5, 6	Определение и оптимизация плотности упаковки твердых дисперсных наполнителей для расчета реологических характеристик	Собеседование. Творческое задание	Оптимизировать плотность упаковки высоконаполненного материала (10% связующего; 20% алюминия, остальное ПХА)
4	7, 8	Прогнозирование физико-механических характеристик (ФМХ) наполненных энергонасыщенных материалов. Оптимизация энергии разрушения	Собеседование. Творческое задание	Спрогнозировать ФМХ материала на основе пр.7А через 15 лет.

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Научные основы проектирования энергонасыщенных материалов» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается 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, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	А. В. Косточко, Б. М. Казбан. Пороха, ракетные твёрдые топлива и их свойства. Учебное пособие. – М: ИНФРА-М, 2014. – 399 с.	20
2	Д. Д. Талин. Физико-химические свойства взрывчатых веществ, порохов и твердых ракетных топлив. Учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2007. –273 с.	49+40, Электронная библиотека ПНИПУ
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Талин Д. Д. Химическая физика энергонасыщенных материалов : учебное пособие. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2018. –157 с.	5+45
2	Рогов Н.Г., Груздев Ю.А. . Физико-химические свойства порохов и твердых ракетных топлив. Учебное пособие. – СПб.; СПбГТИ(ТУ), 2005. – 200с.	37
3	Зиновьев В.М. Современные и перспективные высокоэнергетические компоненты смесевых и баллистических	2+ Электронная библиотека ПНИПУ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	твердых ракетных топлив / Зиновьев В.М., Куценко Г.В., Ермилов А.С. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – 162с.	
4	Зиновьев В.М. Высокоэнергетические пластификаторы смесевых и баллиститных твердых ракетных топлив. Физико-, термохимические характеристики, получение, применение / Зиновьев В.М., Куценко Г.В., Ермилов А.С., Болдавнин И.И. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – 152с.	5+ Электронная библиотека ПНИПУ
5	Зиновьев В.М. Высокоэнергетические наполнители твердых ракетных топлив и других высокоэнергетических систем. Физико-, термохимические характеристики, получение, применение. / Зиновьев В.М., Куценко Г.В., Ермилов А.С., Болдавнин И.И. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011. – 152с.	5+ Электронная библиотека ПНИПУ
6	Васильева Г.А., Талин Д.Д.. Термодинамическое проектирование баллиститных артиллерийских порохов и твердых ракетных топлив: учебное пособие – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2004. – 39 с.	54
2.2 Периодические издания		
3	Журнал Физика горения и взрыва	Выходит 1995-1996 гг., 2001-2022гг.
2	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника	Выпуски с 2007-2022гг.
3	Журнал прикладной химии	Выпуски с 1989-2022 гг.
4	Боеприпасы и спецхимия	Спецбиблиотека ПНИПУ
2.3 Нормативно-технические издания		
2.4 Официальные издания		
1		

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. *Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

2. *Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.*

6.2.2. Профессиональные базы данных

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютер в комплекте	15	Оперативное управление	28, Закамский корпус АКФ

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов.

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 5.

Таблица 5

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
<i>Незачтено</i>	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

• **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 5.

Таблица 5

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений, аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
<i>Незачтено</i>	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание. □

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине.

• **Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче зачета:**

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по шкале оценивания в виде интегральной оценки «зачтено», «незачтено» с учетом результатов текущего контроля.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 6.

Таблица 6

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **зачете**

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант полностью или частично ответил на вопросы при собеседовании. Аспирант выполнил творческое задание.
<i>Незачтено</i>	Аспирант продемонстрировал полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний на собеседовании. Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачета разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Построение зависимости "состав-свойства" и определение путей компоновки для получения состава с заданными свойствами.
2. Какая зависимость реологических характеристик высокоэнергетического материала от плотности упаковки твердых дисперсных наполнителей.
3. Способы увеличения энергии разрушения полимерных композиционных материалов.
4. Пути совершенствования физико-механических характеристик высокоэнергетического материала.
5. Разработать высокоэнергетический материал с низкой скоростью горения и высоким значением барического показателя.

Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Понятие взрывного превращения. Причины, следствие и характерные признаки взрывного превращения материала на основе октогена.
2. Внутрибаллистические характеристики, возможности их регулирования.
3. Плотность упаковки твердых дисперсных наполнителей и ее значение для обеспечения высокого уровня физико-механических характеристик энергонасыщенных материалов.
4. Методы определения и оптимизации плотности упаковки.
5. Основные физико-механические характеристики порохов и твердых ракетных топлив как частного случая полимерных композиционных материалов.
6. Определение путей компоновки состава с заданными свойствами.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ТПМП».