

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ

_____ Э.Р. Шрагер

" ____ " _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
Методы экспериментального исследования
характеристик высокоэнергетических материалов

Направление подготовки
16.04.01 Техническая физика

Профиль подготовки
Макрокинетика горения высокоэнергетических материалов

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Томск–2016

1. Код и наименование дисциплины (модуля)

16.04.01 Техническая физика. "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов"

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов" относится к вариативной части профессионального цикла М.2 магистерской программы "Макрокинетика горения высокоэнергетических материалов" и предоставляет возможность профессионального овладения современными методами экспериментального исследования физико-кинетических характеристик ВЭМ.

3. Год/годы и семестр/семестры обучения.

2015/2016 уч. год, 1 семестр

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

Дисциплина "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов" опирается на курсы "Химическая физика теплового взрыва, зажигания и горения высокоэнергетических веществ", "Введение в термодинамику необратимых процессов".

5. Общая трудоемкость дисциплины (модуля)

составляет 3 зачетные единицы, 108 часов, из которых 44 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (14 часов – занятия лекционного типа, 20 часов – практические занятия, 10 часов – лабораторные занятия), 56 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, 8 часов – индивидуальная самостоятельная работа.

6. Формат обучения

Дисциплина "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов" реализуется на основе разработанного авторами Т.И. Горбенко, М.В Горбенко учебно-методического комплекса "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов". Интернет-ресурс "Электронный университет" ИДО ТГУ, <http://edu.tsu.ru/eor/resource/759/tpl/index.html>

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов", соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

способностью к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями программы магистратуры) (ОПК-1);

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-1 II уровень	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: Знать: современные методики измерения дисперсного состава ВЭМ; методики кондуктивного, лучистого и лазерного зажигания ВЭМ; методы определения стационарной скорости горения в широком диапазоне давлений Уметь: проводить экспериментальные исследования физико-кинетических характеристик ВЭМ на современном оборудовании, проводить

	<p>анализ и математическую обработку результатов экспериментов, обобщать полученные результаты исследований и представлять их в виде технических отчетов.</p> <p>Владеть: программами проектировочного расчета сложной многокомпонентной рецептуры ВЭМ по заданному значению коэффициента избытка окислителя, по фиксированному значению массового содержания одной или нескольких компонент; методами термодинамического расчета энергетических характеристик ВЭМ.</p>
--	--

8. Содержание дисциплины "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов" и структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа (час.)	Индивид. самост. раб.
		Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия		
Введение в курс. Современные методы экспериментального исследования физико-кинетических характеристик высокоэнергетических материалов (ВЭМ)	8	2	–	–	6	–
Методы исследования дисперсного состава компонентов ВЭМ: определение гранулометрического состава (прибор «Mastersizer 2000»); определение удельной поверхности порошков методом БЭТ (прибор «Tristar-3000»). Определение физико-химических характеристик порошка алюминия. Исследование характеристик термического разложения компонентов ВЭМ (прибор синхронного термического анализа NETZSCH STA 409 PC/PG)	22	4	4	4	10	–
Методы изготовления модельных образцов ВЭМ	6	2	2	–	2	–
Методы зажигания ВЭМ: кондуктивный метод, лучистое зажигание, лазерное зажигание.	8	2	2	–	4	–
Методы определения стационарной скорости горения в широком диапазоне давлений	6	2	–	–	4	–
Определение законов горения ВЭМ	6	–	4	–	2	–
Диагностика дисперсности и химического состава продуктов сгорания ВЭМ	4	–	2	–	2	–
Методика расчета компонентного состава ВЭМ	10	–	2	2	4	2
Методика термодинамического расчета энергетических характеристик ВЭМ.	8	–	4	–	4	–
ПК "АСТРА"	12	2	–	4	4	2
Написание реферата	8	–	–	–	4	4
Консультации	6					

Итоговая аттестация	4					
Итого	108	14	20	10	46	8

9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю).

При проведении самостоятельной работы предлагаются индивидуальные задания по следующим темам:

1. Написание реферата на основе научных статей из журналов "Физика горения и взрыва", "Химическая физика" за 2014/2015 г.г.
2. Термодинамический расчет двухкомпонентной системы на основе ПК "АСТРА".
3. Расчет компонентного состава

Методические рекомендации по освоению дисциплины "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов"

Введение к дисциплине посвящено следующим вопросам.

Эффективность применения современного научно-исследовательского и аналитического оборудования при проведении фундаментальных и прикладных исследований по физике и физикохимии материалов, в том числе наноструктурированных систем, для подготовки высококвалифицированных специалистов и научно-педагогических кадров высшей квалификации и развития ведущих научных школ. Краткая характеристика экспериментального оборудования для проведения исследований физико-кинетических характеристик ВЭМ на базе кафедры прикладной газовой динамики и горения, НИИ прикладной математики и механики, материаловедческого центра коллективного пользования Томского государственного университета (ТМЦКП).

В теме "Методы исследования дисперсного состава компонентов ВЭМ. Определение физико-химических характеристик порошка алюминия рассматриваются следующие вопросы.

Определение гранулометрического состава порошкообразных компонентов ВЭМ проводится методом лазерной дифракции с помощью прибора «Mastersizer 2000» с диапазоном измерений размеров частиц от 20 нм до 2 мм (Великобритания, год выпуска 2007). Определение удельной поверхности порошков методом БЭТ и определение площади объема пор проводится прибором «Tristar – 3000» (США, год выпуска 2007).. Результаты измерений дисперсности порошков представляются в виде дифференциальных и интегральных функций распределения частиц. Определение физико-химических характеристик порошка алюминия включает определение истинной и насыпной плотности, содержания влаги, содержания оксида алюминия и примесей.

Методы зажигания ВЭМ: кондуктивный метод, лучистое зажигание, лазерное зажигание:

Приведено описание экспериментальных установок, методика проведения эксперимента, методика расчета кинетических параметров по зажиганию ВЭМ, методика расчета компонентного состава ВЭМ, методика изготовления модельных образцов ВЭМ.

Методы определения стационарной скорости горения в широком диапазоне давлений:

Приведено описание установок по изучению горения в диапазоне субатмосферных (0.02÷0.1 МПа) и высоких давлений (0.5÷8 МПа). Рассматриваются законы горения ВЭМ.

Диагностика дисперсности и химического состава продуктов сгорания ВЭМ.

Анализ кристаллической структуры и состава конденсированных продуктов сгорания металлизированных ВЭМ проводится методом рентгеновской дифракции с помощью рентгеновского дифрактометра фирмы *Shimadzu XRD 6000* (ТМЦКП).

Поскольку интенсивность дифрагированного рентгеновского излучения пропорциональна количеству компонента, это дает возможность провести и количественный анализ.

Исследование характеристик термического разложения компонентов ВЭМ проводится с помощью прибора синхронного термического анализа NETZSCH STA 409 PC/PG (Германия, год выпуска 2006 г.).

Рассматривается методика термодинамического расчета энергетических характеристик ВЭМ. Возможности программного комплекса «АСТРА-4».

При освоении дисциплины «**Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов**» предусматривается широкое использование компьютерных сетей, современных информационных технологий, использование программных продуктов и ресурсов Интернета. При чтении лекций и проведении практических занятий применяется авторский комплект презентаций в формате PowerPoint, который содержит демонстрационные материалы с элементами анимации по основным разделам дисциплины. Используются Интернет-ресурсы по работе с программой «АСТРА-4» (МГТУ им. Н.Э. Баумана).

10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина (модуль), и их карты.
способностью к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями программы магистратуры) (ОПК-1);

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: ОПК-1. Способностью к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями программы магистратуры).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

– общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования

Техническая физика, уровень ВО Магистратура

Для освоения компетенции обучающийся должен знать теорию обыкновенных дифференциальных уравнений, методы математической физики, численные методы решения задач тепло- и массопереноса, процессы теплопередачи в технических устройствах, методы параллельных вычислений, пакеты прикладных программ

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ

Уровень освоения компетенции*	Планируемые результаты обучения** (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
ОПК -1, II уровень	Владеть: программами проектировочного расчета сложной многокомпонентной рецептуры ВЭМ по заданному значению коэффициента избытка окислителя, по фиксированному значению массового содержания одной или нескольких компонент; методами термодинамического расчета энергетических характеристик ВЭМ. В (ОПК -1) –II	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Уметь: проводить экспериментальные исследования физико-кинетических характеристик ВЭМ на современном оборудовании, проводить анализ и математическую обработку результатов экспериментов, обобщать полученные результаты исследований и представлять их в виде технических отчетов. У (ОПК -1) –II	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знать: современные методики измерения дисперсного состава ВЭМ; методики кондуктивного, лучистого и лазерного зажигания ВЭМ; методы определения стационарной скорости горения в широком диапазоне давлений. З (ОПК -1) –II	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций (знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности) должны соответствовать указанным в п. 6 настоящего документа и соответствовать картам компетенций)

Перечень вопросов для проведения текущего контроля успеваемости и итоговой аттестации, а также составления тестовых заданий:

1. Актуальность и эффективность использования современного экспериментального оборудования для исследования физико-кинетических характеристик ВЭМ?
2. Краткая характеристика прибора «Mastersizer 2000». Для проведения каких экспериментов предназначен этот прибор?
3. Какое оборудование используется для определения удельной поверхности порошков методом БЭТ?
4. Назначение прибора «Tristar – 3000».
5. Методы определения физико-химических характеристик порошка алюминия.
6. Кондуктивное зажигание.
7. Описать методику проведения эксперимента и состав оборудования для исследования кондуктивного зажигания.
8. Лучистое зажигание.
9. Описать методику проведения эксперимента и состав оборудования для исследования лучистого зажигания.
10. Описать методику проведения эксперимента и состав оборудования для исследования лазерного зажигания.
11. Методика расчета кинетических параметров ВЭМ в случае кондуктивного, лучистого, лазерного зажигания.
12. Определение стационарной скорости горения в диапазоне субатмосферных давлений.
13. Определение стационарной скорости горения в диапазоне высоких давлений.
14. Законы горения.
15. Методика расчета компонентного состава ВЭМ.
16. Методика изготовления модельных образцов ВЭМ.
17. Термодинамический расчет продуктов сгорания.
18. Что позволяет исследовать дифрактометр фирмы *Shimadzu XRD 6000*?

При проведении самостоятельной работы предлагаются индивидуальные задания по следующим темам:

1. Расчет компонентного состава ВЭМ.
2. Термодинамический расчет продуктов сгорания ВЭМ.
3. Использование Интернет-ресурсов по работе с программой «АСТРА-4».

Итоговая аттестация по завершении освоения дисциплины проводится по индивидуальным расчетным заданиям «Расчет компонентного состава ВЭМ», «Термодинамический расчет продуктов сгорания ВЭМ» и сдаче теоретического зачета.

11. Ресурсное обеспечение:

- **Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

Основная литература:

1. Физика и химия горения нанопорошков металлов в азотсодержащих газовых средах / Под ред. Громова А.А. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2007. – 332 с.
2. Ягодников Д.А. Воспламенение и горение порошкообразных металлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 432 с.

дополнительная литература: 12 источников:

1. Гусаченко Л.К., Зарко В.Е., Зырянов В.Я., Бобрышев В.П. Моделирование процессов горения твердых топлив. – Новосибирск: Наука, 1985. – 179 с.
2. Основы практической теории горения / Под ред. В.В.Померанцева. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 312 с.
3. Архипов В.А., Горбенко М.В., Горбенко Т.И., Савельева Л.А. // Физика горения и взрыва. – 2009. – Т.45. – № 1. – С. 47–55.
4. Бекстед М.В. Современный прогресс в моделировании горения твердого топлива // Физика горения и взрыва. – 2006. – Т.26. – № 2. – С. 4–22.
5. Глазкова А.П. Катализ горения взрывчатых веществ. – М.: Наука, 1976. – 253 с.
6. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочник / Под ред В.П. Глушко: В 4 т. М.: Наука, 1981.
7. Энергетические конденсированные системы: Краткий энциклопедический словарь / Под ред. Б.П. Жукова. М.: Янус-К, 2000. – 596 с.
8. Абугов Д.И., Бобылев В.М. Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.
9. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. – М.: Наука, 1987. – 502 с.
10. Манелис Г.Б., Назин Г.М., Рубцов Ю.И., Струнин В.А. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ и порохов. – М.: Наука, 1996. -223с.
11. Вилюнов В.Н. Теория зажигания конденсированных веществ. - Новосибирск: Наука, 1984. – 187с.
12. Трусов Б.Г. Астра–4. Моделирование химических и фазовых равновесий при высоких температурах. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1991. – 35 с. Программное обеспечение: Программный комплекс "АСТРА" МГТУ им. Баумана.

- **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет.**

Т.И. Горбенко, М.В. Горбенко учебно-методического комплекса "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов". Интернет-ресурс "Электронный университет" ИДО ТГУ, <http://edu.tsu.ru/eor/resource/759/tpl/index.html>

- **Описание материально-технической базы.**

Для материально-технического обеспечения дисциплины предусматривается использование лабораторного оборудования кафедры прикладной газовой динамики и горения (ПГДиГ), НИИ прикладной математики и механики, материаловедческого центра коллективного пользования Томского государственного университета (ТМЦКП).

При освоении дисциплины "Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов" используется авторский комплект презентаций в формате PowerPoint, который содержит демонстрационные материалы с элементами анимации по основным разделам дисциплины. Используются Интернет-ресурсы по работе с программой «АСТРА-4». Использование авторских программных продуктов и комплекта презентаций, программных продуктов научно-технических центров России требует следующих программно-аппаратных средств: операционная система Windows 2000, XP, Vista... Для проведения занятий используется компьютерный класс с выходом в Internet на 10–15 мест, оборудованный вычислительной, печатающей

(цветной), сканирующей и копировальной техникой, а также используется компьютерный проектор.

12. Язык преподавания.

Русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Автор:

доцент

физико-технического ф-та ТГУ

_____ (Т.И. Горбенко)

Рецензент:

профессор физико-технического ф-та ТГУ

_____ (В.А. Архипов)

Программа одобрена на заседании Ученого совета физико-технического факультета ТГУ от 21 апреля 2016 года, протокол № 44.