

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ

_____ Э.Р. Шрагер

" ____ " _____ 2016 г.

Рабочая программа дисциплины
Эрозионное горение конденсированных систем

Направление подготовки
16.04.01- Техническая физика

Профиль подготовки
Макрокинетика горения высокоэнергетических материалов

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Томск–2016

1. Код и наименование дисциплины

16.04.01 - Техническая физика. Эрозионное горение конденсированных систем

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Относится к вариативной части ООП

3. Год/годы и семестр/семестры обучения.

1 год обучения, 2 семестр

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

Дисциплина «Эрозионное горение конденсированных систем» опирается на ООП бакалавриата Техническая физика.

Дисциплина «Эрозионное горение конденсированных систем» опирается на дисциплины «Химическая физика теплового взрыва, зажигания и горения высокоэнергетических веществ», «Методы экспериментального исследования характеристик высокоэнергетических материалов», «физико-химическая гидродинамика», «Вычислительная гидродинамика».

Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен знать Основы теории горения высокоэнергетических веществ, знать характеристики высокоэнергетических веществ, основы гидродинамики и механики гетерогенных потоков.

5. Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единиц, 72 часов, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (16 часов – занятия лекционного типа, 18 часов – занятия семинарского типа) 38 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

6. Формат обучения (отметить, если дисциплина или часть ее реализуется в форме электронного (дистанционного) обучения).

7. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (заполняется в соответствии с картами компетенций)

способностью критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты (ПК-5);

способностью самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств (ПК-6).

Формируемые компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
ПК-5, III уровень	<p>Владеть: Методами численного и экспериментального моделирования процессов горения твердых топлив в газогенераторах различного назначения. Уметь планировать проведение экспериментальных измерений и их обработку. В (ПК-5) –III</p> <p>Уметь: Анализировать процессы горения твердых топлив в</p>

		газогенераторах различного назначения. Уметь ставить задачи на проведение экспериментальных измерений и теоретических оценочных расчетов. У (ПК-5) –III Знать: Основные закономерности горения твердых топлив в газогенераторах различного назначения. Знать экспериментальные методы определения скорости горения и газоприхода. З (ПК-5) –III
ПК-6, уровень	III	Владеть: способностью самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств. В (ПК-6) – III Уметь: Проводить численные и аналитические методы и средства для моделирования горения твердых топлив в газогенераторах У (ПК-6) –III Знать: Численные методы и средства для моделирования горения твердых топлив в газогенераторах З (ПК-6) –III

8. Содержание дисциплины (модуля) и структура учебных видов деятельности

Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Пр.	Лаб.	
Введение. Моделирование турбулентности в волне горения. Влияние пульсаций температуры на скорость горения. Модели турбулентного горения	16	4	4		8
Обзор экспериментальных результатов исследования эрозионного горения в различных условиях и устройствах.	18	4	4		10
Постановка задачи о расчете скорости горения высокоэнергетического твердого вещества при обдуве в погранслоном приближении. Основные предположения. Система уравнений.	20	4	6		10
Методы численного решения задачи о скорости горения высокоэнергетического вещества при обдуве. Приближенное исследование упрощенной модели эрозионного горения. Результаты моделирования.	18	4	4		10
Итого	72	16	18		38

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

Содержание вопросов для докладов на семинарах

Турбулентное горение газов. Методы экспериментального исследования.
Турбулентное горение газов. Методы математического моделирования.
Гидродинамический и тепловой пограничные слои.
Методы решения уравнений гидродинамического и теплового пограничных слоев.
Основные закономерности эрозионного горения.
Эрозионное горение в двигателях на твердом топливе.
Эрозионное горение в АУ.
Методики учета эрозионного горения при моделировании высокоэнергетических процессов.
Учет эрозии при проектировании устройств и двигателей.
Методы расчета коэффициентов теплообмена при омывании плоской пластины вязкой несжимаемой жидкостью с различными свойствами.
Методы расчета температурного пограничного слоя. Сравнение с точным решением.
Методы расчета теплообмена при химических превращениях (решение задач зажигания к-веществ в различных условиях).
Методы расчет теплообмена при течении газа в трубе.

Комплект заданий для самостоятельной работы студентов

Влияние пульсаций температуры на скорость горения. Подходы к осреднению пульсаций при наличии химических реакций. Модели турбулентного горения газов.
Основные характеристики высокоэнергетических твердых топлив.
Экспериментальные методики и оборудование для исследования эрозионного горения.
Примеры проявления эффекта эрозионного горения твердых топлив.
Экспериментальные методы изучения эрозии.
Основные предположения, вносимые в постановку задачи о расчете скорости горения высокоэнергетического твердого вещества при обдуве. Система уравнений.
Простейшие модели в теории эрозионного горения.
Критерии подобия в эрозионном горении.
Основные закономерности эрозионного горения.
Эрозионное горение в двигателях на твердом топливе.
Эрозионное горение в АУ.
Методики учета эрозионного горения при моделировании высокоэнергетических процессов. Учет эрозии при проектировании устройств и двигателей.

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов состоит:

- в изучении теоретических разделов курса
- в подготовке к практическим занятиям
- в подготовке к семинарским докладам по курсу

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

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина (модуль), и их карты

способностью критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты (ПК-5);

способностью самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств (ПК-6).

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: ПК-5. Способностью критически анализировать современные проблемы технической физики, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

– профессиональная 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
(ПК-5) –III	Владеть: Методами численного и экспериментального моделирования процессов горения твердых топлив в газогенераторах различного назначения. Уметь планировать проведение экспериментальных измерений и их обработку. В (ПК-5) –III	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Уметь: Анализировать процессы горения твердых топлив в газогенераторах различного назначения. Уметь ставить задачи на проведение экспериментальных измерений и теоретических оценочных расчетов. У (ПК-5) –III	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знать: Основные закономерности горения твердых топлив в газогенераторах различного назначения. Знать экспериментальные методы определения скорости горения и газоприхода. З (ПК-5) –III	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

КОМПЕТЕНЦИЯ: ПК-6. Способностью самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

– профессиональная 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
(ПК-6) –III	Владеть: способностью самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств. В (ПК-6) –III	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков	В целом успешное, но не систематическое применение навыков	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков	Успешное и систематическое применение навыков
	Уметь: Проводить численные и аналитические методы и средства для моделирования горения твердых топлив в газогенераторах. У (ПК-6) –III	Отсутствие умений	Частично освоенное умение	В целом успешно, но не систематическое	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы	Сформированное умение
	Знать: Численные методы и средства для моделирования горения твердых топлив в газогенераторах. З (ПК-6) –III	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

Комплект заданий и вопросов для текущей и промежуточной аттестации

1. Моделирование турбулентности в волне горения. Основные допущения.
2. Влияние пульсаций температуры на скорость горения.
3. Модели турбулентного горения газов.
4. Экспериментальные методы исследования эрозионного горения.
5. История открытия эрозии при горении высокоэнергетических твердых топлив.
6. Отрицательная эрозия. Экспериментальные методы изучения эрозии.
7. Теоретические модели эрозии.
8. Постановка задачи о расчете скорости горения высокоэнергетического твердого вещества при обдуве в погранслоном приближении. Основные предположения. Система уравнений.
9. Методы численного решения задачи о скорости горения высокоэнергетического вещества при обдуве.
10. Приближенное исследование упрощенной модели эрозионного горения.
11. Основные закономерности эрозионного горения.
12. Эрозионное горение в двигателях на твердом топливе.
13. Эрозионное горение в АУ.
14. Методики учета эрозионного горения при моделировании высокоэнергетических процессов.
15. Учет эрозии при проектировании устройств и двигателей.

Образцы контрольных вопросов

1. Экспериментальные методы исследования эрозионного горения высокоэнергетических твердых топлив.
2. Основные закономерности эрозионного горения высокоэнергетических твердых топлив.
3. Теоретические модели эрозионного горения высокоэнергетических твердых топлив.
4. Постановка задачи о расчете скорости горения высокоэнергетического твердого вещества при обдуве в погранслоном приближении. Основные предположения. Система уравнений.
5. Методы численного решения задачи о скорости горения высокоэнергетического вещества при обдуве.
6. Приближенное исследование упрощенной модели эрозионного горения.
7. Эрозионное горение в двигателях на твердом топливе.
8. Методики учета эрозионного горения при моделировании высокоэнергетических процессов.
9. Учет эрозии при проектировании устройств и двигателей.
10. Основные закономерности эрозионного горения.

- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения.

На основе содержания курса, по каждому из разделов сформулированы вопросы, обсуждаемые в ходе работы с преподавателем. Круг вопросов может выходить за рамки содержания данной дисциплины и касается изложения курсов, перечисленных в разделе 8 настоящей программы. Уровень подготовки обучающегося и его оценка выявляются в результате собеседований. Самостоятельная работа студентов опирается на ряд учебных

пособий. В основе итоговой оценки лежит качество освоения разделов дисциплины с учётом степени активности каждого слушателя в ходе проведения семинаров.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы.

Основная литература

1. Ерофеев В.Л. , Семенов П.Д. , Пряхин А.С. Теплотехника: Учебник для ВУЗов Академкнига, 2008, 488 с.
2. Луканин В.Н., Шатров М.Г. и др Теплотехника: Учебник Высшая школа. 2009, 671 с.
3. Ляшков В.И. Теоретические основы теплотехники: Учебное пособие. - Москва. Издательство "Машиностроение", 2005. - 260 с.
4. Ягодников Д.А. Воспламенение и горение порошкообразных металлов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 432 с.
5. Князева А.Г. Теплофизические основы современных высокотемпературных технологий. Томск: Изд-во ТПУ. 2009 г. 357 с.
6. Булгаков В.К., Липанов А.М. Теория эрозионного горения твердых ракетных топлив. М.: Наука. 2001. 138 с. Булгаков В.К., Липанов А.М. Теория эрозионного горения твердых ракетных топлив. М.: Наука. 2001. 138 с.

Дополнительная литература.

7. Самарский А.А. Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 784 с.
8. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Вычислительная теплопередача. М.: Едитория УРСС. 2003. 784 с.
9. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Аддитивные схемы для задач математической физики. М.: Наука. 2001. 319 с.
10. Бурдаков В.П. Авиационная и ракетно-космическая теплотехника. Введение в специальность: Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ, 1998. - 96 с.
11. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. - М.:Атомиздат.-1979.-416с.
12. Кутателадзе С.С. Анализ подобия в теплофизике. Новосибирск:Наука.-1982.-280с.
13. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М.: Наука. 1974. 712 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

- <http://www.lib.tsu.ru/> – Научная библиотека ТГУ
- <http://e.lanbook.com/> – Электронно-библиотечная система издательства «Лань»
- <http://www.diss.rsl.ru/> – Электронная библиотека диссертаций РГБ
- <http://elibrary.ru/> – Научная электронная библиотека
- Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости).

Для самостоятельной работы студентов имеется Интернет ресурсы научной библиотеки ТГУ с выходом на базы других библиотек.

- Описание материально-технической базы.

Курс обеспечен наличием на факультете компьютерных классов, доступом в сеть Интернет, наличием в библиотеке ТГУ достаточного количества учебников и учебных пособий. Все виды информационных ресурсов Научной библиотеки ТГУ. Информационные источники сети Интернет.

12. Язык преподавания.

Русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Автор _____ А.Ю. Крайнов

Рецензент (ы) _____

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