

## **Название дисциплины: Основы теории горения и взрыва**

### **1. Цели и задачи освоения дисциплины:**

Цель курса - освоение студентами фундаментальных знаний в области химической физики горения и взрыва, изучение фильтрационного горения, газодинамики, макрокинетики, а также ознакомление с областью их практического применения.

*Задачами данного курса являются:*

- формирование системы теоретических знаний в области химической физики горения и взрыва и экстремальных состояний вещества;
- формирование базовых знаний о физических основах методов исследования макрокинетики химических реакций в области горения и взрыва
- обучение современным методам исследования в технологии;
- формирование у студентов навыков выполнения самостоятельных исследований в области химической физики горения и взрыва в рамках выпускных работ.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП ВПО**

Дисциплина «Основы теории горения и взрыва» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативной части профессионального цикла Б.3.

Дисциплина «Основы теории горения и взрыва» базируется на циклах Б.2 курсов 1,2,3 базовой и вариативных частях.

### **3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины:**

Освоение дисциплины "Основы теории горения и взрыва" направлено на формирование следующих общекультурных и общепрофессиональных интегральных компетенций:

#### **а) универсальных (ОК):**

- способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке целей и выбору путей её достижения, к анализу последствий научной, производственной и социальной деятельности (ОК 1);
- способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь, формировать и аргументировано отстаивать собственную позицию (ОК-2);
- способность к творческому взаимодействию с коллегами по работе в научном коллективе, способность выстраивать межличностное взаимодействие, соблюдая уважение к товарищам и проявляя терпимость к иным точкам зрения (ОК-3);
- способность находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готовность нести за них ответственность (ОК-4).

#### **б) профессиональные (ПК):**

- способность формализовать и решать отдельные части нестандартной задачи в общей постановке (ПК-1);
- готовность к решению практических задач по экспериментальным исследованиям макрокинетики химических реакций в экстремальных условиях, ударно-волновых и детонационных явлений, а также других процессов при высоких плотностях энергии;
- готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности при проведении исследований в областях быстропротекающих процессов при высоких плотностях энергии; привлекать для решения освоенный физико-математический аппарат;
- готовность к творческому подходу в реализации научно-технических задач, основанному на систематическом обновлении полученных знаний, навыков и умений и

использовании последних достижений в области химической физики горения и взрыва и экстремальных состояний вещества;

- способность к выявлению сущности задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлечению соответствующего физико-математического аппарата для их решения (ПК-4);
- способность применять теорию и методы математики и информатики для построения качественных и количественных моделей в науке, технике и технологиях (ПК-12).

В результате освоения дисциплины "Основы теории горения и взрыва" обучающийся должен:

### 1. Знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы физики, химии, математики;
- фундаментальные теоретические модели изучаемых физических явлений;
- газодинамику и законы сохранения;
- свойства ударных и детонационных волн, волн горения, взрывчатых веществ;
- постановку проблем математического и физико-химического моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

### 2. Уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ставить и решать актуальные научные и практические задачи в области химической физики.
- применять современные методики проведения исследований веществ, находящихся в экстремальных состояниях высоких давлений и температур, а при их отсутствии разрабатывать новые;
- анализировать полученные результаты и делать заключения на основании комплекса имеющихся данных;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;

### 3. Владеть:

- научной картиной мира;
- навыками самостоятельного ведения научно-исследовательской работы,
- современным математическим аппаратом.

### 4. Содержание и структура дисциплины

№ темы и название	Количество часов
1. Газодинамика химически активных сред.	4
2. Тепловой взрыв, воспламенение.	6
3. Фронтальные режимы.	6
4. Фронт детонации в газах.	6
5. Математическая модель.	6
6. Критические явления горения.	4
7. Пороха, твердые топлива.	4
8. Горение и детонация газовзвесей.	4
9. Горение и детонация гетерогенных составов.	4
10. Безгазовое горение.	4

11. Фильтрационное горение пористых составов.	4
12. Динамические фронтальные структуры.	4
13. Аналоги процессов горения и взрыва.	4
14. Горение и взрыв в технологии.	4
<b>ВСЕГО (зач. ед.(часов))</b>	<b>64 часа (2 зач. ед.)</b>

## ВИД ЗАНЯТИЙ

### 4.1. ЛЕКЦИИ

№ п.п.	Темы	Трудоёмкость в зач. ед. (количество часов)
1	Газодинамика химически активных сред.	2
2	Тепловой взрыв, воспламенение	4
3	Фронтальные режимы.	4
4	Фронт детонации в газах.	2
5	Математическая модель.	2
6	Критические явления горения	2
7	Пороха, твердые топлива	2
8	Горение и детонация газовзвесей	2
9	Горение и детонация гетерогенных составов.	2
10	Безгазовое горение	2
11	Фильтрационное горение пористых составов	2
12	Динамические фронтальные структуры	2
13	Аналоги процессов горения и взрыва	2
14	Горение и взрыв в технологии	2
<b>ВСЕГО (зач. ед.(часов))</b>		<b>34 часа (1 зач. ед.)</b>

Структура дисциплины

### 4.2. Развёрнутые темы и вопросы по разделам

№ п/п	Разделы и темы лекционных занятий	Содержание	Объем	
			Аудиторная работа (часы)	Самостоятельная работа (часы)
1	<b>Газодинамика химически активных сред. Макрокинетика. Массообмен. Энергообмен. Обмен импульсом. Свойства среды.</b>	Введение в современное состояние механики химически активных многофазных, многокомпонентных сплошных сред. Возможности, достижения, проблемы. Математическая физика, возможности вычислительного эксперимента.	2	2
2	<b>Объемные режи-</b>	Теория теплового взрыва	4	2

	<b>мы экзотермического химического взаимодействия. Тепловой взрыв, воспламенение.</b>	Н.Н.Семенова и ее дальнейшее развитие. Теория теплового взрыва как фундамент теоретического исследования процессов инициирования горения и взрыва.		
3	<b>Фронтальные режимы экзотермического химического взаимодействия. Фронт горения в газах.</b>	Режимы химического взаимодействия в форме стационарной бегущей волны по активной среде (фронт горения, фронт детонации, фронт полимеризации и др.). Современное представление о структуре фронта горения. Теория горения Я.Б.Зельдовича и Д.А.Франк-Каменецкого. Приближенные методы анализа структуры фронта.	4	2
4	<b>Фронт детонации в газах.</b>	Структура фронта детонации – модель Я.Б.Зельдовича. Ударная волна, тепловой взрыв сжатого активного газа, волна разрежения – элементы структуры. Пересжатая детонация, правило отбора, режим Жуге. Вывод формул скорости распространения детонации, сопоставление с выражением для скорости фронта горения.	2	4
5	<b>Математическая модель качественного соответствия фронту горения и фронту детонации.</b>	Математические вопросы – существования решения в форме бегущей волны, устойчивости относительно возмущений, вопросы неединственности. Теоретические и экспериментальные данные по этим вопросам. Модельное уравнение нелинейной динамики фронтального режима распространения с аналитическим решением.	2	4
6	<b>Зажигание, вырождение, критические явления срыва горения, «холодные» пламена.</b>	Инициирование фронтальных режимов химического превращения сосредоточенным источником. Влияние начального состояния среды на возможность существования фронтального режима (вырождение). Критические условия существования фронта (влияние внешних тепловых воздействий). Цепной и тепловой макрокинетический механизм взаимодействия.	2	2
7	<b>Горение летучих конденсированных веществ. Пороха, твердые топлива.</b>	Горение конденсированных веществ. Теория Беляева - Зельдовича горения летучих конденсированных сред. Структура фронта горения. Скорость распространения фронта. Критические явления горения порохов. Теория горения твердых топлив. Вопросы нелинейной динамики распространения фронта твердых топлив (Зельдович –	2	2

		Новожилов).		
8	<b>Горение и детонация газовзвесей. Лучистый энергообмен.</b>	Горение «однородных» многофазных сред. Модели взаимопроникающих «сплошных» сред. Проблемы описания межфазного взаимодействия. Существенная роль лучистого энергообмена. Описание структуры фронта горения и определение скорости распространения. Критические условия теплообмена с внешней средой. Неединственность фронтальных режимов.	2	2
9	<b>Горение и детонация гетерогенных составов. Особенности химического взаимодействия, энергообмена.</b>	Описание фронтальных режимов химического взаимодействия многокомпонентных сред с позиций «гомогенизированных» моделей. Примеры построения моделей. Вопросы описания состояния среды. Процессы горения и детонации с позиции данных моделей.	2	2
10	<b>«Безгазовое» горение. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. «Безгазовая» детонация?</b>	Фронтальные режимы экзотермического химического превращения конденсированных сред с конденсированными продуктами реакции (безгазовое горение). Математическая модель с упрощенной макрокинетикой. Приближенное описание структуры фронта и скорости его распространения. Вопросы устойчивости стационарного фронта и критические условия воздействия внешней среды. Вопросы существования детонационного фронта.	2	2
11	<b>Фильтрационное горение пористых составов.</b>	Фронтальные режимы химического взаимодействия «пространственно разделенных» активных сред (пористая среда с активной газовой средой). Полнота превращения регулируется транспортом газового реагента извне пористого образца. Роль фильтрационного транспорта. Структура квазистационарного фронта горения, скорость его распространения, нелинейная динамика распространения.	2	2
12	<b>Вопросы устойчивости, неединственности, динамические фронтальные структуры.</b>	Фундаментальные вопросы существования, устойчивости и неединственности фронтальных режимов превращения. Теория – вычислительный эксперимент – физический эксперимент. Периодические фронтальные режимы вместо неустойчивых стационарных режимов. Закономерности нелинейной динамики распространения.	2	2
13	<b>Аналоги процессов горения и</b>	Распространенность фронтальных явлений химического взаимодействия в	2	2

	<b>взрыва. Распространение фронта по нити катализатора. Распространение нервного сигнала. Реакция Белоусова-Жаботинского и др.</b>	природе. Закономерности нелинейной динамики фронтальных процессов. Проблемы структурообразования.		
14	<b>Горение и взрыв в технологии. Реакторы вытеснения. Двигатели – реакторы периодического действия. Ракетные двигатели. Турбулентный режим горения.</b>	Современная технология, необходимость получения новых целевых материалов – область практического использования достижений нелинейной динамики фронтальных режимов экзотермического химического превращения. Примеры, обсуждения, достижения, проблемы.	2	2

## 5. Образовательные технологии

Компьютер, проектор и система Teacher для показа слайдов на большом экране и на дисплеях мониторов студентов (в компьютерном классе)

№ п/п	Вид занятия	Форма проведения занятий	Цель
1	лекция	Изложение теоретического материала	Получение теоретических знаний по дисциплине
2	лекция	Изложение теоретического материала с помощью презентаций	Повышение степени понимания материала
3	лекция	Разбор конкретных примеров применения структурной организации вещества	Осознание связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин
4	Самостоятельная работа студента	Решение задач	Повышение степени понимания материала

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

### Контрольные вопросы и задачи для дифференцированного зачета:

1. Газодинамика химически активных сред. Макрокинетика. Массообмен. Энергообмен. Обмен импульсом. Свойства среды.
2. Объемные режимы экзотермического химического взаимодействия. Тепловой взрыв, воспламенение.
3. Фронтальные режимы. Фронт горения в газах.
4. Фронт детонации в газах.
5. Математическая модель качественного соответствия фронту горения и фронту детонации.

6. Зажигание, вырождение, критические явления срыва горения, «холодные» пламена.
7. Горение летучих конденсированных веществ. Пороха, твердые топлива.
8. Горение и детонация газовзвесей. Лучистый энергообмен.
9. Горение и детонация гетерогенных составов. Особенности химического взаимодействия, энергообмена.
10. «Безгазовое» горение. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез. «Безгазовая» детонация?
11. Фильтрационное горение пористых составов.
12. Вопросы устойчивости, неединственности, динамические фронтальные структуры.
13. Аналоги процессов горения и взрыва. Распространение фронта по нити катализатора. Распространение нервного сигнала. Реакция Белоусова-Жаботинского и др.
14. Горение и взрыв в технологии. Реакторы вытеснения. Двигатели – реакторы периодического действия. Ракетные двигатели. Турбулентный режим горения.

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Г.И.Канель, С.В.Разоренов, А.В.Уткин, В.Е.Фортов. Ударно-волновые явления в конденсированных средах. Москва, «Янус-К», 1996.
2. A.I.Volpert, V.A.Volpert, V.A.Volpert, Traveling Wave Solutions of Parabolic Systems. American Mathematical Society. 1994
3. Н.В.Карлов, Н.А.Кириченко. Колебания, волны, структуры. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003

### 7.2. Дополнительная литература

1. Я.Б.Зельдович, Ю.П.Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. Наука, Москва, 1966.
2. Физика взрыва. Под ред. К.П.Станюковича. Наука, 1975.
3. Я.Б.Зельдович, Г.И.Баренблатт, В.Б.Либрович, Г.М.Махвиладзе. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука, 1980.
4. Д.А.Франк-Каменецкий. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука. 1987.
5. Б.В.Новожилов. Нестационарное горение твердых ракетных топлив. М.: НАУКА, 1973.
6. А.Н.Дремин, С.Д.Савров, В.С.Трофимов, К.К.Шведов. Детонационные волны в конденсированных средах. М.: НАУКА, 1970.

### 7.3. Электронные ресурсы

Библиотека студентов и аспирантов [www.twirpx.com/private/uploads](http://www.twirpx.com/private/uploads)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

**8.1. Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:** компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

**8.2. Необходимое программное обеспечение:**

Офисные программы и программы для демонстрации видеоматериалов.

**8.3. Обеспечение самостоятельной работы:**

Доступ в Интернет и к специальной литературе.

Программу составил

\_\_\_\_\_ (Шкадинский К.Г., д.ф-м.н., профессор)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.