

Физика быстропротекающих газодинамических процессов

Семенов В.Н.

Изложены проблемы анализа взрывобезопасности АЭС с водо-водяными реакторами. Это проблемы физики горения в газовых смесях, таких как водородопаровоздушная смесь. Рассмотрены основы теории горения, гидродинамики реагирующего газа, режимы горения, их характеристики, условия того или иного режима распространения горения в пространстве.

| № | Тема | Содержание |
|---|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Введение | Водородная безопасность АЭС. |
| 2 | Горение газовых смесей | <ol style="list-style-type: none"> 1. Реакции окисления водорода. Цепной механизм. Период индукции. 2. Химическая кинетика. Скорости реакций, химическое равновесие. 3. Зависимость скорости реакции от температуры. Упрощенная кинетика реакции, «брутто-реакция». Характерные параметры, отличающие реакции горения. 4. Распространение горения в пространстве, дефлаграция. Нормальная скорость распространения пламени, отношение к скорости звука. 5. Законы сохранения для стационарного фронта пламени. Параметры газа за фронтом пламени. 6. Структура фронта пламени. 7. Распространение пламени в конечных объемах. 8. Наклонный фронт горения. 9. Самоускорение пламени. Неустойчивость фронта горения. |
| 3 | Ударные волны | <ol style="list-style-type: none"> 1. Образование ударных волн при эволюции больших возмущений. Ширина ударного фронта. 2. Соотношения Гюгонио. 3. Ударные волны малой интенсивности. Направление изменения величин в ударной волне. Ударная адиабата. 4. Асимптотическое поведение ударных волн. Волна разрежения. |
| 4 | Детонация газовых смесей | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ударные волны в реагирующем газе. Структура фронта детонации. 2. Решение уравнений для стационарного потока с нагревом. Режим Чепмена-Жуге и пересжатые режимы. 3. Параметры детонации в политропном газе. Детонационная адиабата. 4. Распространение детонационной волны. Асимптотическая структура. 5. Концентрационные пределы распространения пламени и детонации. Скорость распространения на пределе. 6. Неустойчивость детонации. Трехмерная структура детонации. 7. Критическая энергия инициирования. |
| 5 | Детонация в двухфазной газокапельной системе | <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные уравнения. 2. Замыкающие соотношения. 3. Условия существования детонации в двухфазной системе. 4. Медленные детонационные режимы в двухфазных средах. |

Вопросы по курсу

1. Образование водорода при тяжелой аварии и опасность взрыва. Проблема распространения водорода и образования горючих смесей.
2. Кинетика реакции окисления водорода. Цепной механизм. Упрощенная кинетика реакции. Брутто-реакция.
3. Скорости реакций, зависимость от температуры. Характерные параметры, отличающие реакции горения от других химических реакций.
4. Распространение горения в пространстве. Механизм передачи нагревания при дефлаграции. Нормальная скорость распространения пламени. Отношение к скорости звука.
5. Законы сохранения для стационарного фронта пламени. Параметры газа за фронтом пламени.

6. Распространение пламени в разных условиях. Распространение от закрытого конца трубы. Движение газа перед фронтом пламени.
7. Неустойчивость пламени. Ускорение горения при искривлении фронта. Самоускорение пламени в трубах и в открытом пространстве.
8. Понятие о детонации как о другом способе распространения горения. Ударная волна - механизм нагрева горючей смеси.
9. Ударные волны. Образование ударных волн при эволюции больших возмущений. Задача о поршне.
10. Законы сохранения на скачке. Соотношения Гюгонио. Адиабата Пуассона и ударная адиабата.
11. Направление изменения величин в ударной волне. Числа Маха по обе стороны от скачка.
12. Ударная волна в реагирующем газе. Зона горения за ударной волной как стационарный поток газа с подводом тепла. Кризис теплопередачи.
13. Структура детонационной волны. Направление изменения величин в зоне горения. Пересжатая детонация и режим Чепмена-Жуге.
14. Детонационная адиабата. Точка Чепмена-Жуге.
15. Параметры детонационной волны в идеальном газе. Сильная волна. Сопоставление с параметрами газа в пламени
16. Распространение детонационной волны. Режим Чепмена-Жуге. Автомодельная волна разрежения.
17. Неустойчивость детонационного фронта. Трехмерная структура детонации. Ячеистая структура.
18. Концентрационные пределы распространения пламени и детонации. Скорость распространения на пределе.

Литература

1. Франк-Каменецкий, Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике // М.: Наука. 1987.
2. Хитрин, Л.Н. Физика горения и взрыва // М.: Издательство Московского университета. 1957.
3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Гидродинамика /Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц// Т. VI. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1988.
4. Детонация конденсированных и газовых систем. Под редакцией Фролова Ю.И. // М.: Наука. 1986.
5. Зельдович, Я.Б. Теория детонации / Зельдович Я.Б., Компанец А.С. //М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы. 1955. С. 268.
6. Семенов, В.Н. Новый механизм распространения горения в двухфазных газочапельных системах // Известия академии наук. Серия Энергетика. № 3. 2004. С. 3-11.

Учебные пособия

В.Н.Семенов. Физика быстропротекающих газодинамических процессов. Учебное пособие для студентов МФТИ, М. ИБРАЭ РАН, 2005.