

Утверждена Советом механико-
математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова

«___» _____ 20__ г.

Председатель Совета
профессор

_____ В.Н. Чубариков

Представлена кафедрой гидромеханики
механико-математического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова

«___» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой гидромеханики
профессор

_____ В.П. Карликов

ПРОГРАММА СПЕЦКУРСА
«Ударные волны и сверхзвуковые течения»
по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы»

Авторы проекта

к.ф.-м.н. _____ П.Ю. Георгиевский

к.ф.-м.н. _____ О.Г. Сутырин

Ударные волны и сверхзвуковые течения

Годовой спецкурс

П.Ю. Георгиевский, к.ф.-м.н.

О.Г. Сутырин, к.ф.-м.н.

1. Ударные волны в газах как физическое явление. Универсальные законы сохранения и соотношения на ударной волне. Прямая Рэлея – Михельсона, адиабата Гюгонио.
2. Поведение адиабаты Гюгонио вблизи центра, возрастание энтропии, теорема Цемплена.
3. Ударные волны в совершенном газе. Формулы для определения параметров газа за ударной волной.
4. Одномерные неустановившиеся течения газа. Уравнения в характеристической форме, инварианты Римана, простые волны, центрированные простые волны.
5. Автомодельная задача о распаде произвольного разрыва (задача Римана), основные типы решений.
6. Диаграммы в плоскости давление – скорость для ударных волн и центрированных волн Римана. Формулы для случая совершенного газа.
7. Плоские задачи: работа ударной трубы, задача о поршне, отражение ударной волны от стенки, преломление ударной волны на контактном разрыве, столкновение ударных волн.
8. Автомодельные движения со сферическими и цилиндрическими волнами. Обыкновенные дифференциальные уравнения и условия на ударных волнах в переменных Л.И. Седова.
9. Задачи о цилиндрическом и сферическом поршне.
10. Задача о сильном точечном взрыве. Интеграл Л.И. Седова. Приближенный метод «тонкого слоя» Г.Г. Черного в задаче о сильном точечном взрыве.
11. Фокусировка цилиндрических и сферических ударных волн (задача Гудерлея).
12. Детонация как физическое явление. Модели одномерной детонации: Зельдовича – Неймана – Дёринга, Щёлкина, Коробейникова – Левина. Многомерная детонация, неустойчивость, ячеистая структура, спиновая детонация.
13. Модель бесконечно тонкой детонационной волны. Соотношения на скачке с притоком тепла. Адиабата Гюгонио с тепловыделением. Режимы Чепмена – Жуге. Пересжатые и недосжатые волны.
14. Распространение детонационной волны – плоский случай. Точное решение в виде детонационной волны в режиме Чепмена – Жуге и примыкающей к ней волны Римана.
15. Автомодельные задачи о цилиндрической и сферической детонации.
16. Соотношения на косом скачке уплотнения. Случай совершенного газа – выражения для параметров за скачком.
17. Ударные поляры в плоскости годографа вектора скорости и в плоскости давление – угол отклонения. Обтекание клина, существование двойного решения, предельный угол разворота потока.
18. Отражение косого скачка от стенки, регулярное и маховское отражения. Критерий фон Неймана. Область существования двойного решения, гистерезис.
19. Уравнения безвихревого течения для случаев плоской и осевой симметрии. Изэнтропические и изоэнергетические течения.
20. Стационарные автомодельные течения, основные уравнения.
21. Плоское течение Прандтля – Майера. Случай совершенного газа. Обтекание выпуклого угла. Идеальный воздухозаборник Прандтля – Майера.

22. Коническое течение Буземана, основные уравнения. Автомодельные волны сжатия и разрежения для случая осевой симметрии. Воздухозаборник Буземана.
23. Осесимметричное обтекание конуса. Решение в плоскости годографа вектора скорости, яблоковидная кривая.
24. Использование локализованного в набегающем потоке энерговклада для управления обтеканием тел. Изобарические передние отрывные зоны. Концепция «тепловой иглы».
25. Взаимодействие ударной волны с четвертью плоскости и тонким слоем газа пониженной плотности. Возникновение газодинамического предвестника. Расходные пульсации передних отрывных зон.
26. Эффект фокусировки при взаимодействии прямой и головной ударных волн с газовым пузырем.

Список литературы

1. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1987. – 432 с.
2. Черный Г.Г. Газовая динамика. – М.: Наука, 1988. – 424 с.
3. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. – М.: Наука, 1981. – 368 с.
4. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. – М.: Наука, 1966. – 688 с.
5. Нетлетон М. Детонация в газах. – М.: Мир, 1989. – 280 с.
6. Крайко А.Н. Теоретическая газовая динамика: классика и современность. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010. – 440 с.
7. Черный Г. Г. Задача о точечном взрыве. // ДАН СССР, 1957, Т. 112, №2. – С. 213-216.
8. Левин В.А., Коробейников В.П. Сильный взрыв в горючей смеси газов // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. 1969. № 6. С. 48-51.
9. М.С. Иванов, А.Н. Кудрявцев, С.Б. Никифоров, Д.В. Хотяновский Переход между регулярным и маховским отражением ударных волн: новые численные и экспериментальные результаты // Аэромеханика и газовая динамика. 2002. №3. С. 3–12.
10. Артемьев В.И., Бергельсон В.И., Немчинов И.В. Орлова Т.И., Смирнов В.А., Хазинс В.М. Изменение режима сверхзвукового обтекания препятствия при возникновении перед ним тонкого разреженного канала // Изв. АН СССР. МЖГ. 1989. Т. 24. № 5. С. 146–151.
11. Георгиевский П.Ю., Левин В.А. Управление обтеканием различных тел с помощью локализованного подвода энергии в сверхзвуковой набегающий поток // Изв. РАН. МЖГ. 2003. Т. 38. № 5. С. 154–167.
12. Гувернюк С.В., Савинов К.Г. Отрывные изобарические структуры в сверхзвуковых потоках с локализованной неоднородностью // Докл. РАН. 2007. Т. 413. № 2. С. 188–192.
13. Георгиевский П.Ю., Левин В.А., Сутырин О.Г. Двумерные автомодельные течения порожденные взаимодействием скачка уплотнения с областями газа пониженной плотности // Изв. РАН. МЖГ. 2010. Т. 45. № 2. С. 127–135.
14. Георгиевский П.Ю., Левин В.А., Сутырин О.Г. Эффект кумуляции при взаимодействии скачка уплотнения с локальной областью газа повышенной или пониженной плотности // Изв. РАН. МЖГ. 2011. №6. С. 146–154.