

АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ГАЗОВОЙ ДИНАМИКИ И МЕХАНИКИ ПУЗЫРЬКА

Д.В. Украинский

МГУ им. М.В. Ломоносова, мех.-мат. ф-т, каф. гидромеханики, Москва
email: d.v.ukrainskiy@gmail.com

Научный руководитель: А.Н. Голубятников

В докладе рассматривается ряд новых подходов к построению аналитических решений одномерных задач идеальной газовой динамики и механики пузырька в вязких жидкостях, дана их вычислительная реализация.

Для одномерной нестационарной газовой динамики с плоскими волнами развита теория построения точных аналитических решений в виде степенных рядов по различным функциям от лагранжевых координат и времени, вид которых определяет конкретный класс движения газа в трубе с двумя поршнями без образования ударных волн. Особое внимание уделено получению периодических по времени решений, приводится доказательство существования и глобальной аналитичности этих решений на основе модификации метода С.В. Ковалевской. Даны решения различных задач о периодических колебаниях пары поршней при неоднородных начальных условиях, о колебаниях температуры на неподвижной стенке и о сильном сжатии газа.

Построена теория преобразования полуугодографа – специального метода, позволяющего применить указанные выше идеи к решению задач с неоднородным распределением энтропии при произвольном уравнении состояния газа.

Исследован трехволновой резонанс в стационарной сверхзвуковой задаче газовой динамики, выведены и решены амплитудно-фазовые уравнения, определены необходимые граничные условия. Обсуждается суть явления и возможные области приложений.

Рассмотрен ряд задач динамики сферического пузырька в неограниченном объеме несжимаемой степенной неньютоновской жидкости. Установлен закон зависимости концентрации кинетической энергии жидкости от показателя степени нелинейности модели и безразмерного коэффициента консистенции при скачке внешнего давления. Доказано, что для части степеней концентрация энергии вообще отсутствует, для остальных – в том числе указана критическая кривая, разделяющая режимы схлопывания полости с концентрацией энергии и без, определены ее экстремальные свойства. Наилучшие результаты дают модели, близкие к предельной чисто пластической жидкости.

Проведены исследования о влиянии сжимаемости степенной жидкости на концентрацию энергии. Дано точное решение для обжатия полости, например, пузырька или капли, в нелинейно-вязкой теплопроводной среде. Допускается рассмотрение системы из нескольких пузырьков, а также осесимметричные поверхности уровня плотности, моделирующие сжатие при наличии струек. Вычислена полная энергия среды и изучено ее поведение в окрестности момента сжатия в точку – кинетическая энергия сохраняется и ограничена, а внутренняя энергия при определенных значениях параметров задачи стремится к бесконечности. На участках, где плотность массы возрастает, температура убывает, и происходит отток тепла. Определена нагрузка со стороны среды на сжимающий сферический поршень, вычислен поток тепла через него. Показано, что в частном случае поток тепла через поршень допускается выбрать равным нулю.