

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ И РЕЗОНАНСНЫЕ РЕШЕНИЯ В ГАЗОВОЙ ДИНАМИКЕ И МЕХАНИКЕ ПУЗЫРЬКА В НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЯХ

Д.В. Украинский^{1}, А.Н. Голубятников^{1,2}*

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, мех.-мат. ф-т, Москва,

² Институт механики МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

*email: d.v.ukrainskiy@gmail.com

В докладе рассматривается ряд новых методов аналитического решения одномерных задач газовой динамики и механики пузырька в вязких степенных 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. Данный подход фактически описывает течения без образования ударных волн. Особое внимание уделено получению периодических по времени решений. Приводится доказательство существования и аналитичности решений.

Выведены рекуррентные соотношения, по которым все члены рядов последовательно находятся путем алгебраических операций и дифференцирования. Данные формулы позволяют вычислять неизвестные коэффициенты точно с помощью любого математического пакета, допускающего символьные преобразования. Приведены примеры решений различных задач о периодических колебаниях пары поршней при неоднородных начальных условиях, о колебаниях и росте температуры на неподвижной стенке и о движении поршня с торможением в постоянном гравитационном поле.

Построена теория преобразования полуугодографа – специального метода, позволяющего применить вышеуказанные идеи к решению задач с неоднородным распределением энтропии при произвольном уравнении состояния газа. Метод апробирован на примере обобщения решения задачи об однородном разлете для газа Ван-дер-Ваальса.

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 газового пузырька в неограниченном объеме несжимаемой степенной неньютоновской жидкости. Решены задачи о сохранении в процессе сжатия кинетической энергии жидкости или величины скорости диссипации. В нелинейной постановке исследовано резонансное поведение пузырька на основании аналитических и численных методов.

Установлен закон зависимости концентрации кинетической энергии жидкости от показателя степени нелинейности модели и безразмерного коэффициента консистенции при скачке внешнего давления для вакуумного пузырька. Указана критическая кривая, отделяющая возможную концентрацию энергии от ее отсутствия.