

0.1. Зимин А.И. Численное моделирование распространения волн на поверхности вязкой несжимаемой жидкости

результаты расчета двухмерных и трехмерных тестовых задач.

Исследование поверхностных волн является фундаментальной проблемой гидродинамики и природной среды. Оно необходимо для решения ряда прикладных задач, связанных с проектированием, эксплуатацией и обеспечением безопасности морских судов и береговых сооружений. Несмотря на достаточно большое количество исследований, задача численного моделирования таких волн (особенно имеющих нелинейный характер) остается актуальной.

В данной работе для моделирования процесса распространения поверхностных волн рассматривается модель движения двухкомпонентной несжимаемой вязкой жидкости с переменными вязкостью и плотностью. Модель состоит из нестационарной системы уравнений Навье-Стокса (с учетом переменных вязкости и плотности)

$$\begin{cases} \frac{\partial v_i}{\partial t} + \sum_j v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} = F_i, & i = 1, 2, 3, \\ \sum_{j=1}^3 \frac{\partial v_j}{\partial x_j} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где

$$F_i = \frac{1}{\rho} \left(-v_i q(\rho) - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(2\mu \frac{\partial v_i}{\partial x_i} \right) + \sum_{j \neq i} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) \right) \right) + f_i, \quad (2)$$

уравнения конвекции-диффузии

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \sum_i v_i \frac{\partial C}{\partial x_i} = D \Delta C, \quad (3)$$

и уравнений для определения вязкости и плотности, зависящими от концентрации компонент

$$\begin{cases} \mu = C(\mu_2 - \mu_1) + \mu_1, \\ \rho = C(\rho_2 - \rho_1) + \rho_1. \end{cases} \quad (4)$$

Таким образом, мы моделируем двухфазную среду, где одна из компонент представляет собой более плотную и вязкую жидкую фазу, а вторая – газообразную.

Полученная задача численно решается методом сеток на разнесенной сетке. Система уравнений Навье-Стокса решается при помощи схемы расщепления по физическим факторам. Для решения уравнения конвекции-диффузии используется схема предиктор-корректор с аппроксимацией конвективных слагаемых против потока.

Такой подход позволяет при помощи однородного алгоритма моделировать волнообразования на поверхности тяжелой жидкости без выделения особенностей движения границы раздела. Представлены