



Равновесная модель слоя смешения в стратифицированной жидкости: приложения к глубоководным течениям¹

Ляпидевский В.Ю., Чесноков А.А.

Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, Новосибирск

Сдвиговые течения стратифицированной жидкости, обусловленные неровностью дна и перепадом плотности, широко распространены в природе. В таких течениях могут формироваться разнообразные волновые структуры и слои смешения вследствие развития сдвиговой неустойчивости. Результаты натурных наблюдений глубоководных течений в Атлантическом океане (канал Вима, разломы Романш и Чейн) [1, 2] показывают, что можно выделить активный придонный слой, состоящий из однородного «ядра потока» и промежуточную прослойку, в которой течение сопрягается с верхним «пассивным» слоем. Такая слоистая схема течения и идеальная геометрия канала, обеспечивающая двухмерность потока, предполагаются при построении математической модели. В работах [3, 4] в приближении Буссинеска выведена модель, описывающая внутренние гидравлические прыжки и перемешивание между однородными сонаправленными потоками. Расчеты эволюции слоя смешения и раз-

личных режимов обтекания препятствия показали хорошее соответствие известным экспериментальным данным.

В данной работе рассматривается плоское трехслойное стратифицированное течение с учетом вовлечения жидкости из внешних слоев в промежуточную вихревую прослойку. Уравнения движения представляются в виде системы неоднородных законов сохранения. При этом скорость вовлечения задается условием равновесия в рамках более общей модели [4]. Это предположение позволяет получить сравнительно простую эволюционную систему четырех уравнений. Определены скорости распространения возмущений и сформулированы понятия докритического (сверхкритического) течения. Построены решения, соответствующие обтеканию препятствия с образованием внутреннего гидравлического скачка и области интенсивного перемешивания. Результаты численного моделирования подтверждены сопоставлением с экспериментальными данными [5]. Показано, что модель применима для описания характерных особенностей перемешивания и расщепления потока в глубоководных течениях [1, 2].

¹Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 21-71-20039).

Список литературы

- [1] *Morozov E.G., Tarakanov R.Y., Frey D.I.* Bottom gravity currents and overflows in deep channels of the Atlantic, in *Observations, Analysis and Modeling*. Springer Nature, Berlin, 2021. 504 p.
- [2] *Morozov E.G., Frey D.I., Zuev O.A., Makarenko N.I., Seliverstova A.M., Mekhova O.S., Krechik V.A.* Antarctic bottom water in the Vema fracture zone // *J. Geophys. Res. Oceans*. 2023. Т. 128. e2023JC019967. P. 1–15.
- [3] *Chesnokov A.A., Gavrilyuk S.L., Liapidevskii V.Yu.* Mixing and nonlinear internal waves in a shallow flow of a three-layer stratified fluid // *Phys. Fluids*. 2022. V. 34. 075104. P. 1–16.
- [4] *Ляпидевский В.Ю., Чесноков А.А.* Слой смешения в двух-слойных спутных течениях стратифицированной жидкости // *ПМТФ*. 2022. Т. 63, № 6. С. 122–134.
- [5] *Lawrence G.A., Armi L.* Stationary internal hydraulic jumps // *J. Fluid Mech.* 2022. V. 936. A25. P. 1–31.