

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ВИБРАЦИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ КВАЗИРАВНОВЕСНЫХ СОСТОЯНИЙ НАКЛОННОГО СЛОЯ БИНАРНОЙ СМЕСИ

С. А. Прокопьев, Т. П. Любимова

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

В работе исследуется устойчивость квазиравновесия наклонного слоя бинарной жидкости при действии высокочастотных вибраций малой амплитуды при заданных однородных параллельных друг другу градиентах температуры и концентрации. Границы слоя считаются твердыми и идеально теплопроводными. Задача исследуется в рамках приближения Буссинеска [1]. Эффекты термодиффузии и диффузионной теплопроводности не учитываются. В случае высокочастотных вибраций возможны состояния квазиравновесия, в которых среднее течение отсутствует, имеется лишь пульсационное течение [2]. Целью работы является численное исследование линейной устойчивости квазиравновесных состояний. Актуальность данной работы обусловлена важностью изучения способов управления поведением неоднородно нагретых жидкостей.

Ранее показано, что условие существования квазиравновесных состояний в рассматриваемой ситуации имеет вид:

$$Ra \sin(\alpha - \gamma) + Ra_v(1 + K) \cos \beta \cos \gamma \sin(\beta - \gamma) = 0. \quad (1)$$

Здесь $Ra = g\beta_T Ah^4 / (\nu\chi)$, $Ra_v = (a\omega\beta_T Ah^2)^2 / (2\nu\chi)$, $K = \beta_c B / (\beta_T A)$, где g – сила тяжести, β_T – коэффициент теплового расширения, β_c – коэффициент концентрационного расширения, A, B – равновесные градиенты температуры и концентрации, h – толщина слоя, ν, χ – коэффициенты динамической вязкости и температуропроводности, a, ω – амплитуда и частота вибраций. α, β, γ – углы направления силы тяжести, вибраций и градиентов температуры и концентрации соответственно, угол 90° соответствует перпендикулярному слою направлению, угол 0° соответствует направлению вдоль слоя.

Как видно из (1), устойчивость квазиравновесия возможна, когда каждый коэффициент, при Ra и Ra_v , обращается в ноль. При Ra коэффициент обращается в ноль в том случае. Когда сила тяжести параллельна градиенту плотности. Коэффициент при Ra_v обращается в ноль в трех случаях: 1. Направление вибраций также перпендикулярно силе тяжести; 2. Вибрации перпендикулярны слою; 3. Слой горизонтален. В настоящей работе проведены расчеты для случаев 2 и 3. Расчеты проводились при фиксированном значении чисел Прандтля и Льюиса: $Pr = 7$, $Le = 130$, что соответствует характерной жидкой смеси.

На рис. 1 приведены карты устойчивости квазиравновесия на плоскости число Релея – вибрационное число Релея для случая горизонтального слоя при $K = 0.002$ и различных углах наклона вибраций, на рис. 2 – карты устойчивости квазиравновесия для случая поперечных вибраций при $K = 0.002$ и различных углах наклона слоя.

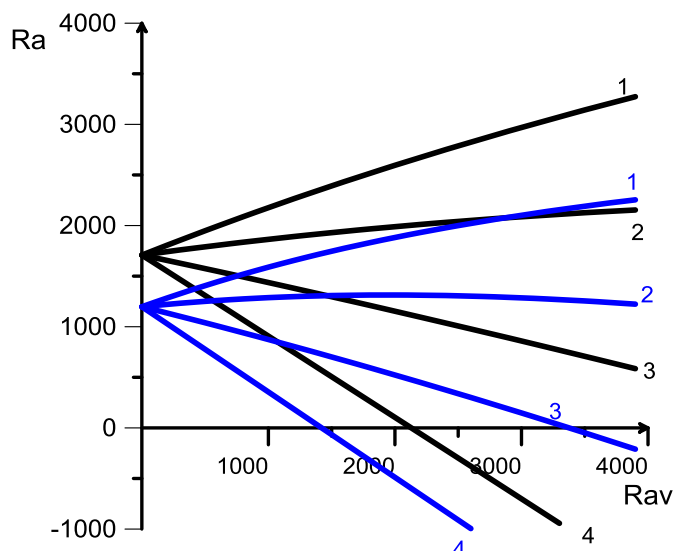


Рис. 1. Карты устойчивости квазиравновесия для случая горизонтального слоя; синие линии – $K = 0.002$, черные – $K = 0$; 1 – $\beta = 90^\circ$, 2 – $\beta = 60^\circ$, 3 – $\beta = 40^\circ$, 4 – $\beta = 0^\circ$

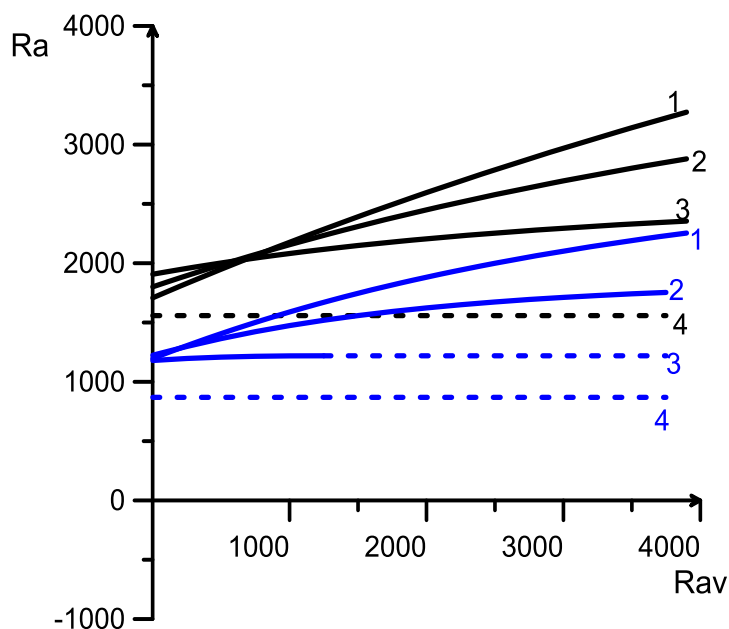


Рис. 2. Карты устойчивости квазиравновесия для случая поперечных вибраций; синие линии – $K = 0.002$, черные – $K = 0$; 1 – $\alpha, \gamma = 90^\circ$, 2 – $\alpha, \gamma = 60^\circ$, 3 – $\alpha, \gamma = 40^\circ$, 4 – $\alpha, \gamma = 0^\circ$

Из рис. 1–2 видно, что даже малые градиенты концентрации оказывают заметное дестабилизирующее воздействие.

В случае горизонтального слоя наиболее устойчивая ситуация реализуется при поперечных к слою вибрациях. С увеличением угла наклона оси вибраций устойчивость понижается.

Для поперечных к слою вибраций наиболее устойчивая ситуация реализуется для горизонтального слоя, с увеличением угла наклона слоя устойчивость понижается.

Список литературы

1. Гершуни Г. З. Жуховицкий Е. М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1972. 392 с.
2. Gershuni G. Z., Lyubimov D. V. Thermal Vibration Convection. Wiley: N.Y. 1998. 358 p.