

## Нелинейная конвективная динамика жидкости в двойном слое с пористой зоной под действием высокочастотной вибрации в невесомости<sup>1</sup>

Колчанова Е.А.

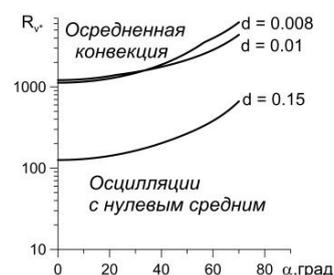
Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

Исследование посвящено устойчивости квазиравновесия и нелинейным режимам осредненной конвекции в системе двух горизонтальных слоев, верхний из которых заполняется жидкостью, а нижний – пористой средой, насыщенной той же жидкостью. Слои подогреваются снизу и осциллируют с высокой частотой в условиях невесомости. Период осцилляций мал относительно характерных конвективных времен задачи.

Обычное конвективное движение жидкости в слоях возбуждается пороговым образом, если их поместить в гравитационное поле и задать необходимый перепад температур на границах. Оно приводит к усилению тепло- и массопереноса в системе. В невесомости такое свободно-конвективное движение невозможно. Однако, осредненную конвекцию можно сгенерировать, действуя на неоднородно нагретую жидкость вибрациями высокой частоты, ось которых составляет ненулевой угол с градиентом температуры, поперечном слоям. Поведение порога конвекции в однослойных жидкостной и пористой системах исследовано в [1–3]. В нашей работе изучаются особенности генерации осредненных виброконвективных течений в сопряженных жидкостном и пористом слоях.

Проведено численное моделирование уравнений термовибрационной конвекции, полученных на основе метода осреднения в предельном случае высокочастотных вибраций. На рисунке представлено пороговое значение вибрационного числа Рэлея-Дарси  $R_v$  в зависимости от угла  $\alpha$  ориентации оси вибрации относительно оси, продольной слоям. Графики построены при разных фиксированных значениях относительной толщины  $d$  жидкостного слоя над пористой зоной. Ниже кривых имеется область параметров для пульсационного течения с нулевой средней скоростью, выше кривых – область параметров для осредненного конвективного течения.

Как видно, пороговое число повышается с ростом угла, так что при продольной вибрации с  $\alpha = 0$  конвекция усиливается, а при поперечной вибрации с  $\alpha = 90^\circ$  она вообще не возникает.



В отличие от однослойных систем, конвекция в двухслойной системе может появляться либо в виде длинноволновых валов, охватывающих все слои, либо в виде коротковолновых валов, локализующихся только в слое жидкости над порами [4, 5]. Нами показано, что в невесомости происходит резкий переход от длинноволновой к коротковолновой термовибрационной конвекции с ростом угла ориентации оси вибрации. При продольной вибрации изучено проникновение осредненного течения в пористый слой с ростом надкритичности. Зафиксировано существенное усиление теплоточа поперек слоев.

### Список литературы:

- [1] Gershuni G.Z., Lyubimov D.V. Thermal Vibrational Convection. Wiley: N.Y. et al., 1998. 358 p.
- [2] Зеньковская С.М., Роговенко Т.Н. Фильтрационная конвекция в высокочастотном вибрационном поле // Прикладная механика и техническая физика. 1999. №3. С. 22–29.
- [3] Lyubimova T.P., Perminov A.V., Kazimardanov M.G. Stability of quasi-equilibrium states and supercritical regimes of thermal vibrational convection of a Williamson fluid in zero gravity conditions // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2019. Vol. 129. P. 406–414.
- [4] Hirata S.C., Goyeau B., Gobin D. Stability of thermosolutal natural convection in superposed fluid and porous layers // Transport in Porous Media. 2009. Vol. 78. P. 525–536.
- [5] [5] Kolchanova E.A., Lyubimov D.V., Lyubimova T.P. The onset and nonlinear regimes of convection in a two-layer system of fluid and porous medium saturated by the fluid // Transport in Porous Media. 2013. Vol. 97. P. 25–42.

<sup>1</sup> Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-71-00067)