

О влиянии переменного инерционного поля на возникновение хемоконвективных структур на границе двух смешивающихся реагирующих жидкостей

Стёпкина Ольга Сергеевна

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет

Брацун Дмитрий Анатольевич, д.ф.-м.н.

o.s.stepkina@mail.ru

В связи с многочисленными технологическими приложениями взаимодействие между химическими реакциями и гидродинамическими неустойчивостями в последние годы становится всё более важной областью исследований. Гидродинамическая неустойчивость, возникающая вблизи границы раздела двух различных жидкостей и сопровождаемая химическими реакциями, встречается в таких областях, как добыча нефти и переработка, процессы горения и сепарации руд, разделительные процессы и др. Хотя некоторые аспекты этой проблемы были рассмотрены еще в прошлом веке, полная картина далека от понимания. Во многих случаях эти процессы могут взаимодействовать: например, химическая реакция за счет ряда механизмов может привести к генерированию гидродинамических течений, которые, в свою очередь, могут интенсифицировать протекание реакций. В последние годы внимание немалого числа исследователей приковано к изучению реакции нейтрализации кислоты основанием с выделением соли и форм ее взаимодействия с гидродинамическими явлениями [1–6]. Как оказалось, реакция нейтрализации может приводить к появлению сложных хемоконвективных структур [1,3,5], возникновению экстремальной деформации межфазной поверхности [4], может быть использована для внешнего управления структурообразованием в плоском реакторе [6], генерировать необычные шахматные структуры из соляных пальцев [2] и даже порождать фрактальные пространственные паттерны в тонких слоях [5].

В данной работе рассматривается реакция нейтрализации, которую можно отнести к нелинейным реакциям второго порядка и упрощенно можно представить в виде $A+B \rightarrow S+Q$. Предполагается, что фронт реакции проходит между двумя смешивающимися жидкостями, помещенными в узкий зазор между двумя твердыми пластинами. Основание В является более тяжелым веществом по отношению к кислоте А. При их взаимодействии на фронте реакции образуется тяжелая соль S, замещающая реагенты, и интенсивно выделяется тепло Q. Важной особенностью системы является неавтономность процессов, происходящих в ней, так как запас реагентов с самого начала предполагается конечным. Так как в результате процессов реакции и диффузии образуется сложным образом стратифицированная среда, в которой легкие и тяжелые фракции послойно чередуются, она является чувствительной к изменению внешнего инерциального поля. Такая постановка задачи является новой и не рассматривалась в литературе.

Математическая модель явления построена в приближении плоского реактора Хеле-Шоу и включает в себя уравнения движения для жидкостей и уравнения переноса для тепла и трёх реагентов. В предположении периодически меняющегося поля тяжести изучена устойчивость системы по отношению к малым возмущениям, построены нейтральные кривые устойчивости. Приводятся результаты численного расчета нелинейных режимов хемоконвекции, возникающих под действием вибраций значительной амплитуды и конечной частоты. Обсуждаются условия, при которых в системе происходит резонансное возбуждение хемоконвективных движений.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 13-01-00508а, 14-01-96021р_урал_а, Департамента образования и науки Пермского края (проект С-26/244) и Программы стратегического развития ПГГПУ (проект Ф-031).

Список литературы:

- [1] Eckert K., Acker M., Shi Y. *Chemical pattern formation driven by a neutralization reaction. Part I: Mechanism and basic features* // *Phys. of Fluids*. – 2004. – Vol. 16 – P. 385–399.
- [2] Bratsun D.A., De Wit A. *On Marangoni convective patterns driven by an exothermic chemical reaction in two-layer systems* // *Phys. of Fluids*. – 2004. – Vol. 16. – No. 4. – P. 1082–1096.
- [3] Bratsun D.A., De Wit A. *Buoyancy-driven pattern formation in reactive immiscible two-layer systems* // *Chem. Eng. Sci.* – 2011. – Vol. 66. – No. 22. – P. 5723–5734.
- [4] Shi Y., Eckert K. *Orientation-dependent Hydrodynamic Instabilities from Chemo-Marangoni Cells to Large Scale Interfacial Deformations* // *Chinese J. of Chem. Eng.* – 2007. – Vol. 15. – No. 5. – P. 748–753.
- [5] Riolfo L.A., Carballido-Landeira J., Bounds C.O., Pojman J.A., Kalliadasis S., De Wit A. *Experimental reaction-driven liquid film fingering instability* // *Chem. Phys. Lett.* – 2012. – Vol. 534 – P. 13–18.
- [6] Брацун Д.А., Де Вит А. *Об управлении хемоконвективными структурами в плоском реакторе* // *ЖТФ*. – 2008. – Вып. 2, т. 78. – С. 6–13.