

К ВОПРОСУ О СТРУКТУРЕ ЗОНЫ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА НЕУСТОЙЧИВОЙ КОНТАКТНОЙ ГРАНИЦЕ

Е.Е. Мешков

СарФТИ НИЯУ МИФИ, Саров, Россия

Развитие неустойчивости границы раздела двух сред разной плотности (контактной границы), движущейся с ускорением, приводит к образованию зоны перемешивания, по общепринятой терминологии называемой «зоной турбулентного перемешивания». В докладе обсуждается вопрос об адекватности этого термина на основе результатов экспериментов, выполненных автором и при его непосредственном участии,

При развитии неустойчивости Рэлея-Тейлора (РТ) на границе газ - жидкость в зоне перемешивания газ проникает в жидкость в виде ансамбля укрупняющихся со временем пузырей газа. В результате практически на всей границе между жидкостью и зоной перемешивания концентрация жидкости падает от 100% до ~0. Предполагается [1], что подобный «обрыв» концентрации (и плотности) на границе между более плотной средой и зоной перемешивания должен иметь место практически в любом случае РТ-перемешивания для того, чтобы обеспечить беспрепятственное развитие неустойчивости. Формирование и устойчивость границы с «обрывом» концентрации поддерживается в результате стабилизирующего действия *ускоренного сдвигового течения на границе сред разной плотности* [2], аналогичного эффекту реламинаризации турбулентного пограничного слоя [3].

В случае ускорения границы двух газов (воздух-гелий) ударными волнами [4] возникает сходная ситуация с формированием «обрыва» на границе воздух-зона перемешивания; здесь концентрация воздуха на этой границе падает от 100% до ~15%.

Существуют некоторые различия в формировании и развитии границы с «обрывом» в случаях а) газ-жидкость и б) газ-газ [4]; в случае а) газ проникает *через зону перемешивания* в жидкость в виде укрупняющихся со временем пузырей, а в случае б) более плотный газ проникает в зону перемешивания в виде струй.

В обоих случаях граница с «обрывом» *возмущена* и поэтому усредненный профиль плотности в зоне перемешивания имеет вид *плавной S-образной* кривой.

Развитие РТ-перемешивания сопровождается развитием и наращиванием *встречных* потоков вещества в зоне перемешивания – более плотного в одну сторону, менее плотного в противоположную. С ростом ширины зоны перемешивания эти потоки нарастают со временем как t^2 . На границе этих потоков должен возникать разрыв скоростей; этот разрыв также растет со временем. Вместе с тем результаты экспериментов по взаимодействию локальных возмущений [5,6] с зоной РТ-перемешивания иллюстрируют возможность протекания через зону перемешивания потоков как более плотной, так и менее плотной среды, растущих со временем как $\sim t^6$.

При развитии неустойчивости Рихтмайера-Мешкова (РМ) ширина зоны перемешивания растет пропорционально $\sim t^{0,3}$ [7]. Соответственно, структура зоны РМ-перемешивания должна существенно отличаться от случая РТ-перемешивания.

При ускорении тонкого слоя воды в замкнутом канале продуктами детонации смеси ацетилен с кислородом формируется зона перемешивания диспергированной воды, воздуха и продуктов детонации, ширина которой вырастает более, чем на порядок, по сравнению с начальной толщиной слоя [8]. При ускорении тонкого слоя пыли в подобных условиях в зоне перемешивания могут формироваться волоконнообразные структуры [9].

Таким образом, как показывают результаты экспериментов, в зоне перемешивания на неустойчивой границе сред разной плотности, движущейся с ускорением, сочетаются черты хаоса и упорядоченного течения. Такие выводы согласуются с результатами теоретического анализа [10,11].

В этой связи термин «зона турбулентного перемешивания» не является вполне адекватным и, если не искажает, то вуалирует суть явления.

1. **E.E.Meshkov. (2013)** Some peculiar features of hydrodynamic instability development. // *Phil. Trans. R. Soc. A*2013 **371**, 20120288
2. **E.E.Meshkov, D.E.Meshkov, V.S.Sivolgin**, Research of the Character of Flow Depending on Volume of Floating Air Bubble.// Proc. of 10th IWPCTM, Editor M.Legrand, Paris, France 17-21 July, 2006, p.p. 238-243
3. **Narasimha R & Sreenivasan K R**, Relaminarization in highly accelerated turbulent boundary layers.// *J. Fluid Mechanics*, 61, 1973, 417
4. **Е.Е.Мешков, В.В.Никифоров, А.И.Толшмяков. (1990)** О структуре зоны турбулентного перемешивания на границе двух газов, ускоряемой УВ. // ФГВ, N 3, с. 71-77.
5. **Meshkov E.E, Nevmerzhitsky N.V, Pavlovskii V.A, Rogatchev V.G, and Zhidov I.G. (1995)** Jelly Technique Applications in Evolution Study of Hydrodynamic Instabilities on Unstable Plane and Cylindrical Surfaces. // *Proc. of the 5th IWPCTM. University at Stony Brook, New York, USA. Editors R.Young, J.Glimm & B.Boston*, 243-250.
6. **Meshkov E., Nevmerzhitsky N., Senkovsky E., Sotskov E. & Tilkunov V. (1999)** The Growth of Local Perturbation on Unstable Surface of Liquid Layer Driven by Compressed Gas. // *Proc. of the 7th IWPCTM. St-Petersburg, Russia, Edited by E.Meshkov, Yu.Yanilkin & V.Zhmailo*, p.95.
7. **Иногамов Н.А. (2002)** Статистика длинноволновых флуктуаций и закон расширения турбулентной зоны при неустойчивости Рихтмайера-Мешкова // *Письма в ЖЭТФ, том 75, вып.11, , с. 664-668.*
8. **Мешков Е.Е., Невмержицкий Н.В. (2002)** Развитие турбулентного перемешивания тонкого жидкого слоя, ускоряемого сжатым газом. // *Письма в ЖТФ, т.28, вып.8, с.34-37*
9. **Bazarov Yu.B., Levushov A.E., Meshkov E.E., Polovnikov A.A. (2005)** Self-organizing of fibre-like structures in turbulent gas and dust cloud. // *Abstracts of Intl. Conf. "Fluxes and structures in fluids", Moscow, June 20-23.*
10. **S.I. Abarzhi** On fundamentals of Rayleigh-Taylor turbulent mixing, *Europhysics Letters* 91, 2010, 12867.
11. **K.R. Sreenivasan, S.I. Abarzhi** Acceleration and turbulence in Rayleigh-Taylor mixing. *Phil. Trans. Roy. Soc. A* 371, 2013, 20130167