

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ЧАСТИЦ АЛЮМИНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТОНАЦИИ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

Т. А. Хмель, А. А. Афанасенков

Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН, Новосибирск,
Россия

Мелкодисперсные частицы алюминия могут рассматриваться как промотирующие добавки для улучшения характеристик горения и детонации реагирующих газовых смесей. Эксперименты [1], термодинамический анализ на основе [2] и расчеты [3, 4] показали увеличение скорости детонации водородно-воздушных смесей с добавками алюминия даже при относительно малой загрузке частиц.

В данной работе методами физико-математического и численного моделирования двумерных течений в плоском канале исследуются картины ячейистой детонации в водородно-воздушной смеси с частицами алюминия различного распределения в пространстве. Физико-математическая модель приведенной кинетики горения водорода и алюминия с учетом гомогенных и гетерогенных реакций, а также процессов образования и декомпозиции конденсированного оксида алюминия валидирована по зависимости скорости детонации от загрузки частиц и по характеру и размерам ячеек в газовой и гибридной смесях. Численная технология, включающая конечноразностные схемы класса TVD и процедуры распараллеливания с применением библиотеки OpenMP, протестирована на ряде одномерных и двумерных задач. Анализ установившихся детонационных режимов показал различные формы ячейистых структур при градиентном распределении частиц и при слоевых образованиях. Установлены характерные особенности течений при малой загрузке частиц (в частности, стабилизация течений и регуляризация ячеек) и при высокой загрузке (диссипативный характер поперечных волн). Установлено влияние добавки частиц алюминия на переход детонации в расширяющуюся область. Типичная картина ячейистой детонации в канале шириной 20 см в газовой смеси (водород-воздух, коэффициент избытка топлива 0,4) и гибридной при градиентном (от 0 до 100 г/м³) и слоевом распределении (300 г/м³ от 0,15 м до 0,2 м) частиц размером 1 мкм показана на рис. 1.

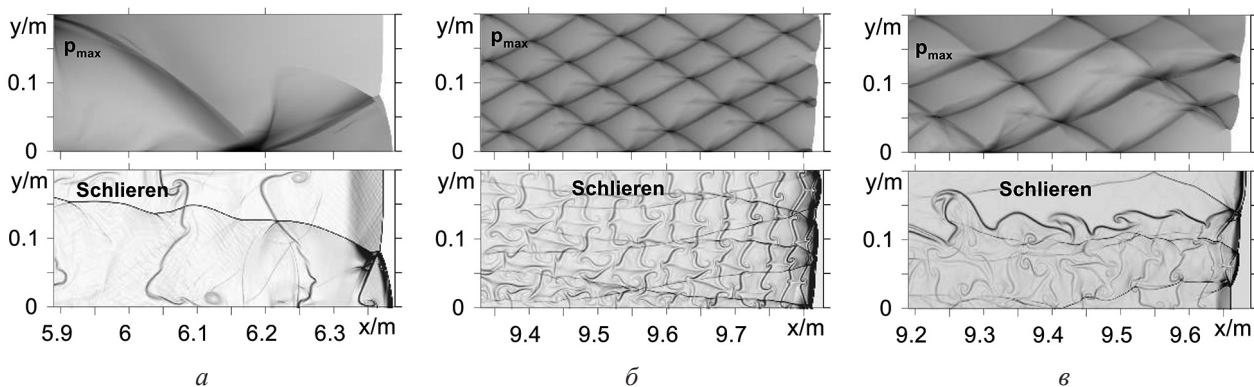


Рис. 1. Картины ячейистой детонации в газовой (а) и гибридных (б, в) смесях: градиент концентрации частиц (б); слоевое распределение (в)

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-29-00336, <https://rscf.ru/project/24-29-00336/>.

Литература

1. Veyssiere, B. Existence of the detonation cellular structure in two-phase hybrid mixtures [Text] / B. Veyssiere, W. Ingignoli // Shock Waves. – 2003. – Vol. 12, No. 4. – P. 291–299. – doi: 10.2514/5.9781600865886.0284.0299.

2. **McBride, B. J.** Computer program for calculation of complex chemical equilibrium compositions and applications [Text]. – 1994. – <https://cearun.grc.nasa.gov/>.
 3. **Khmel, T. A.** Simulation of Cellular Detonation Flow in a Hydrogen–Oxygen–Argon Mixture with Aluminum Particles [Text] / T. A. Khmel, S. A. Lavruk // CESW. – 2024. – Vol. 60, No. 3. – P. 374–385. – doi: 10.1134/S0010508224030109.
 4. **Хмель, Т. А.** Влияние добавки нанодисперсных частиц алюминия на характеристики детонации водородно-воздушных смесей [Текст] / Т. А. Хмель, С. А. Лаврук // Письма в ЖТФ. – 2024. – Т. 50, № 8. – С. 38–40. – doi: 10.61011/PJTF.2024.08.57519.19832.
-