

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГОМОГЕННОЙ ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОЙ ДЕТОНАЦИИ С ПОРИСТЫМ ФИЛЬТРОМ*

Д. А. Тропин, К. А. Вышегородцев

Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук

Аннотация: Проведены расчеты взаимодействия ячеистой детонационной волны с инертным пористым фильтром на основе разработанной физико-математической модели механики гетерогенной среды, учитывающей детальную химическую кинетику химических реакций в газовой фазе. Под инертным пористым фильтром понимается неподвижная решетка инертных частиц. Выявлены следующие режимы течения: распространение ослабленной ячеистой детонационной волны со скоростями меньше скорости Чепмена–Жуге и срыв детонации с разрушением ячеистой структуры. Рассчитаны критические объемные концентрации частиц фильтра, соответствующие режиму срыва детонации. Рассчитаны зависимости нормированной скорости детонационной волны и размера детонационной ячейки от объемной концентрации частиц в фильтрах. Определены концентрационные пределы детонации (критические объемные концентрации частиц, приводящие к срыву детонации) в фильтрах частиц диаметром 50, 100 и 200 мкм. Рассчитаны зависимости нормированной скорости детонационной волны и размеров детонационной ячейки от объемной концентрации и диаметра частиц в фильтрах.

Ключевые слова: физическо-математическое моделирование; гомогенная детонация; инертный пористый фильтр; срыв детонации

DOI: 10.30826/CE22150303

EDN: HOYSHU

Литература

1. *Gottiparthi K. C., Menon S.* A study of interaction of clouds of inert particles with detonation in gases // *Combust. Sci. Technol.*, 2012. Vol. 184. No. 3. P. 406–433.
2. *Tropin D. A., Fedorov A. V.* Mathematical modeling of detonation wave suppression by cloud of chemically inert solid particles // *Combust. Sci. Technol.*, 2014. Vol. 186. No. 10–11. P. 1690–1698.
3. *Tropin D. A., Bedarev I. A.* Problems of detonation wave suppression in hydrogen–air mixtures by clouds of inert particles in one- and two-dimensional formulation // *Combust. Sci. Technol.*, 2021. Vol. 193. No. 2. P. 197–210.
4. *Hui N. Y., Chen J., Kao T., Chiu H., Tsai H., Chen J.* Kaohsiung vapor explosion — a detailed analysis of the tragedy in the harbour city // *Chem. Engineer. Trans.*, 2016. Vol. 48. P. 721–726. doi: 10.3303/CET1648121.
5. *Борисов А. А., Гельфанд Б. Е., Губин С. А., Козарко С. М.* Влияние твердых инертных частиц на детонацию горючей газовой смеси // *Физика горения и взрыва*, 1975. № 6. С. 909–914.
6. *Woliński M., Wolański P.* Gaseous detonation processes in presence of inert particles // *Archivum Combustionis*, 1987. Vol. 7. P. 353–370.
7. *Wolański P., Liu J. C., Kaufman C. W., Nicholls J. A., Sichel M.* The effects of inert particles on methane–air detonations // *Archivum Combustionis*, 1988. Vol. 8. No. 1. P. 15–32.
8. *Teodorczyk A., Benoan F.* Interaction of detonation with inert gas zone // *Shock Waves*, 1996. Vol. 6. P. 211–223.
9. *Papalexandris M. V.* Numerical simulation of detonations in mixtures of gases and solid particles // *J. Fluid Mech.*, 2004. Vol. 507. P. 95–142.
10. *Фёдоров А. В., Тропин Д. А., Бедарев И. А.* Математическое моделирование подавления детонации водородокислородной смеси инертными частицами // *Физика горения и взрыва*, 2010. Т. 46. № 3. С. 103–115.
11. *Фёдоров А. В., Тропин Д. А.* Определение критического размера облака частиц, необходимого для подавления газовой детонации // *Физика горения и взрыва*, 2011. Т. 47. № 4. С. 100–108.
12. *Shafiee H., Djavarehshkian M. H.* CFD simulation of particles effects on characteristics of detonation // *Int. J. Computer Theory Engineering*, 2014. Vol. 6. No. 6. P. 466–471.
13. *Тропин Д. А., Фёдоров А. В.* Влияние инертных микро- и наночастиц на параметры детонационных волн в силановодородовоздушных смесях // *Физика горения и взрыва*, 2019. Т. 55. № 2. С. 119–126. doi: 0.15372/FGV20190212.

*Работа поддержана Российским научным фондом, проект № 21-79-10083 (<https://rscf.ru/project/21-79-10083/>). Статья основана на докладе, представленном на 13-м Международном коллоквиуме по импульсной и непрерывной детонации (ICPCD), прошедшем в Санкт-Петербурге (Россия) в период с 18 по 21 апреля 2022 г.

14. Tropin D. A., Bedarev I. A. Physical and mathematical modeling of interaction of detonation waves with inert gas plugs // *J. Loss Prevent. Proc.*, 2021. Vol. 72. P. 104595.
15. Бедарев И. А., Рылова К. В., Фёдоров А. В. Применение детальных и приведенных кинетических схем для описания детонации водородовоздушных смесей с разбавителем // *Физика горения и взрыва*, 2015. Т. 51. № 5. С. 22–33. doi: 10.15372/FGV20150503.
16. Bedarev I. A., Temerbekov V. M., Fedorov A. V. Simulating the regimes of oblique detonation waves arising at detonation initiation by a small-diameter projectile // *Thermophys. Aeromech.*, 2019. Vol. 26. No. 1. P. 59–68.
17. Бедарев И. А., Федоров А. В., Шульгин А. В. Расчет бегущей волны в гетерогенной среде с двумя давлениями при уравнении состояния газа, зависящем от концентраций фаз // *Ж. вычислительной математики и математической физики*, 2018. Т. 58. № 5. С. 806–820. doi: 10.7868/S0044466918050101.
18. Фролов С. М., Гельфанд Б. Е. Ослабление ударной волны в канале с проницаемыми стенками // *Физика горения и взрыва*, 1991. № 6. С. 101–106.
19. Беликов В. В., Беликова Г. В., Головизнин В. М., Семенов В. Н., Стародубцева Л. П., Фокин А. Л. Подавление детонации в водородовоздушных смесях // *Теплофизика высоких температур*, 1995. Т. 33. Вып. 3. С. 452–457.
20. Pinaev A. V., Vasilev A. A., Pinaev P. A. Suppression of gas detonation by a dust cloud at reduced mixture pressures // *Shock Waves*, 2015. Vol. 25. No. 3. P. 267–275.

Поступила в редакцию 20.01.2022