

ГОРЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ СМЕСИ В ДНИЩЕВОЙ КАВЕРНЕ СУДНА: ЭКСПЕРИМЕНТ И РАСЧЕТ*

С. М. Фролов¹, С. В. Платонов², К. А. Авдеев³, В. С. Аксёнов⁴, В. С. Иванов⁵,
А. Э. Зангиев⁶, И. А. Садыков⁷, Р. Р. Тухватуллина⁸, Ф. С. Фролов⁹, И. О. Шамшин¹⁰

Аннотация: Проведены экспериментальные исследования процессов пульсирующего горения пропано-воздушной смеси в модельной днищевой каверне судна (без обводов судна), погруженной в бассейн с покоящейся водой. В экспериментах регистрировались расходы воздуха и горючего, распространение пламени, а также выталкивающая и толкающая силы, действующие на модельную каверну. Результаты экспериментов сравниваются с результатами трехмерных расчетов, основанных на физико-математической модели горения подготовленной горючей смеси в полузаткнутом объеме над свободной поверхностью воды, разработанной ранее: по форме и положению фронта пламени и границы раздела сред «газ–вода» в разные моменты времени и по динамике изменения сил, действующих на днище и на редан каверны. Получено удовлетворительное качественное и количественное согласие результатов расчетов и измерений.

Ключевые слова: судно с газовой каверной; топливно-воздушная смесь; горение в каверне; эксперимент; математическая модель; распространение пламени; толкающая сила; выталкивающая сила

DOI: 10.30826/CE19120408

Литература

1. Фролов С. М., Платонов С. В., Авдеев К. А., Аксёнов В. С., Иванов В. С., Зангиев А. Э., Коваль А. С., Фролов Ф. С. Горение топливно-воздушной смеси в газовой каверне под днищем скоростного судна // Горение и взрыв, 2016. Т. 9. № 4. С. 12–21.
2. Фролов С. М., Платонов С. В. Способ снижения гидродинамического сопротивления движению судна. Патент Российской Федерации на изобретение № 2653664 от 11.05.2018. Приоритет от 01.06.2017.
3. Фролов С. М., Платонов С. В., Авдеев К. А., Аксёнов В. С., Зангиев А. Э., Садыков И. А., Шамшин И. О. Численное и экспериментальное исследование подъемной силы, создаваемой искусственной газовой каверной под днищем катера // Горение и взрыв, 2018. Т. 11. № 3. С. 60–73. doi: 10.30826/CE18110308.
4. Фролов С. М., Платонов С. В., Авдеев К. А., Аксёнов В. С., Зангиев А. Э., Садыков И. А., Шамшин И. О. Численное и экспериментальное исследование подъемной силы, создаваемой искусственной газовой каверной под днищем катера // Горение и взрыв, 2018. Т. 11. № 3. С. 60–73. doi: 10.30826/CE18110308.

*Работа выполнена за счет субсидии, выделенной ФИЦ ХФ РАН на выполнение государственного задания по теме 0082-2016-0011 «Фундаментальные исследования процессов превращения энергоемких материалов и разработка научных основ управления этими процессами», номер государственной регистрации АААА-А17-117040610346-5, и субсидии, выделенной ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН (выполнение фундаментальных научных исследований ГП 14) по теме № 0065-2019-0005 «Математическое моделирование динамических процессов в деформируемых и реагирующих средах с использованием многопроцессорных вычислительных систем» (номер государственной регистрации АААА-А19-119011590092-6). Работа также выполнена при поддержке РФФИ (проект 16-29-01065офи-м).

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук; Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»; Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мержанова, smfrol@chph.ras.ru

²АО «ЦМКБ «Алмаз», Санкт-Петербург, platsv@yandex.ru

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, kaavdeev@mail.ru

⁴Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, vaksenov@mail.ru

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, ivanov.vls@gmail.com

⁶Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, sydra777@gmail.com

⁷Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, churus1314@rambler.ru

⁸Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, tukhvatullinarr@gmail.com

⁹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, f.frolov@chph.ru

¹⁰Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук; Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, igor_shamshin@mail.ru

- сёнов В. С., Иванов В. С., Садыков И. А., Тухватуллина Р. Р., Фролов Ф. С., Шамшин И. О. Горение топливно-воздушной смеси в объеме над свободной поверхностью воды // Горение и взрыв, 2019. Т. 12. № 3. С. 58–68. doi: 10.30826/CE19120307.
5. Фролов С. М., Платонов С. В., Авдеев К. А., Аксёнов В. С., Иванов В. С., Садыков И. А., Тухватуллина Р. Р., Фролов Ф. С., Шамшин И. О. Трёхмерное моделирование горения топливно-воздушной смеси в объеме над свободной поверхностью воды // Сб. докладов VI Минского международного коллоквиума по физике ударных волн, горению и детонации. — Минск: Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, 2019. С. 193–199.
 6. Frolov S. M., Ivanov V. S., Basara B., Suffa M. Numerical simulation of flame propagation and localized preflame autoignition in enclosures // J. Loss Prevent. Proc., 2013. Vol. 26. P. 302–309. doi: 10.1016/j.jlp.2011.09.007.
 7. Frolov S. M., Avdeev K. A., Aksenov V. S., Borisov A. A., Frolov F. S., Shamshin I. O., Tukhvatullina R. R., Basara B., Edelbauer W., Pachler K. Experimental and computational studies of shock wave-to-bubbly water momentum transfer // Int. J. Multiphas. Flow, 2017. Vol. 92. P. 20–38. doi: 10.1016/j.ijmultiphaseflow.2017.01.016.
 8. Patankar, S. V., Spalding D. B. A calculation procedure for heat, mass and momentum transfer in three-dimensional parabolic flows // Int. J. Heat Mass Tran., 1972. Vol. 15. No. 1. P. 1510–1520.
 9. Barth T. J. Aspects of unstructured grids and finite-volume solvers for the Euler and Navier–Stokes equations // Special course on unstructured grid methods for advection dominated flows. — AGARD, 1992. 61 p.
 10. Воинов А. Н. Исследование детонации и самовоспламенения в условиях двигателей легкого топлива: Дис. . . . д-ра техн. наук. — М.: ИХФ АН СССР, 1957.

Поступила в редакцию 05.11.19