

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Коваля Алексея Сергеевича на тему:

«Переходные режимы горения и детонация метано-воздушных смесей»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 — химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

Диссертационная работа Коваля Алексея Сергеевича посвящена исследованию переходных режимов горения и детонации в метано-воздушных смесях. Исследование направлено на создание научных основ проектирования энергоэффективных промышленных горелочных устройств и их практическую реализацию в рамках создания экспериментальных установок.

Одно из направлений повышения эксплуатационных характеристик скоростных горелок состоит в использовании детонационного цикла сгорания топливно-воздушных смесей. В качестве одного из перспективных горючих для них в силу своей дешевизны, экологичности и относительной взрывобезопасности, рассматривается метан. В то же время слабая детонационная способность метана требует особого подхода для реализации детонационного процесса. Отсутствие соответствующих знаний и опыта препятствует широкому промышленному использованию импульсных детонационных горелок (ИДГ).

В работе рассмотрена методика «быстрого» перехода горения в детонацию (ПГД) для создания детонационных волн горения с использованием слабых источников зажигания. Проведены расчетные и экспериментальные исследования широкого диапазона ИДГ и установлены основные механизмы эффективной организации ПГД на минимальных расстояниях. В этом состоит научная ценность выполненной работы. Созданные экспериментальные образцы ИДГ и их успешные испытания составляют основу практической значимости проведенного исследования.

Диссертационная работа изложена на 135 страницах, состоит из введения, семи глав, формулировки основных результатов и выводов, списка сокращений и

списка цитируемой литературы из 116 наименований.

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования. Приведены основные положения, выносимые на защиту, представлена научная новизна, практическая и теоретическая значимость полученных результатов, отмечен личный вклад автора.

В **первой** главе, представляющей из себя литературный обзор, изложены свойства горения, ПГД и детонации метана. Рассмотрены различные способы организации быстрого ПГД в трубах. Во **второй** главе приводятся расчетные исследования компонентов ИДГ – устройств зажигания и ускорителей пламени, направленные на оптимизацию их конфигурации. Расчеты выполнены с применением алгоритма многомерного моделирования, в основе которого лежит метод явного выделения фронта пламени. В **третьей** главе на основе проведенных расчетов сформирован облик проточной экспериментальной установки для реализации режимов быстрого дефлаграционного горения, близких к детонационным, при зажигании источником, не создающим интенсивных волн давления. В **четвертой** главе доказана возможность организации «быстрого» ПГД в условиях высокоскоростного течения топливных компонентов, отдельно подающихся в рабочий объем установки. В **пятой** главе изложены результаты экспериментальных исследований, позволившие путем модернизации установки, описанной ранее, получить достаточно стабильный циклический детонационный процесс. **Шестая** глава посвящена тепловым испытаниям лабораторного образца ИДГ, необходимым для разработки энергоэффективной системы охлаждения горелочного устройства. В **седьмой** главе описаны результаты экспериментального исследования быстрого циклического ПГД в трубах, не имеющих препятствий – турбулизаторов, которые могут быть использованы для разработки эффективных инициаторов для импульсно- и непрерывно-детонационных камер сгорания – преддетонаторов, использующих донорную смесь.

Проведение, наряду и во взаимосвязи с экспериментальными исследованиями, численных расчетов, является безусловным достоинством диссертационной работы. Это позволило оптимизировать поиск конфигураций и

параметров установок для реализации быстрого ПГД.

Сформулированные цели диссертационного исследования достигнуты. Основные выводы обоснованы и достоверны, что подтверждается повторяемостью экспериментальных результатов, использованием надежных измерительных методик, соответствием результатов численных расчетов эксперименту. Текст диссертации удобно структурирован, написан хорошим научным языком.

Несмотря на общий высокий уровень работы, к ней имеется ряд замечаний.

1. Как вычислялся уровень турбулентных пульсаций, представленных на рис. 17а? Какой метод осреднения был использован для определения температуры (рис. 17в)? Как рост температуры согласуется с падением давления (рис. 17б и 17в)?
2. У части рисунков отсутствует пространственный масштаб (напр. рис. 14, 16, 25).
3. Недостаточно описана используемая расчетная сетка (каково число расчетных ячеек, чем объясняется выбор расчетной сетки и т.д.).
4. Не приведено описание используемой в расчетах кинетической схемы.
5. Выводы, полученные на основании результатов главы 2, фактически не использованы либо не отражены в экспериментальной работе, представленной в главах 4 и 5.
6. В работе не отражено, как результаты по сокращению ПГД, полученные в экспериментальной работе, согласуются или просто коррелируют с результатами других работ, в которых использованы альтернативные методы сокращения ПГД.

Высказанные замечания не затрагивают сути работы и ее основных выводов, не снижают практической и теоретической ценности диссертационной работы. Соискателем выполнен большой объем исследовательской работы, получены новые и оригинальные результаты. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации. Публикации в российских и международных изданиях в достаточной степени отражают суть и основные результаты работы.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, и «Изменений, которые вносятся в Положение о присуждении ученых степеней», утвержденных постановлением

Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 года. Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны теоретические основы метода циклической генерации детонационных волн в промышленных газо-воздушных смесях, которые экспериментально проверены в опытных образцах импульсно-детонационных горелочных устройств. Результаты могут быть рекомендованы к использованию при проектировании энергоэффективных и энергосберегающих промышленных скоростных горелок. Автор диссертации Коваль Алексей Сергеевич заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук (специальность 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы), старший научный сотрудник лаборатории газовой детонации Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
e-mail: pavel_fomin_new@mail.ru, тел.: 8-913-918-3237

П.А. Фомин

14 октября 2022 г.

Организация – место работы официального оппонента:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН
630090 г. Новосибирск, пр. Лаврентьева, 15
тел.: (383)333-16-12; e-mail: igil@hydro.nsc.ru; web-site: <http://www.hydro.nsc.ru>

Подпись П.А. Фомина заверяю

Ученый секретарь Института гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН

к.ф.-м.н.



Хе Александр Канчерович

14.10.2022г.