

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИФИ»

**VII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЛАЗЕРНЫЕ, ПЛАЗМЕННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ»
ЛАПЛАЗ-2021**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 1

Москва

УДК:001.89[621.373.8+533.9+539.2+621.384](06)

ББК 72

М 43

VII Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии» ЛаПлаз-2021: Сборник научных трудов. Ч.1. М.: НИЯУ МИФИ, 2021. – 460 с.

Сборник научных трудов содержит доклады, включенные в программу VII Международной конференции «Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз-2021», которая пройдет с 23 по 26 марта 2021 года в дистанционном формате. Организатором конференции выступает Институт лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ. Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов: лазерная физика и лазерные технологии; физика плазмы и плазменные технологии; сверхсильные лазерные поля; управляемый термоядерный синтез; современные проблемы теоретической физики; современные проблемы физики твердого тела, функциональных материалов и наносистем; ускорители заряженных частиц и радиационные технологии; современные проблемы квантовой метрологии, физика высокой плотности и энергии, электрофизическое и ядерное приборостроение.

Статьи получены до 10 марта 2021 года. Материалы издаются в авторской редакции.

Ответственный редактор: Крупышева П.О.

ISBN 978-5-7262-2767-2

©Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», 2021

Подписано в печать. Формат

*Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ» Типография НИЯУ МИФИ 115409, Москва, Каширское ш.,31*

И.О. ШАМШИН, М.В. КАЗАЧЕНКО, С.М. ФРОЛОВ

*Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семёнова
Российской академии наук, Москва*

ПЕРЕХОД ГОРЕНИЯ В ДЕТОНАЦИЮ В СМЕСЯХ МЕТАН – ВОДОРОД – ВОЗДУХ

Исследован переход горения в детонацию (ПГД) в стехиометрических смесях метан – водород – воздух с объемной долей водорода в горючем от 0 до 1. Выявлен нелинейный характер изменения расстояния и времени ПГД при увеличении доли водорода в горючем.

I.O. SHAMSHIN, M.V. KAZACHENKO, S.M. FROLOV

*N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics of the Russian Academy of
Sciences, Moscow, Russian Federation*

DEFLAGRATION-TO-DETONATION TRANSITION IN METHANE – HYDROGEN – AIR MIXTURES

The deflagration-to-detonation transition (DDT) in stoichiometric methane - hydrogen - air mixtures with the volume fraction of hydrogen in the fuel ranging from 0 to 1 has been studied. The nonlinear variation of the DDT run-up distance and time with hydrogen volume fraction in the fuel is revealed.

В связи с необходимостью улучшения характеристик и экологических показателей поршневых и газотурбинных энергетических установок возрастает интерес к метановодородному горючему – смеси природного газа и водорода. Используя метод и установку на базе эталонной детонационной трубы (ЭДТ), содержащей секцию ускорения пламени и винтовую секцию для фокусировки ударной волны (УВ) [1, 2], исследован переход горения в детонацию (ПГД) в стехиометрических смесях метан- водород-воздух с объемной долей водорода в горючем $\beta = [\text{H}_2]/([\text{CH}_4] + [\text{H}_2])$ от 0 до 1 при нормальных условиях ($P_0 = 0,1$ МПа, $T_0 = 293$ К).

Обнаружен нелинейный характер зависимости расстояния и времени ПГД от β (Рис. 1). ПГД зарегистрирован во всем интервале $0 \leq \beta \leq 1$ и происходит через стадию пересжатой детонации. Степень пересжатия детонации $|D_{\max} - D_{CJ}|/D_{CJ}$ достигает максимального значения $\sim 15\%$ в интервале $0,3 \leq \beta \leq 0,5$ (D_{\max} – максимальная скорость детонации). В интервале $0,3 \leq \beta \leq 0,6$ расстояние ПГД увеличивается, а зависимость времени ПГД отклоняется от линейной. Вне этого интервала ($\beta < 0,3$ и $\beta > 0,6$) ПГД про-

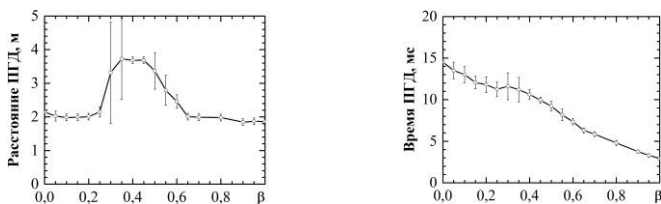


Рис. 1. Расстояние и время ПГД

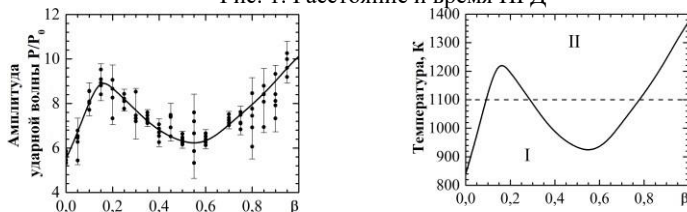


Рис. 2. Изменение амплитуды ударной волны, генерируемой пламенем, и соответствующее ей рассчитанное значение температуры за отраженной ударной волной исходит в винтовой секции ЭДТ. Величина скорости самоподдерживающейся детонации D_s воспроизводится от опыта к опыту во всем интервале $0 \leq \beta \leq 1$. Дефицит скорости детонации $|D_s - D_{Cl}|/D_{Cl}$ увеличивается с уменьшением β и достигает максимального значения в 5%. Динамика ускорения пламени до входа в винтовую секцию ЭДТ воспроизводится от опыта к опыту, а скорость пламени с ростом β увеличивается. В отличие от пламени интенсивность УВ, генерируемой пламенем, изменяется с ростом β немонотонно (рис. 2). Следовательно, немонотонно изменяются температура и давление газа за отраженной УВ. Последнее приводит к сложной зависимости задержки самовоспламенения ударно сжатой горючей смеси от β .

В области I при $0,3 \leq \beta \leq 0,8$ и $T < 1100$ К проявляются особенности низкотемпературных химических превращений H_2 и CH_4 . В области II при $T > 1100$ К предшествующее возникновению ПГД самовоспламенение H_2 и CH_4 происходит по высокотемпературному механизму.

Список литературы

1. Frolov S.M., Zvegintsev V.I., Aksenov V.S. and others // Shock Waves, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00193-020-00966-9>
2. Frolov S.M., Shamshin I.O., Kazachenko M.V. and others // Energies 2021, 14, 820. <https://doi.org/10.3390/en14040820>