

Влияние метана на задержку воспламенения водорода при импульсном истечении в воздух из камеры высокого давления.

12, декабрь 2013

DOI: 10.7463/1213.0633287

Микушкин А. Ю., Головастов С. В., Бочарников В. М.

УДК 53.0.44

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

ОИВТ РАН, Москва

notna17@yandex.ru

golovastov@yandex.ru

vova-bocha@phystech.edu

1. Введение

В данной работе были экспериментально исследованы особенности самовоспламенения водорода при истечении в канал, заполненный воздухом.

Необходимым условием для самовоспламенения водорода является поддержание высокой температуры в течение периода времени, достаточного для смешивания водорода с воздухом на контактной поверхности и воспламенения смеси.

Самовоспламенение происходит благодаря формированию ударной волны на фронте распространяющегося по трубе водорода, находящегося под высоким давлением.

Температура повышается как результат этой ударной волны. Это приводит к поджиганию водородно-воздушной смеси, образовавшейся на контактной поверхности [1].

Но продолжительность раскрытия диафрагмы может влиять на самовоспламенение водорода [3]. Из-за возникающей системы ударных волн могут создаваться области с повышенными температурой и давлением в одномерной аппроксимации.

Путем добавления в водород небольшого количества других газов можно существенно замедлить диффузионное воспламенение, если задержки воспламенения у этих добавок на порядок больше, чем у чистого водорода.

Небольшое изменение в задержке воспламенения может значительно изменить характер процесса, например, погасить горение.

Целью работы было изучение воздействия примесей метана на задержку воспламенения.

2. Экспериментальная установка

Для моделирования спонтанного истечения водорода в канал был использован разрыв диафрагмы, разделяющей камеру высокого давления с водородом и сам канал.

Схема работы системы, организованная по принципу ударной трубе, и X-t диаграммы показаны на рис. 1.

Сжатая водородно-метановая смесь из баллона (1) было подана в камеру (2), вручную с помощью вентиля (3).

Давление в камере увеличивалось со скоростью 0,1 МПа/с и измерялась манометром (4).

При достижении требуемого давления диафрагма (5) разрывается, и водород истекает в заполненный воздухом канал (6) с формированием ударной волны, распространяющейся по каналу.

Импульсное истечение водорода приводит к образованию ударной волны (УВ), позади которой движется контактная поверхность (КП).

Фронт пламени (ФП) возникает на контактной поверхности.

Для регистрации ударных волн использовались пьезоэлектрические датчики PSB (7), расположенные вдоль длины канала.

Для регистрации момента воспламенения был использован фотодиод.

ФЭУ трубки (8) и светодиод (9), расположенные на оси канала, использовались для регистрации времени открытия диафрагмы [2].

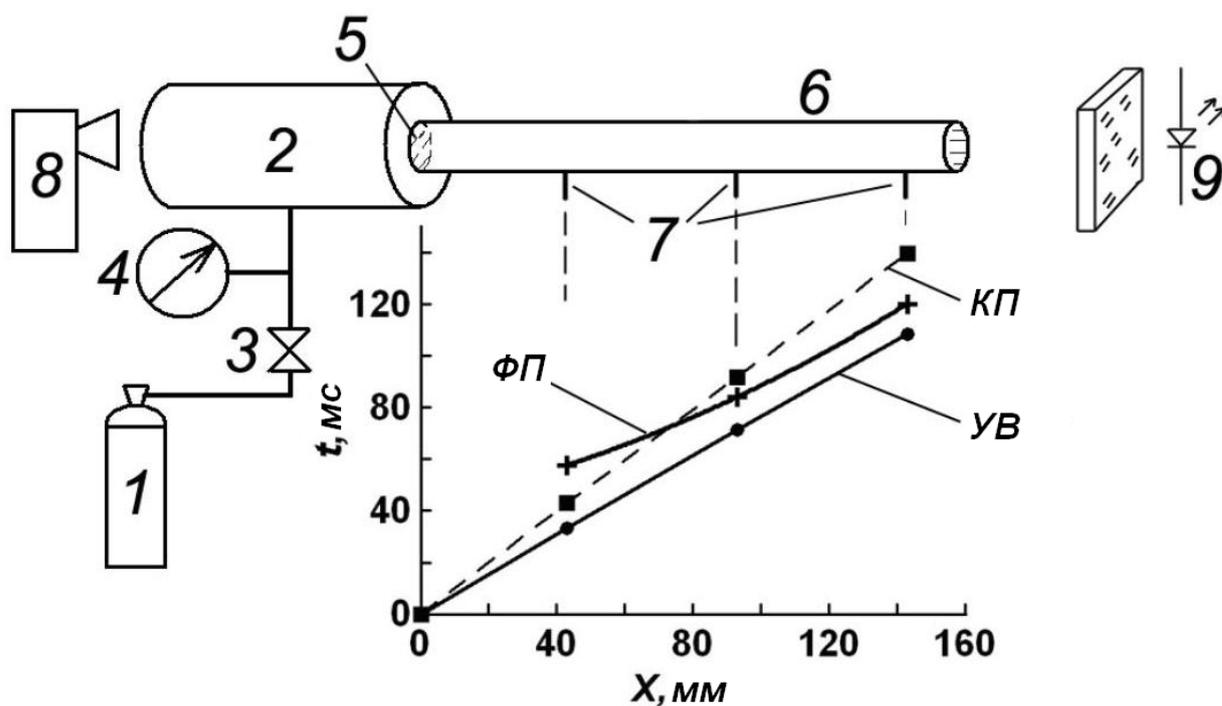


Рис. 1. Экспериментальная установка и X-t-диаграмма диффузии самовоспламенения.

3. Задержки воспламенения

Добавление метана в водород может повлиять на способность воспламеняться по двум причинам. Первая: добавление метана может стать причиной отвода тепла от реагирующих компонентов (водорода и кислорода), вторая: добавление метана обрывает цепи химических реакций. Возникает вопрос, какой из механизмов ингибирования воспламенения является определяющим в данном случае?

На Рис. 2 показана зависимость задержки воспламенения водородно-метановой смеси от времени раскрытия диафрагмы. При увеличении доли метана в смеси, задержка воспламенения значительно возрастает, возрастает нелинейно и уже не зависит от времени раскрытия диафрагмы.

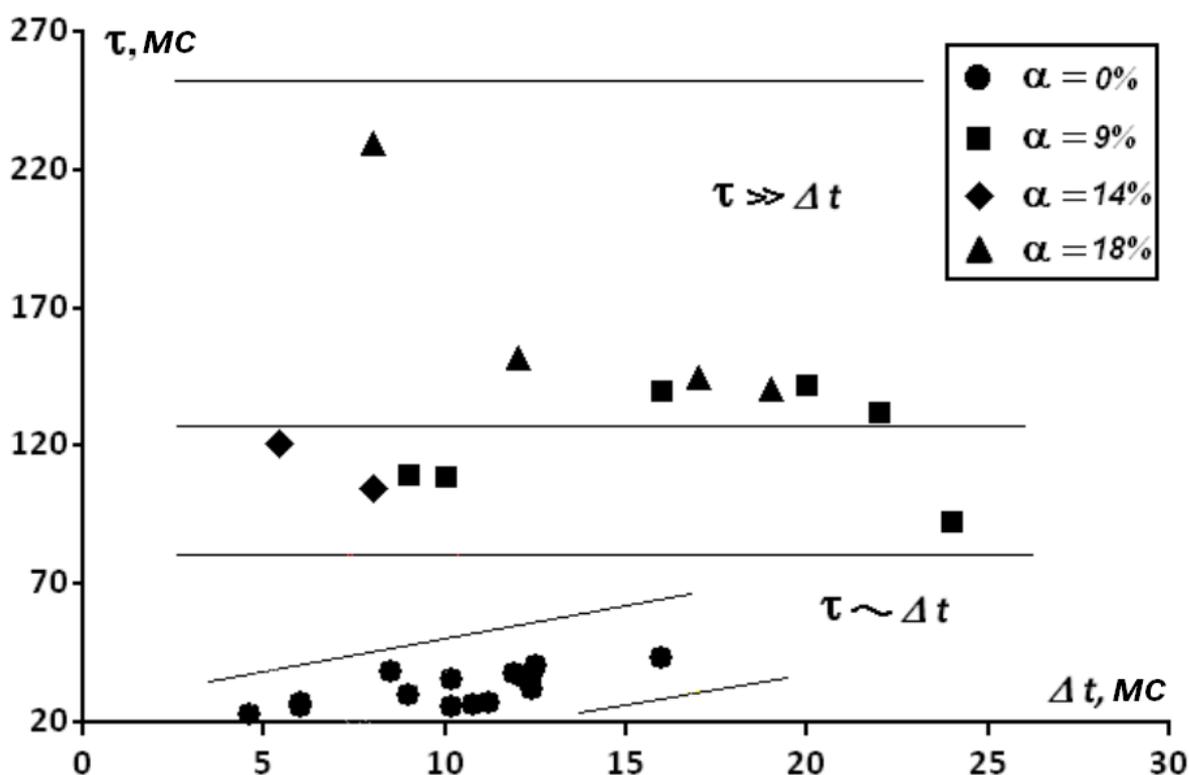


Рис. 2. Зависимость задержки воспламенения от времени раскрытия диафрагмы.

На рис. 3 показана зависимость задержки воспламенения водородно-метановой смеси от начального давления в камере. При увеличении доли метана в смеси, задержка воспламенения значительно возрастает, возрастает нелинейно и уже не зависит от начального давления.

На основе анализа графиков, можно утверждать, что хотя механизм термическое ингибирование имеет место в данном случае, большее влияние на этот процесс оказывает обрыв цепей реакций, который приводит к явно нелинейной зависимости задержки воспламенения водорода от концентрации метана в изучаемом диапазоне начальных данных (начального давления, времени раскрытия диафрагмы).

Было показано, что повышение концентрации метана увеличивает задержку воспламенения, а зависимость задержки воспламенения от длительности раскрытия диафрагмы монотонна

4. Заключение.

Экспериментально исследовано влияние метановых примесей на спонтанное горение водорода при различных соотношениях компонентов. Результаты были сопоставлены с аналогичными экспериментальными данными для спонтанного горения чистого водорода. Полученные данные свидетельствуют о факте того, что в дополнение к

тепловому механизму ингибирования большое влияние на этот процесс оказывает разрыв цепей реакций.

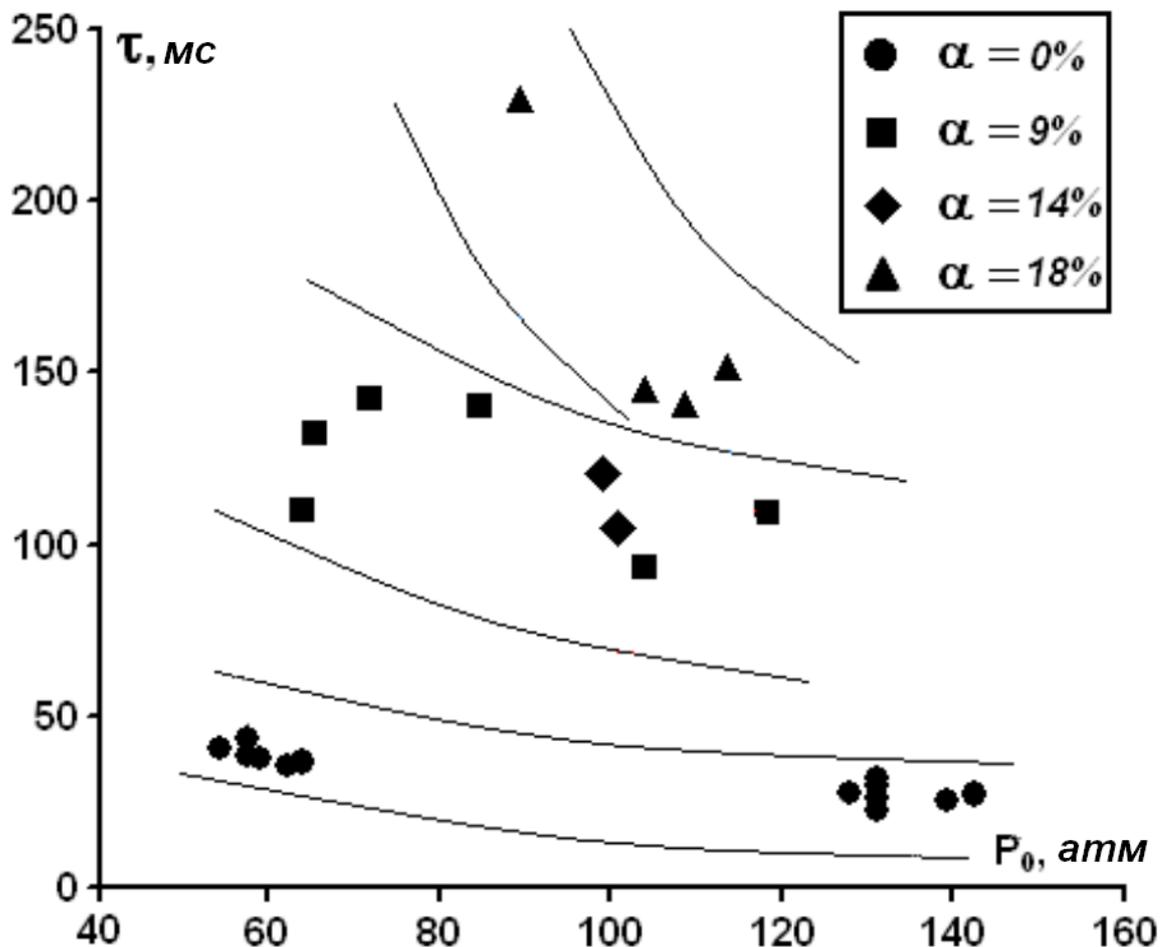


Рис. 3. Зависимость задержки воспламенения от начального давления.

Список литературы

1. Bocharnikov V.M., Mikushkin A.Yu., Golovastov S.V. On characteristics of hydrogen self-ignition at pulse discharge into channel // Abstracts of the XXVII Int. Conf. on Equations of State for Matter (Elbrus, Kabardino-Balkaria, Russia, 1-6 March 2012). 2012. Available at: <http://www.ihed.ras.ru/elbrus12/program/restore.php?id=772> , accessed 01.11.2013).
2. Golovastov S.V., Golub V.V., Baklanov D.I., Bocharnikov V.M. Experimental investigation of rupture rate on self-ignition of pressurized hydrogen release // Proc. of the 28th International Symposium on Shock Waves. 2011. Paper 2537.
3. Golovastov S.V., Bocharnikov V.M. The influence of diaphragm rupture rate on spontaneous self-ignition of pressurized hydrogen: Experimental investigation // Intern. Journ. of Hydr. En. 2012. Vol. 37. P. 10956-10962.

Influence of methane on delay of hydrogen ignition during pulsed discharge escape to the air from a high-pressure chamber

12, December 2013

DOI: 10.7463/1213.0633287

Mikushkin A.Yu., Golovastov S.V., Bocharnikov V.M.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation
Joint Institute for High Temperatures of Russian Academy of Sciences (JIHT), Moscow

notna17@yandex.rugolovastov@yandex.ruvova-bocha@phystech.edu

Influence of methane on diffusion auto-ignition of hydrogen during pulsed discharge escape to the air from a high-pressure chamber was experimentally determined. Pulsed discharge occurred from a high-pressure chamber due to a breakup of the diaphragm. Hydrogen was mixed with air at the contact border. In this case hydrogen ignition point was achieved by means of air heating with a created shock wave which occurred as a result of non-stationary hydrogen discharge from a high-pressure chamber. It was shown that increase in the amount of methane led to increase in the delay of ignition. It was proposed that there is a kinetic mechanism of inhibition of burning in addition to a thermal process. The obtained results could be used for preventing hydrogen ignition in storage and while operating in high-pressure systems.

Publications with keywords: [methane](#), [hydrogen](#), [impulse expiration](#), [the ignition](#), [ignition delay](#)

Publications with words: [methane](#), [hydrogen](#), [impulse expiration](#), [the ignition](#), [ignition delay](#)

References

1. Bocharnikov V.M., Mikushkin A.Yu., Golovastov S.V. On characteristics of hydrogen self-ignition at pulse discharge into channel. In: *Abstracts of the 27 Int. Conf. on Equations of State for Matter*, Elbrus, Kabardino-Balkaria, Russia, 1-6 March 2012, pp. 70-72. Available at: <http://www.ihed.ras.ru/elbrus12/program/restore.php?id=772>, accessed 01.11.2013).
2. Golovastov S.V., Golub V.V., Baklanov D.I., Bocharnikov V.M. Experimental investigation of rupture rate on self-ignition of pressurized hydrogen release. In: *Proc. of the 28th International Symposium on Shock Waves*, 2011, paper 2537.
3. Golovastov S.V., Bocharnikov V.M. The influence of diaphragm rupture rate on spontaneous self-ignition of pressurized hydrogen: Experimental investigation. *Intern. Journ. of Hydr. En.*, 2012, vol. 37, pp. 10956-10962.