

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ВОДОРОДА В УГЛЕВОДОРОДОВОЗДУШНУЮ СМЕСЬ НА РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ДВС С ВНЕШНИМ СМЕСЕОБРАЗОВАНИЕМ И ИСКРОВЫМ ЗАЖИГАНИЕМ

**Захаров Е.А. Злотин Г.Н., Федянов Е.А.** (Волгоградский государственный технический университет)

Сокращению расхода топлива нефтяного происхождения двигателями внутреннего сгорания (ДВС) и улучшению их экологических показателей может способствовать использование водорода. Однако, его широкому применению в качестве топлива ДВС препятствует ряд серьезных проблем: относительная дороговизна его получения в больших количествах, сложность хранения его запасов на борту транспортного средства и др.

При современном уровне развития техники и инфраструктуры наиболее целесообразно использовать водород как добавку к другим видам топлива.

Исследования [1] показывают, что добавки водорода к бензовоздушной смеси позволяют существенно расширить пределы воспламенения топливовоздушной смеси (ТВС), что, в свою очередь, приводит к уменьшению расхода топлива и снижению выбросов основных токсичных компонентов с отработавшими газами. Положительный эффект от добавок водорода особенно заметен на режимах малых нагрузок и холостого хода [1, 2]. Можно ожидать, что их эффективность будет выше при использовании в двигателях природного газа, скорость сгорания которого меньше, чем у бензина.

На наш взгляд, положительное влияние добавок водорода к смеси углеводородного топлива с воздухом на показатели двигателя проявляется через воздействие на процесс сгорания. В частности, добавки водорода в топливовоздушную смесь увеличивают нормальную скорость ламинарного горения. Это влияние, как показывают проведенные нами теоретические и экспериментальные исследования, проявляет себя, прежде всего, на начальной стадии процесса сгорания, в ходе которой происходит формирование и развитие начального очага (НО) горения, инициированного электрической искрой.

Повышение нормальной скорости распространения ламинарного пламени уменьшает критический радиус начального очага. При сильном обеднении топливовоздушной смеси добавка водорода позволяет уменьшить критический радиус до значения, характерного для стехиометрического состава смеси и, тем самым, обеспечивает расширение концентрационных пределов воспламенения.

Определяющее влияние добавок водорода на начальную стадию процесса сгорания подтверждают результаты экспериментов [2]. На рис. 1 представлены полученные на основе опытов в камере сгорания постоянного объема зависимости от коэффициента избытка воздуха времени достижения начальным очагом размера, при котором его радиус становился равным 10 мм.

Указанное значение примерно соответствует интегральному масштабу турбулентности в цилиндре двигателя семейства ВАЗ. Момент достижения границей начального очага указанного размера фиксировался по сигналу ионизационного датчика.

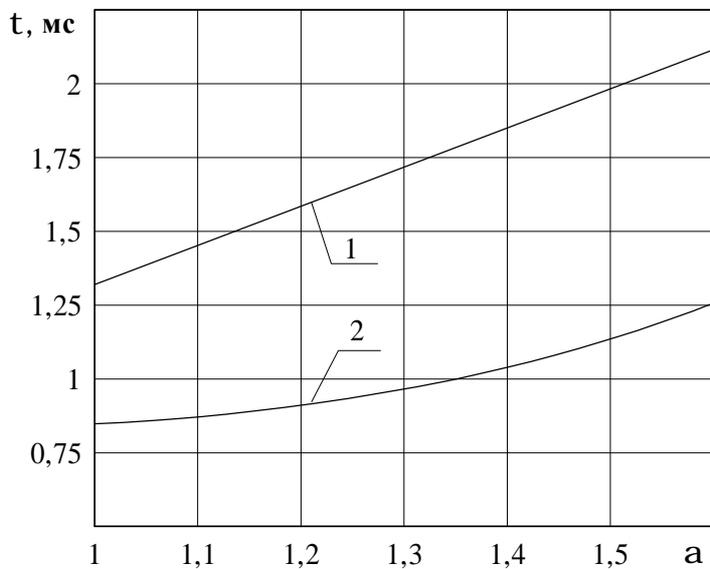


Рис. 1. Влияние состава бензовоздушной смеси и добавки водорода в нее на время достижения очагом воспламенения размера 10 мм: 1 – без водорода; 2 – с водородом.

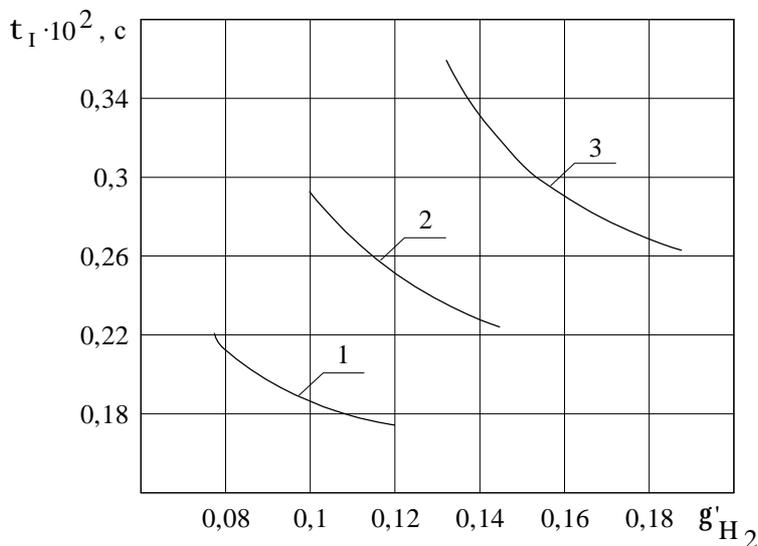


Рис. 2. Влияние добавки водорода к бензину на продолжительность первой фазы сгорания  $t_1$ : 1 –  $\alpha_{CH+H_2} = 1,3$ ; 2 –  $\alpha_{CH+H_2} = 1,7$ ; 3 –  $\alpha_{CH+H_2} = 2,4$

Увеличение нормальной скорости при добавке водорода в бензовоздушную смесь уменьшает влияние на скорость завершающей фазы сгорания. Опыты [1] показали, что при добавках в смесь водорода, продолжительность этой фазы сгорания уменьшается. Добавка в смесь водорода заметно ускоряет процесс догорания и его полноту, обеспечивая улучшение энергетических показателей двигателя.

В целом, как следует из рис. 3, общая продолжительность сгорания оказывается тем меньше, чем больше было добавлено в смесь водорода. Так, по данным [1], при 5% добавке водорода в ТВС общая продолжительность сгорания сократилась при  $\alpha = 1$  на 15%; при  $\alpha = 1,2$  на 28%; при  $\alpha = 1,4$  на 42%. Сокращение продолжи-

Кривая 1 показывает рассматриваемую зависимость для бензовоздушной смеси, а кривая 2 для той же смеси с добавкой водорода. Масса водорода составляла по отношению к массе бензина 17 %. Видно, что, при оговоренных на рис. 1 условиях, НО горения формируется вдвое быстрее при добавлении к бензовоздушной смеси водорода при всех рассмотренных значениях коэффициента избытка воздуха. Это ускоряет развитие всего процесса сгорания и его цикловую стабильность, что было подтверждено индицированием двигателя [3].

Аналогичные результаты получены в опытах на двигателе при добавлении водорода в бензовоздушную смесь на такте впуска. На рис. 2 показано влияние добавки водорода на продолжительность первой фазы сгорания [3]. Величина добавки оценивалась массовой долей  $\gamma'_{H_2}$  водорода в результирующей топливовоздушной смеси. Коэффициент избытка воздуха  $\alpha_{CH+H_2}$  вычислен с учетом добавки водорода. Видно, что при всех рассмотренных значениях  $\alpha_{CH+H_2}$  увеличение массы добавленного в смесь водорода (увеличение  $\gamma'_{H_2}$ ) ускоряет первую фазу сгорания.

тельности сгорания приводит к повышению КПД двигателя и снижению расхода углеводородного топлива, что подтверждается результатами как отечественных, так и зарубежных исследований. Например, при добавке к бензовоздушной смеси около 10 % водорода расход бензина сокращается на 25÷30 %.

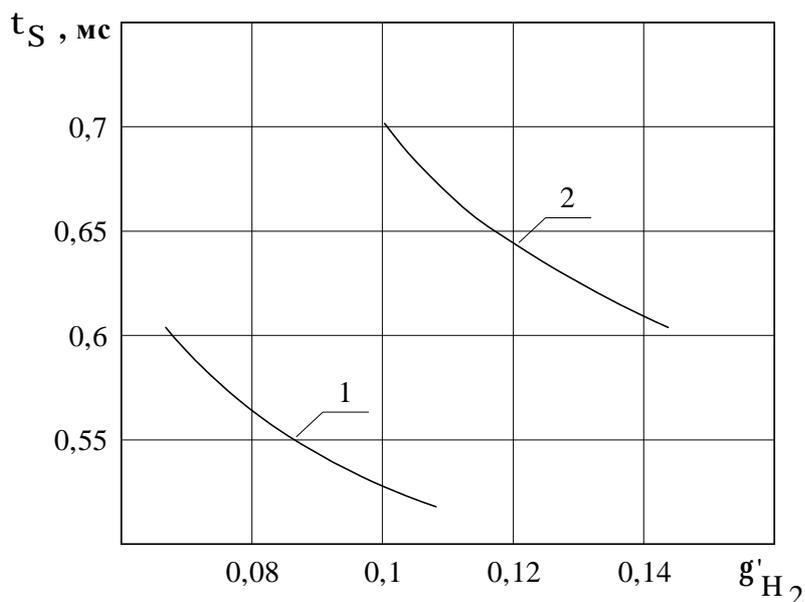


Рис. 3. Влияние состава смеси и добавки водорода на общую продолжительность процесса сгорания  $t_{\Sigma}$ : 1 –  $\alpha = 1,3$ ; 2 –  $\alpha = 1,7$

Анализ динамики тепло-выделения показал, что с ростом добавок водорода повышается эффективность преобразования теплоты в работу. С использованием методов математической статистики установлено, что токсичность отработавших газов двигателя с искровым зажиганием, работающего на бензводородовоздушных смесях, определяется совокупным влиянием доли водорода в смеси, частоты вращения вала двигателя, расхода бензина, угла опережения зажигания, межэлектродного зазора в свече зажигания.

Все сказанное выше говорит о целесообразности расширения исследований по применению добавок водорода к углеводородовоздушным смесям.

Наиболее серьезной проблемой, стоящей на пути практического использования добавок водорода к углеводородным топливам с целью улучшения их топливной экономичности и экологических характеристик, является сложность получения достаточного количества водорода и его хранения на борту автомобиля. В связи с этим, значительный интерес представляет использование в качестве моторного топлива водородосодержащего синтез-газа, генерируемого на борту автомобиля из основного углеводородного топлива. Проведенные в России и за рубежом первые исследования свидетельствуют о перспективности этого вида газовых топлив.

#### Литература:

1. Смоленский В. В., Смоленская Н. М., Шайкин А. Г. Влияние добавки водорода на процесс горения в бензиновых двигателях с искровым зажиганием / Прогресс транспортных средств и систем – 2009: Материалы Международной научно-практической конференции. – Ч. 1, с. 247-248.
2. Злотин Г. Н. Начальный очаг горения при искровом зажигании гомогенных топливовоздушных смесей в замкнутых объемах: Монография / Г. Н. Злотин, Е. А. Федянов; ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 152 с.
3. Трелин Ю.А. Исследование особенности работы ДВС с искровым зажиганием при добавках водорода в бензовоздушную смесь: дис... канд. техн. наук / Ю.А.Трелин – Волгоград, 1981.– 207 с.