

## ОСОБЕННОСТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ГОРЕНИЯ В НАЧАЛЬНОЙ И ОСНОВНОЙ ФАЗАХ СГОРАНИЯ

Шайкин А.П., Галиев И.Р.

Тольяттинский государственный университет

[Sbs777@yandex.ru](mailto:Sbs777@yandex.ru)

*Ключевые слова: скорость распространения пламени, фаза сгорания, турбулентность, добавка водорода, пульсационная скорость, камера сгорания*

Интенсификация процесса сгорания топлива в авиационных поршневых двигателях является одним из основных способов улучшения их экологических, энергетических и экономических характеристик. В настоящее время существует много способов повлиять на процесс горения, условно их можно разделить на две большие группы: химические методы (т.е. применение промоторов, ингибиторов) и газодинамические методы (изменение интенсивности турбулентности, совершенствование формы камеры сгорания и т.д.). Поскольку, в условиях камеры сгорания поршневого двигателя, характеристики распространения пламени меняются, то необходимо по отдельности для каждой фазы сгорания рассматривать влияние того или иного метода промотирования горения. Всего выделяют три фазы сгорания: начальную ( в ней происходит формирование фронта турбулентного пламени у электродов свечи зажигания), основную (в этой фазе сгорает 80% топлива) и конечную (происходит догорание топлива у стенок камеры сгорания).

Цель работы: изучить влияние интенсивности турбулентности и промотирующей добавки водорода на скорость распространения пламени в начальной и основной фазе сгорания.

Исследования проводились в условиях камеры сгорания авиационного поршневого двигателя. В качестве топлива использовался природный газ. Изменение скорости распространения пламени осуществлялось за счет применения промотирующей добавки водорода в количестве  $r_{\text{H}}=29$ ; 47 и 58% (по объему) и увеличения оборотов коленчатого вала двигателя с  $n=600$  до  $900 \text{ мин}^{-1}$  (т.е. интенсивности турбулентности). Коэффициент избытка воздуха менялся от  $\alpha=0,7$  до 1,3. Определение скорости распространения пламени в начальной ( $U_1$ ) и основной ( $U_2$ ) фазе сгорания осуществлялось методом ионизационных зондов. Определение фаз сгорания проводилось с использованием индикаторной диаграммы давления.

Экспериментально обнаружено, что с увеличением интенсивности турбулентности происходит возрастание скорости пламени только в основной фазе сгорания. Особенно ярко данная тенденция проявляется при сжигании горючих смесей с коэффициентом избытка воздуха от 0,9 до 1,1. Это объясняется тем, что при данном составе смеси горение описывается моделью микро-ламинарного пламени. Турбулентные вихри не проникают во фронт пламени, а только меняют его конфигурацию, поэтому увеличение интенсивности турбулентности приводит к увеличению площади поверхности фронта пламени и, как следствие, росту скорости распространения пламени. С увеличением коэффициента избытка воздуха прирост скорости пламени за счет увеличения интенсивности турбулентности снижается. Это связано с тем, что при сжигании бедных смесей ширина ламинарного пламени увеличивается, турбулентные вихри проникают во фронт пламени и влияют на кинетику химических реакций. Турбулентность потока приводит к разрыву фронта пламени и снижению скорости распространения пламени.

Исследование влияния промотирующей добавки водорода на скорость пламени показало, что наибольший рост скорости наблюдается в начальной фазе сгорания. Например, при  $\alpha=1,3$  добавка  $r_{\text{H}}=29\%$  увеличивает в скорость пламени  $U_1$  на 53% ( $n=900 \text{ мин}^{-1}$ ) и на 42% ( $n=600 \text{ мин}^{-1}$ ), а при  $\alpha=1$  увеличение скорости  $U_1$  составляет 32% ( $n=900 \text{ мин}^{-1}$ ) и 26 % ( $n=600 \text{ мин}^{-1}$ ). В свою очередь, для основной фазы при  $\alpha=1,3$  добавка  $r_{\text{H}}=29\%$  повышает скорость сгорания на 20% ( $n=900 \text{ мин}^{-1}$ ) и на 15% ( $n=600 \text{ мин}^{-1}$ ), а при  $\alpha=1$ , увеличение скорости  $U_2$  составляет 10 % ( $n=900 \text{ мин}^{-1}$ ) и 11% ( $n=600 \text{ мин}^{-1}$ ).

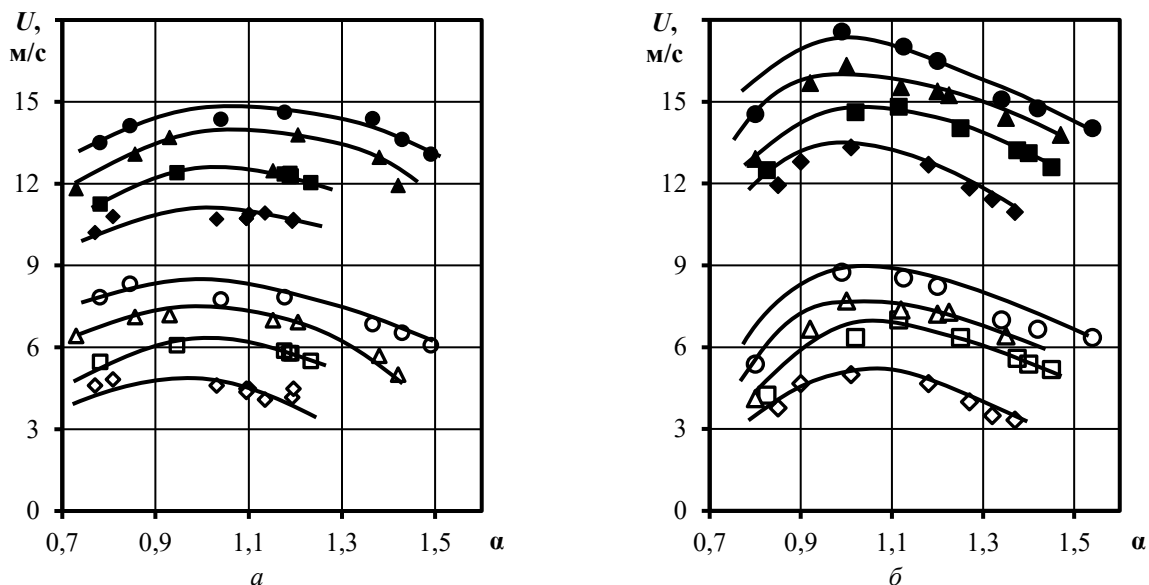


Рис. 1 – Зависимость скорости распространения пламени от состава ТВС и концентрации водорода:  
 а)  $n = 600 \text{ мин}^{-1}$ ; б)  $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ ;  $U_1 - \diamond, \square, \Delta, \circ$ ;  $U_2 - \blacklozenge, \blacksquare, \blacktriangle, \bullet$ ;  $r_H=0\% - \diamond, \blacklozenge$ ;  $r_H=29\% - \square, \blacksquare$ ;  $r_H=47\% - \Delta, \blacktriangle$ ;  $r_H=58\% - \circ, \bullet$

Таким образом, показано, что добавки водорода эффективнее использовать для промотирования сжигания бедных смесей в начальной фазе сгорания, т.е. подавать водород необходимо в область свечи зажигания. В свою очередь, увеличивать интенсивность турбулентности и, таким образом, интенсифицировать процесс сгорания, целесообразно в основной фазе сгорания при сжигании топливной смеси с коэффициентом избытка воздуха в диапазоне от 0,9 до 1,1.

Сведения об авторах

Шайкин Александр Петрович, д-р техн. наук, профессор. Область научных интересов: процессы горения в энергетических установках.

Галиев Ильдар Ринатович, канд. техн. наук, доцент. Область научных интересов: процессы горения в энергетических установках.

## INTENSIFICATION OF THE FLAME IN THE INITIAL AND MAIN PHASES OF COMBUSTION

Shaikin A.P., Galiev I.R.  
 Togliatti State University  
[Sbs777@yandex.ru](mailto:Sbs777@yandex.ru)

*Keywords: flame speed, combustion phase, turbulence, hydrogen, combustion chamber*

The features of flame intensification in the initial and main phases of combustion due to the use of hydrogen additional and increase in the turbulence intensity have been studied.