

УДК 621.45

**ОБОБЩЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ  
ЛАМИНАРНОЙ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАМЕНИ  
ПРИ ГОРЕНИИ ГАЗООБРАЗНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ**

Семенухин А. С., Сигидаев А. В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Для компьютерного моделирования процессов горения требуются детальные кинетические механизмы, подробно описывающие процессы образования химических компонентов. Создание любого кинетического механизма – сложная задача, требующая наличия обширных экспериментальных и теоретических данных в области физической кинетики. Точность моделирования с использованием любого кинетического механизма зависит от числа входящих в него компонентов и реакций, а также значений соответствующих им констант. Моделирование с использованием кинетических схем требует их тщательной верификации для нахождения границ применения, где модель способна прогнозировать с приемлемой погрешностью, поэтому создаваемые механизмы сравниваются с результатами экспериментов по нахождению времени задержки воспламенения (ВЗВ), ламинарной скорости распространения пламени (ЛСРП), и концентраций продуктов сгорания.

В работе был выполнен обзор литературы для нахождения экспериментальных данных по ЛСРП и ВЗВ алканов  $c_1$ - $c_4$  – основных газообразных топлив. Рассмотрены различные экспериментальные методы нахождения ламинарной скорости распространения пламени.

Противоточный метод основан на стабилизации пламени между противоточными потоками топливовоздушной смеси. Пламя стабилизируется и не имеет теплопотерь при взаимодействии с горелкой, но полученный профиль потока не перпендикулярен фронту пламени, который вызывает напряжения в потоке. Из-за этих напряжений пламя растягивается. Для определения ЛСРП от скорости деформации растяжения должны быть экстраполированы до нуля. В результате скорость сильно зависит от модели, используемой для экстраполяции растяжений к нулю. По методу горелки Бунзена, ЛСРП определяется из скорости истечения газа и соотношения между поверхностью пламени и диаметром горелки. Погрешность метода больше всего зависит от определения поверхности фронта пламени. В методе сферической бомбы при воспламенении смеси расширяющееся пламя распространяется от центра сферического сосуда к наружным стенкам. ЛСРП может быть определена визуально или может быть найдена как функция в зависимости радиуса пламени от времени. Метод горелок с плоским пламенем и метод тепловых потоков являются схожими.

На этих горелках одномерное пламя стабилизируется на пористом металлическом диске с охлаждением или с поддерживаемой постоянной температурой. Измеряется повышение температуры охлаждающей воды или вводится компенсация потерь тепла.

Проведённый анализ данных показал, что более чем за 60 лет исследований ЛСРП собрана большая база экспериментальных данных (рис. 1), полученных в достаточно широком диапазоне начальных температур и давлений. Но лишь исследования последних десятилетий с использованием современных приборов и методологий смогли минимизировать погрешности нахождения ЛСРП. Экспериментальные данные, полученные начиная с конца 90-х годов с использованием

методов противотоков, тепловых потоков и в сферических бомбах, позволяют прогнозировать ЛСРП при  $\alpha=1$  и нормальных условиях для метана  $36\pm 1$  см/с, для пропана  $40\pm 1$  см/с.

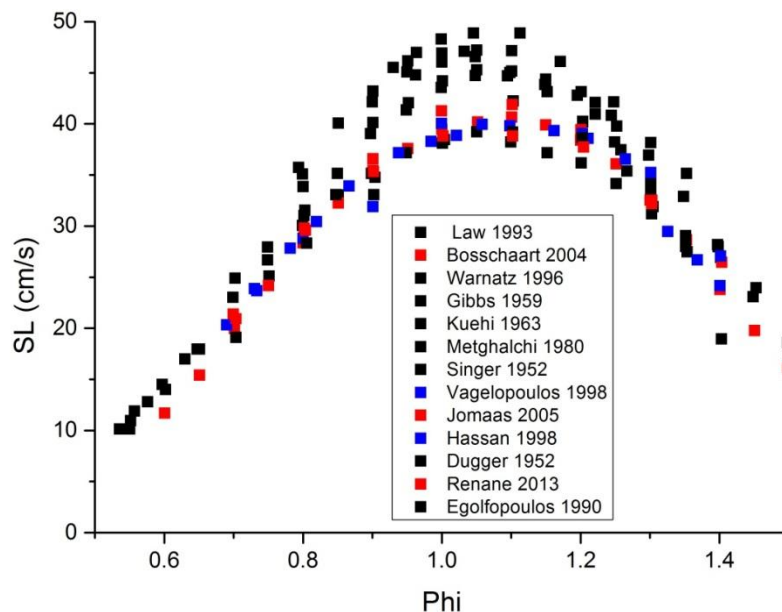


Рис. 1. Экспериментальные данные определения ЛСРП пропана при атмосферных условиях [1-3]

Таким образом, можно предположить, что продолжение накопления экспериментальных данных по определению ЛСРП для разных топлив в разных условиях позволит однозначно определить одну из основных физических характеристик горения, что позволит создавать более точные кинетические механизмы и гарантировать их лучшую предсказательную способность.

#### Библиографический список

1. Jomaas G. Experimental determination of counterflow ignition temperatures and laminar flame speeds of C2–C3 hydrocarbons at atmospheric and elevated pressures [Text]/ G. Jomaas, X.L. Zheng, D.L. Zhu, C.K. Law// Proceedings of the Combustion Institute. - 2005. – V.30. – N.1. – P. 193-200.
2. Bosschaart K.J. The laminar burning velocity of flames propagating in mixtures of hydrocarbons and air measured with the heat flux method [Text]/ K.J. Bosschaart, L.P.H. de Goeij// Combustion and Flame. – 2004. – V.136. – N.3. – P.261-269.
3. Renane R. Numerical simulations of laminar burning velocities of a major volatile organic compound involved in accelerating forest fires [Text]/ R. Renane, K. Chetehouna, O. Séro-Guillaume, A. Nourc, S. Rudz// Applied Thermal Engineering. – 2013. – V.51. – N.1-2. – P.670-676.