

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕРЫВИСТЫХ ПЛАМЕН ВОДОРОД-КИСЛОРОДНЫХ СМЕСЕЙ С ДОБАВКАМИ SO₂

А. А. АРУТЮНЯН

Институт химической физики им. А. Б. Налбандяна НАН Республики Армения
Армения, 0014, Ереван, ул. П. Севака, 5/2
E-mail: harhasmik@mail.ru

Поступило 15 V 2017

В работе изучены характеристические особенности "прерывистых пламен" водород-кислородных смесей, содержащих добавки SO₂. Установлено, что частота и интенсивность вспышек, характеризующие прерывистые пламена, зависят не только от таких параметров, как давление реагирующей смеси и температура, но и от скорости прохождения реагирующей смеси через реактор. Установлено также, что при определенных скоростях газового потока прерывистые пламена характеризуются последовательным чередованием вспышек с большей и меньшей интенсивностью.

Сделано заключение, что наблюдаемые феноменологические характеристики прерывистых пламен являются следствием влияния химического превращения SO₂ на цепную реакцию окисления водорода.

Рис. 5, библиографические ссылки 6.

Явление прерывистых пламен, которое впервые наблюдалось в исследованиях [1,2] по влиянию SO₂ на цепную реакцию окисления водорода при температурах 450-500°C и давлениях $P < 200 \text{ Torr}$ (область самовоспламенения водород-кислородных смесей) в режиме разреженных пламен, стало предметом дальнейших подробных исследований [3-5]. В отличие от исследований [6] по влиянию диоксида серы на процессы высокотемпературного горения, в которых наблюдалось ингибирующее воздействие этого оксида, в случае низкотемпературных разреженных пламен водород-кислородных смесей такое влияние не наблюдалось. При этих условиях был установлен факт интенсивного химического превращения диоксида серы в элементарную серу [3-5]. Подробный кинетический анализ механизма сопряженного процесса превра-

щения SO_2 под воздействием цепной реакции окисления водорода с учетом всех возможных элементарных реакций с участием атомов и свободных радикалов показал, что в результате химического превращения добавки SO_2 в условиях низкотемпературного разреженного пламени оказывают ускоряющее воздействие на развитие цепной реакции окисления водорода и развитие сопряженного процесса в целом[3].

В настоящей работе изучены феноменологические характеристики прерывистых пламен, которые, очевидно, являются следствием химического превращения SO_2 под воздействием цепной реакции окисления водорода.

Методика эксперимента

Процесс изучался на вакуумной установке. Реагирующая смесь водорода, кислорода и SO_2 готовилась в стеклянных баллонах (колбах), присоединенных к общему коллектору. Газовая смесь из этих баллонов в проточном режиме при определенном давлении с определенной скоростью подавалась в цилиндрический кварцевый реактор ($d=68$ мм, $l=224$ мм), снабженный регулируемым электронагревом, и откачивалась вакуумным насосом. Образующаяся в процессе сера оседала в стеклянной ловушке, установленной на выходе из реактора. Скорость и давление газового потока регулировались стеклянными вентилями, установленными на входе и выходе реактора. Для регистрации световых вспышек была разработана методика, позволяющая регистрировать световое излучение с помощью светочувствительного устройства, затем трансформировать его в электросигнал с последующей регистрацией на компьютере. Непрерывная запись позволяла иметь картину чередующихся последовательных световых вспышек с определенной частотой. Единичные вспышки на экране компьютера можно было развернуть по координатам и определить время развития процесса воспламенения.

Результаты и их обсуждение

Разреженные пламена водород-кислородных смесей, содержащих диоксид серы, переходят в режим «прерывистых пламен» при малых временах контакта. Параметрические характеристики прерывистых пламен подробно изучались при разных температурах. Опыты проводились для смесей, богатых водородом, в основном со смесью состава $\text{H}_2:\text{O}_2:\text{SO}_2:\text{N}_2=10:1:1:0.5$. При необходимости соотношение компонентов при постоянном давлении можно было изменить за счет изменения доли N_2 в реагирующей смеси.

На рис. 1 приводится типичная картина «прерывистых пламен». В правом углу представлены единичные сигналы вспышек в развернутом виде.

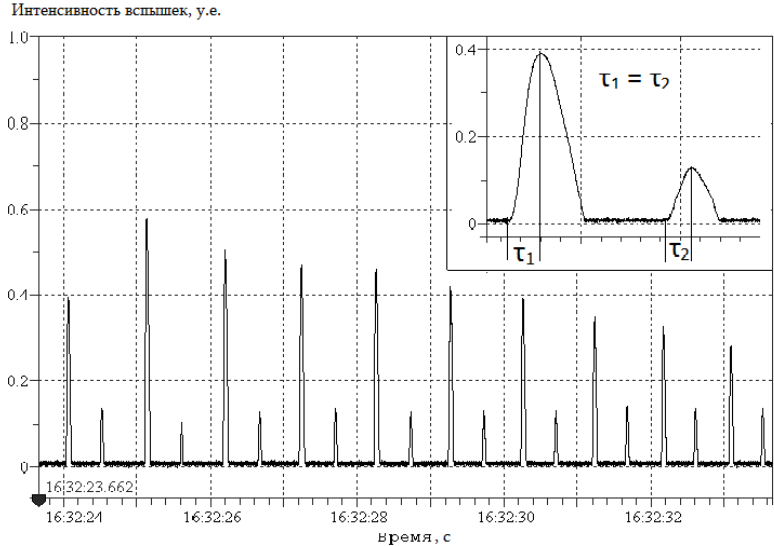


Рис. 1. «Прерывистые пламена» при $T=470^{\circ}\text{C}$, $P = 65 \text{ Torr}$, $\tau_k = 1 \text{ с}$.

На рис. 2 приводятся данные по влиянию температуры на параметры «прерывистых пламен», полученные при 470 и 490°C и постоянном давлении 40 Torr . С повышением температуры уменьшается частота вспышек — время между двумя вспышками. Однако их интенсивности остаются практически неизменными. Это означает, что при этих двух температурах наблюдается воспламенение одинаковых количеств реагирующей смеси.

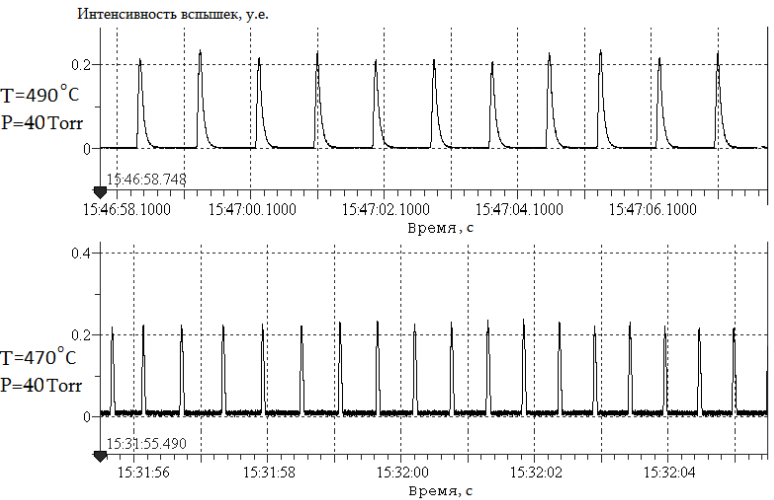


Рис. 2. Влияние температуры на параметры «прерывистых пламен», полученные при 470 и 490°C и постоянном давлении 40 Torr , $\tau_k = 1 \text{ с}$.

На рис. 3 приводятся результаты, полученные при 470°C и разных давлениях реагирующей смеси в реакторе. С повышением давления от 20 до 40 *Torr* наблюдается возрастание интенсивности вспышек и сокращается частота их возникновения.

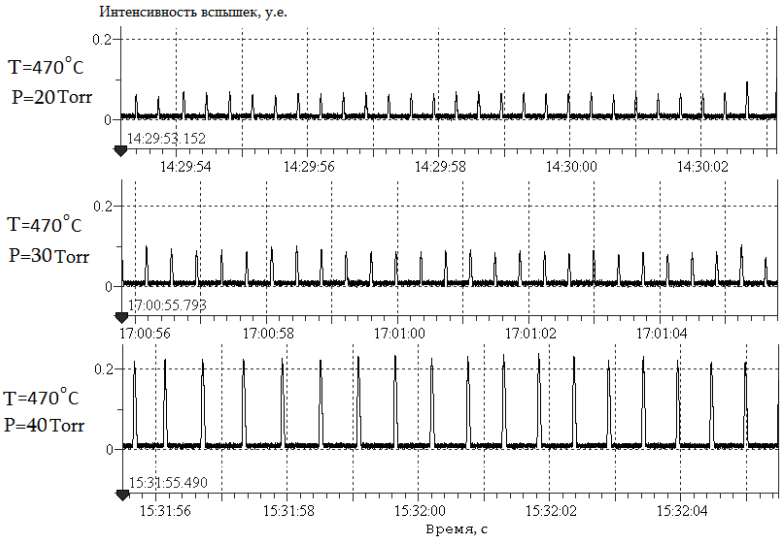


Рис. 3. Изменения интенсивности вспышек при разных давлениях реагирующей смеси в реакторе, $\tau_k = 1$ с.

Данные, представленные на рис. 3, были получены при постоянном времени контакта. Как было установлено, с изменением времени контакта характеристики меняются. Уменьшение времени контакта, т.е. повышение скорости прохождения газового потока через реактор, приводит к возрастанию частоты вспышек. Данные, полученные при 490°C и постоянном давлении 40 *Torr*, приводятся на рис. 4. Уменьшение времени контакта от $\tau_k = 1$ до $\tau_k = 0.6$ с приводит к увеличению числа вспышек за единицу времени.

Интересная особенность «прерывистых пламен» наблюдается при пониженных температурах и давлениях (25-30 *Torr*). При определенных скоростях газового потока появляется последовательное чередование вспышек двух разных интенсивностей пиков разных величин (рис. 5). Небольшие изменения давления приводят к изменению соотношения интенсивностей вспышек и частоты их появления. Однако при этом не меняется общая картина последовательного чередования вспышек двух интенсивностей.

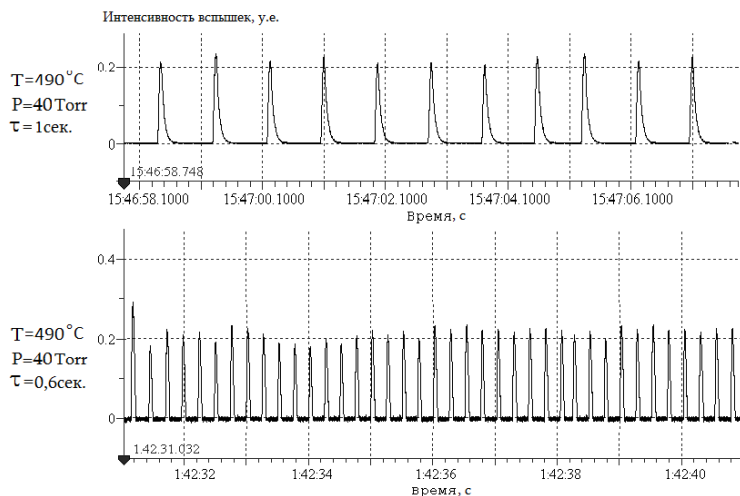


Рис. 4. Изменение частоты всплеск при разных временах контакта.

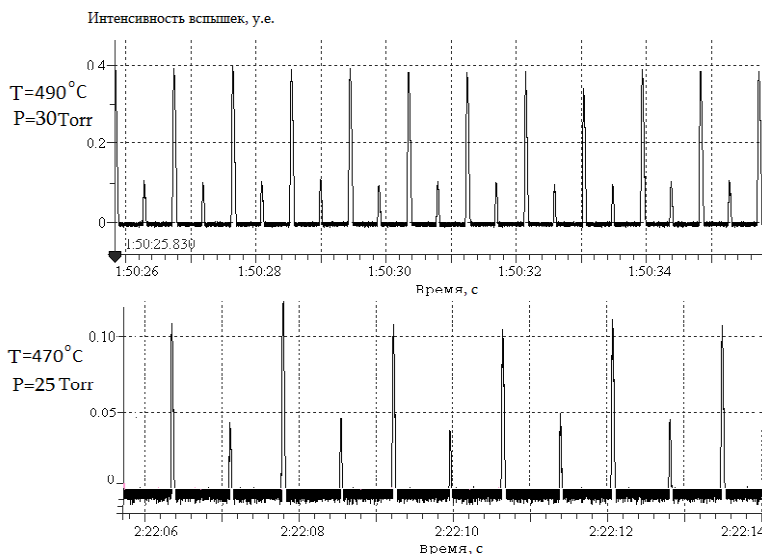


Рис. 5. Прерывистые пламена с чередующимися всплесками различной интенсивности, $\tau_k = 1$ с.

Наблюдаемое многообразие параметрических характеристик прерывистых пламен, очевидно, является следствием сложного механизма сопряженного процесса химического превращения диоксида серы под воздействием цепной реакции окисления водорода. Установлению кинетической природы этого явления, очевидно, должны способствовать достоверные данные о химическом механизме сопряженного процесса превращения диоксида серы в цепном процессе низкотемпературного горения водород-кислородных смесей, содержащих добавки SO_2 .

**SO₂-Ի ՆԱՎԵԼՈՒՄՆԵՐՈՎ ՋՐԱԾՆԱԹ-ԹՎԱԾՆԱՅԻՆ ԽԱՌՆՈՒՐԴՆԵՐԻ
ԸՆԴՀԱՏՎՈՂ ԲՈՅԵՐԻ ՖԵՆՈՄԵՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ**

Ն. Ա. ՆԱՐԻԹ-ՅՈՒՆՅԱՆ

*Աշխատանքում ուսումնասիրվել են SO₂-ի հավելում պարունակող ջրածնաթթված-
նային խառնուրդների ընդհատվող բոցերի բնութագրիչ առանձնահատկությունները:
Հաստատվել է, որ ընդհատվող բոցերի լուսարձակումների հաճախականությունն ու ին-
տենսիվությունը կախված են ոչ միայն այնպիսի պարամետրերից, ինչպիսիք են ռեագի-
րող խառնուրդի ճնշումն ու ջերմաստիճանը, այլև վերջինիս ռեակտորով անցման արա-
գությունից՝ կոնտակտի ժամանակից: Հաստատվել է նաև, որ ընդհատվող բոցերը դա-
զային հոսքի որոշակի արագությունների դեպքում բնութագրվում են մեծ և փոքր ին-
տենսիվություն ունեցող լուսարձակումների հաջորդական հերթականությամբ:*

*Արվել է եզրակացություն, որ ընդհատվող բոցերի դիտարկվող ֆենոմենոլոգիական
կախվածությունները հանդիսանում են ջրածնի օքսիդացման շղթայական ռեակցիայի
վրա SO₂-ի քիմիական փոխակերպման ազդեցության հետևանք:*

**THE PHENOMENOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE
"INTERMITTENT FLAMES" OF OXYHYDROGEN MIXTURES
WITH SO₂ ADDITIVES**

H. A. HARUTYUNYAN

A.B. Nalbandyan Institute of Chemical Physics NAS RA

5/2, P. Sevak Str., Yerevan, 0014, Armenia

E-mail: harhasmik@mail.ru

The paper deals with the characteristic features of "intermittent flames" of oxyhydrogen mixtures containing additives of SO₂. It is defined that the frequency and intensity of light flashes characterizing the intermittent flames depend not only on the parameters like the pressure and temperature of the reagent mixture, but the velocity of its flow through the reactor – contact time. It is also stated that at certain velocities of the gas flow, the intermittent flames are characterized by the successive light flashes of greater and lesser intensity.

Thus, it is concluded that the observed phenomenological dependencies are considered to be the result of SO₂ chemical conversion effect on the chain reaction of the hydrogen oxidation.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Манташян А.А., Микаелян А.Ж. // Хим. ж. Армении, 2006, т.59, №2, с. 8.
- [2] Манташян А.А., Макарян Э.М., Арутюнян А.А., Геворгян Г.М. // Физика горения и взрыва, 2014, т. 50, №1, с. 3.
- [3] Манташян А.А., Макарян Э.М., Арутюнян А.А., Геворгян Г.М. // Физика горения и взрыва, 2016, т. 52, №6, с. 35.
- [4] Манташян А.А. // Физика горения и взрыва, 2016, т.52, №2, с. 3.
- [5] Манташян А.А., Макарян Э.М., Арутюнян А.А., Геворгян Г.М. // Физика горения и взрыва, 2016, №6, с. 26.
- [6] Alzueta M.U., Bilbao R., Glarborg P. // Combustion and Flame, 2001, v. 127, №4, p. 2234.