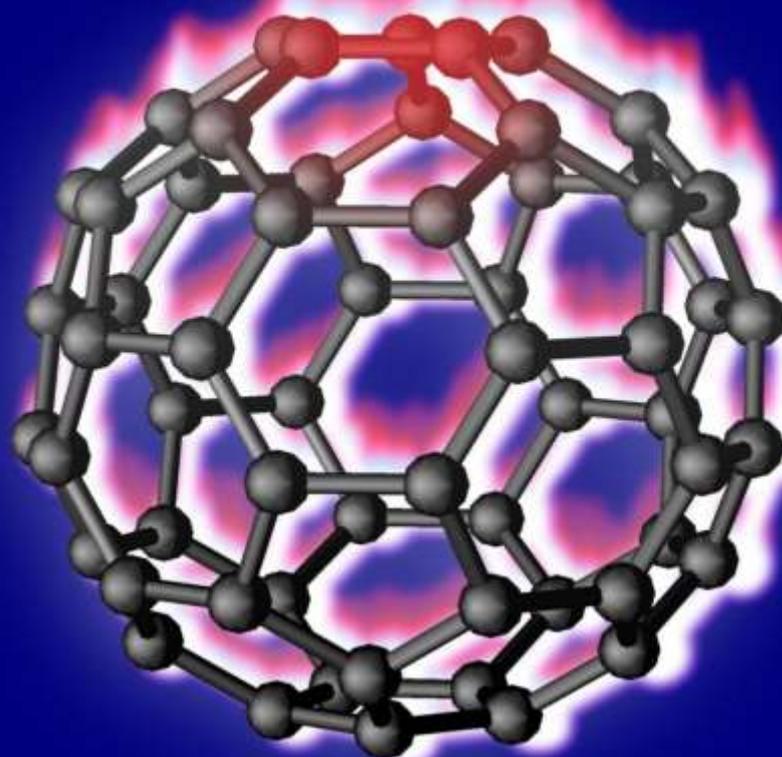


The Ministry of Education & Science of the Republic of Kazakhstan Scientific Committee

Al-Farabi Kazakh National University  
International Science and Technology Center  
The Institute of Combustion Problems  
National Nanotechnology Laboratory of Open Type

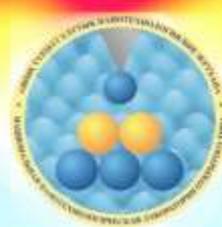
# X International Symposium

## The Physics and Chemistry of Carbon and Nanoenergetic Materials



September 12-14, 2018

ALMATY, KAZAKHSTAN



*X International Symposium*  
 «THE PHYSICS AND CHEMISTRY OF CARBON AND NANOENERGETIC MATERIALS»  
*X халықаралық симпозиумы*  
 «ФИЗИКА ЖӘНЕ ХИМИЯ КӨМІРТЕКТІ ЖӘНЕ НАНОЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ МАТЕРИАЛДАР»  
*X Международный Симпозиум*  
 «ФИЗИКА И ХИМИЯ УГЛЕРОДНЫХ И НАНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ»

Габдрашова Ш.Е., Тулепов М.И., Элоуади Б.	57
19. Графен и природные образования Шабанова Т.А., Ауелханкызы М., Глаголев В.А.	61
20. Selective hydrogenation of acetylene using different carriers Tanirbergenova S.K., Tairabekova S.Zh., Tugelbayeva D.A., Zhylybaeva N.K., Naurzbayeva G.M., Moldazhanova G.M., Mansurov Z.A.	65
21. Diatomite: Origins and Uses. Zhaparova A., Nurgain A., Zhalgasbaikyzy A., Nazhipkyzy M., Lesbayev B.T., Prikhodko N.G., Mansurov Z.A.	69
22. Угольные брикеты с зажигательными составами. Рахова Н.М., Пустовалов И.А., Султанова З.Л., Сасыкова Л.Р., Спанова Г.А., Абдракова Ф.Ю., Тулепов М.И., Мансуров З.А.	72
23. Подбор горючего цементатора, позволяющего произвести качественное горение некондиционных углей. Рахова Н.М., Пустовалов И.А., Султанова З.Л., Сасыкова Л.Р., Спанова Г.А., Абдракова Ф.Ю., Тулепов М.И., Мансуров З.А.	77
24. Study of soot precursor formation in hydrocarbon flames Auyelkhankyzy M., Slavinskaya N.A., Lesbayev B.T., Prikhodko N.G., Mansurov Z.A.	82
25. Применение 3D принтинга для изготовления изделий Султахан Ш.Т., Наурзбаева Г., Нажипкызы М., Мансуров З.А.	85
26. The most efficient solid fuel for rocket launching Serikbayev B., Tureshova G.	87
27. Методы снижения пробивной способности фронта пламени в шахте Мансуров З.А., Тулепов М.И., Казаков Ю.В., Абдракова Ф.Ю., Султанова З.Л., Ахинжанова А.С., Шалтыкова Д., Мадиев С.	90
28. Synthesis of WS <sub>2</sub> crystals by the chemical vapor deposition (CVD) method on a SiO <sub>2</sub> substrate Beissenov R., Shaikenova A., Muratov D., Mansurov Z.A.	95
29. Исследование формирования пористого анода для применения в твердооксидных топливных элементах Умирзаков А.Г., Бейсенов Р.Е., Мереке А.Л.	99
30. О моделях колматационно-суффозионной фильтрации дисперсных систем Хамзина Б.С., Байкадамов Б.А.	103
31. Sorption interactions of heavy metals with biochar in soil remediation studies Kerimkulova M.R., Mansurov Z.A., Kozybaeva F.E., Oshakbayeva Zh.O., Kerimkulova A.R., Azat S.	107
32. Изготовление 3D-пористого анода на основе оксида титана, оксида кобальта для фотокаталитического расщепления воды. Мереке А.Л., Умирзаков А.Г., Бейсенов Р.Е., Рахметов Б.А., Муратов Д.А., Айтмукан Т.	111
33. Разработка медленногорящего замедлительного состава Габдрашова Ш.Е., Тулепов М.И., Казаков Ю.В., Элоуади Б.	116
34. Получение огнеупорных материалов на основе карбида кремния в режиме самоспекания Сатбаев Б.Н., Аймабетова Э.О., Есболов Н.Б., Фоменко С.М., Абдулкаримова Р.Г.	120
35. Исследование изменений микроструктуры периклазовых огнеупоров при знакопеременных тепловых нагрузках Акишев А.Х., Фоменко С.М., Бекджанова М.Т., Коркембай Ж.	126
36. Синтез сверхпроводящего композита на основе диборида магния в режиме твердофазного горения Толендиулы С., Фоменко С.М., Мансуров З.А., Мартиросян К.С.	131
37. Управление процессом горения организацией коаксиального пламени Лесбаев Б.Т., Приходько Н.Г., Нажипкызы М., Смагулова Г.Т., Рахымжан Н., Устаева Г.С., Мансуров З.А.	135
38. Nanocomposite systems based on silicon dioxide, obtained by mechanical and ultrasonic treatment Mofa N.N., Chernoglazova T.V., Sadykov B.S., Oserov T.B., Shabanova T.A.	138
39. Получение и применение наноструктурированных сорбентов на основе природного графита Аманжолова Д.М., Кудайбергенов К.К.	142
40. Газовый сенсор на основе наноразмерного диоксида титана для обнаружения толуола Темиргалиева А.Н., Лесбаев Б.Т.	145
41. Primer explosive synthesis in vicro-segmented flow Ruiqi Shen, Yinghua Ye, Peng Zhu, Shuangfei Zhao, Wei Zhang, Yong Yang	149

## УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ГОРЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ КООКСИАЛЬНОГО ПЛАМЕНИ

**Лесбаев Б.Т<sup>1,2</sup>, Приходько Н.Г<sup>2,3</sup>, Нажипкызы М<sup>1,2</sup>, Смагулова Г.Т<sup>1,2</sup>,  
Рахымжан Н<sup>1,2</sup>, Устаева Г.С<sup>1,2</sup>, Мансуров З.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Институт Проблем Горения, Богенбай Батыра 172, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup> КазНУ им. аль-Фараби, проспект аль-Фараби 7, Алматы, Казахстан

<sup>3</sup> Алматинский Университет Энергетики и связи, ул. Байтурсунова 126, Алматы, Казахстан

\*E-mail: lesbayev@mail.ru

### Аннотация

В работе приведены результаты исследований по изучению образования промежуточных частиц в совмещенной реакционной зоне коаксиальных пламен бензола и ацетилена, бензола и этанола, пропана и этанола с целью создания метода управления процессом формирования заданных конечных продуктов горения

Производство целевых углеродных материалов в процессе окисления и пиролиза углеводородов является одним из наиболее распространенных методов, используемых в крупносерийном производстве. Тем не менее, несмотря на многочисленные исследования, до сих пор остаются актуальными проблемы, связанные с управлением процессами формирования продуктов горения в пламени, что ограничивает диапазон целевого производства углеродных материалов с заданными свойствами путем сжигания углеводородов. Развитие методов экспериментальной диагностики спектров пламен, оказало существенное влияние на развитие теории цепных реакций и химической кинетики. Проводятся многочисленные исследования структур пламен, с целью установить основные закономерности образования полиароматических соединений. В работе [1] достаточно полно изучены вопросы, связанные с процессами образования фуллеренов в бензол-кислородном диффузионном пламени. В работе [2] разработан метод синтеза фуллеренов в толуол-кислородном пламени и авторы сообщают, что разработанный метод пригоден для промышленного производства фуллеренов до нескольких тонн в год. В последние годы появились работы по разработке методов синтеза графенов пламени. Так, в работе [3] авторы исследовали образования графеновых слоев на подложке из никеля и меди с одновременным использованием двух пламен. В работе [4] процесс синтеза графенов в пламени проводят в горелке особой конструкции с чередующимися соплами, в которых осуществляется одновременное горение диффузионного и предварительно-перемешанного пламени. В обеих работах сообщается о преимуществах использования комбинированного пламени для синтеза графенов. К основным преимуществам метода можно отнести синтез графенов в открытой атмосфере, малое время процесса роста, отсутствие дополнительных энергетических затрат благодаря эффективному использованию топлива как источника тепла. Но, несмотря на многочисленные исследования процессов горения до сих пор остаются открытыми вопросы, связанные с механизмами образования конечных продуктов горения. Исходя из вышеизложенного, в предложенной работе приведены результаты исследований по применению коаксиальных пламен разных топлив для управление процессом горения.

Процесс горения представляет собой сложную цепную химическую реакцию, проходящую через множественные параллельные элементарные действия: реакции зарождения (образование активных радикалов), разветвление (увеличение числа радикалов в реакции), продолжение и прекращение цепи (радикальная рекомбинация). Состав, структура и свойства образующихся продуктов горения в пламени зависят от природы исходных частиц и химической кинетики этих процессов. В настоящее время исследования, связанные с зарождением и ростом твердого углеродного продукта в пламени указывают, что реакционные маршруты формирования прекурсоров ароматических молекул, C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>5</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>H<sub>2</sub> и C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>, не являются универсальными для различных видов топлив и сильно зависят от условий протекания процесса, который определяет кинетику наработки активных радикалов процесса горения OH, H, O, NO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H, HCO, C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>, ионов и молекул [5,6,7]. Состав, структура и свойства формирующихся первых ароматических молекул, их рост до поли-ароматических продуктов горения в пламени зависят от состава и концентрации образующихся промежуточных частиц и ароматических прекурсоров. Комбинируя составы промежуточных частиц и плотности ароматических прекурсоров можно создать условия наиболее выгодные для роста поли-ароматических молекул, которые в дальнейшем выступают зародышами конечных продуктов горения. Так как различные классы углеводородов - изо- и нормальные парафины, олефины, ацетилены, нафтены (циклические) и ароматические имеют индивидуальные особенности наработки ароматических прекурсоров и активных радикалов - агентов развития цепной реакции горения и роста ароматических колец, представляется эффективным использование комбинации промежуточных продуктов окисления различных типов углеводородов с целью получения ароматических молекул заданного свойства и размера. Углеводороды можно разделить на четыре основных класса: изо- и нормальные парафины, нафтены и ароматические. Они отличаются физико-химическими характеристиками молекул и, таким образом, имеют отдельные кинетические особенности в ходе реакций окисления, выработки радикалов и продуктов. Нами предлагается организовать процесс смешивания реакционных зон при коаксиальном сжигании различных видов топлива: начальная стадия сжигания каждого топлива осуществляется на отдельной горелке с возможностью последующего объединения пламени на разной высоте от матрицы горелки с последующим образованием объединенной реакционной зоны. Таким образом, предлагаемый метод позволяет изменять состав взаимодействующих промежуточных частиц в зоне реакции коаксиального пламени и тем самым контролировать структурные и температурные характеристики пламени. В статье обсуждаются результаты исследования.

В целях создания коаксиального горения, обеспечивающего совмещение зон пламен различных газообразных топлив, была спроектирована и создана экспериментальная установка. Основным узлом установки является горелочное устройство с коаксиальным расположением двух сопел. Конструкция горелочного устройства позволяет подавать отдельно в каждое сопло разные виды топлива. Конструкция горелки спроектирована так, что можно перемещать сопла относительно друг друга по вертикальной оси, что позволяет регулировать общую площадь совмещенной реакционной зоны в коаксиальном пламени разных топлив. Устройство коаксиальной горелки инсталлирована таким образом, что позволяет смешивать пламена на различных стадиях развития реакции горения. Это позволяет изучать эффект влияния смешения промежуточных радикалов, образующихся для разных топлив на различных стадиях процесса окисления, на формирование ароматических прекурсоров выступающих в качестве зародышей конечных продуктов горения.

Отличительной особенностью коаксиального пламени является то, что происходит

повышение температуры как в совмещенной реакционной зоне так и по всему объему пламени. К примеру пламя пропана в нашем случае при сохранении определенного соотношения углерода к кислороду не превышает 830°C этанола 860°C. При процессе организации коаксиального пламени с сохранением условий для обоих отдельно взятых пламен когда пропан подается посередине, а этанол по краю повышение температуры достигает значения 915°C при расстоянии 100 мм от поверхности горелки. При расположении исходных топлив, когда этанол подается посередине, а пропан по краю пламени, температура пламени значительно выше, чем при горении чистых топлив и достигает максимального значения 1150°C.

Состав промежуточных частиц в исследуемых пламенах были изучен с применением метода зондового отбора проб ЭПР спектрометром, а также методом спектрального анализа. Проведенные исследования показали возможность регулирования концентрационной плотности и состава промежуточных частиц в конкретной локальной зоне пламени, методом организации коаксиального режима горения разных топлив, что позволяет управлять процессом образования конечных продуктов горения.

#### **Список использованной литературы**

1. Peter Hebgan, Anish Goel, Jack B. Howard, Ienore C. Rainey, John B. Vander Sande. Synthesis of fullerenes and fullerene nanostructures in a low-pressure benzene/oxygen diffusion flame //Proceedings of the Combustion Institute. – 2000. – Vol. 28 (1). – P. 1397-1404.
2. H.Takehara, M.Fujiwara, M.Arikawa, M. D.Diener, J. M.Alford. Experimental study of industrial scale fullerene production by combustion synthesis //Carbon. – 2005. – Vol. 43 (2). – P. 311-319.
3. Zhen Li, Hongwei Zhu, Dan Xie, Kunlin Wang, Anyuan Cao, Jinqian Wei, Xiao Li, Lili Fan and Dehai Wu. Flame synthesis of few-layered graphene/graphite films //Chemical Communications. – 2011. – Vol. 47 (12). – P. 3520-3522.
4. Nasir K. Memon, Stephen D. Tse, Jafar F. Al-Sharab, Hisato Yamaguchi, Alem-Mar B. Goncalves, Bernard H. Kear, Yogesh Jaluria, Eva Y. Andrei, and Manish Chhowalla. Flame synthesis of graphene films in open environments //Carbon. – 2011. – Vol. 49 (15). – P. 5064-5070.
5. J.Appel, H.Bockhorn, M.Frenklach. Kinetic modeling of soot formation with detailed chemistry and physics: laminar premixed flames of C<sub>2</sub> hydrocarbons //Combustion and Flame. – 2000. – Vol. 121 (1). – P. 122-136.
6. M.J. Height, J.B. Howard, J.W. Tester, J.B. Vander Sande. Flame synthesis of single-walled carbon nanotubes //Carbon. – 2004. – Vol. 42 (11). – P. 2295-2307.
7. A. D'anna, A Violi, A. D'alessio, A.F Sarofim. A reaction pathway for nanoparticle formation in rich premixed flames //Combustion and Flame. – 2001. – Vol. 127 (1). – P. 1995-2003.