

В.А. Балысова, И.Р. Бегисhev, П.В. Комраков, А.В. Смирнов
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: 9653751126@yandex.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ ФОТОВОСПЛАМЕНЕНИЯ СМЕСИ ЭТАНА И ХЛОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАУЧНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Авторами создан, отлажен, протестирован научно-измерительный комплекс на базе модели фотореактора и АЦП с программным обеспечением "PowerGraph", версия 3.3. Определена концентрационная область фотовоспламенения смеси этана с хлором.

Ключевые слова: фотовоспламенение, программное обеспечение "PowerGraph", ультрафиолетовое излучение, хлор.

V.A. Balysova, I.R. Begishev, P.V. Komrakov, A.V. Smirnov

DEFINITION OF A CONCENTRATION AREA OF THE ETHANE-CHLORINE MIXTURE PHOTOIGNITION WITH THE HELP OF THE SCIENTIFIC-CHECK OUT INSTALLATION

The authors have created, debugged, tested research-measuring system based on the model photo reactor and analog-to-digital converter with software "PowerGraph", version 3.3. Defined of concentration area of the ethane-chlorine mixture photoignition.

Key words: photoignition, software support "PowerGraph", ultraviolet radiation, chlorine.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 2 октября 2014 г.

Основной вклад в исследование воспламенения и горения углеводородов в смеси с хлором внёс советский учёный Розловский А.И. Одна из его работ, опубликованная в 1979 г., описывает такие особенности горения углеводородов в хлоре, как невысокая температура пламени, интенсивная хемилюминисценция и более широкая концентрационная область взрываемости [1]. С середины 80-х годов на кафедре процессов горения Академии ГПС МЧС России были начаты работы по изучению воспламенения таких смесей под действием УФ-света. Проведение этих исследований диктовалось необходимостью обеспечения пожаровзрывобезопасности новых производств, в которых для инициирования химической реакции использовали УФ-излучение. Воздействие УФ-света исследовали не только на смесях углеводородов с хлором, но и на их смесях с кислородом. Подробно было изучено влияние УФ-света на горение газовых смесей тетрафторэтилена, трифторхлорэтилена и гексафторэтилен с кислородом и смесей дифторэтана, дифторметана, хлорэтана и дихлорметана с хлором [2-4].

В настоящее время исследования по фотовоспламенению смесей углеводородов с хлором продолжают на кафедре процессов горения Академии ГПС МЧС России. Для проведения экспериментов и обработки данных используется технологическая установка по фотохлорированию (рис. 1).

Принципиальная схема установки приведена на рис. 2.

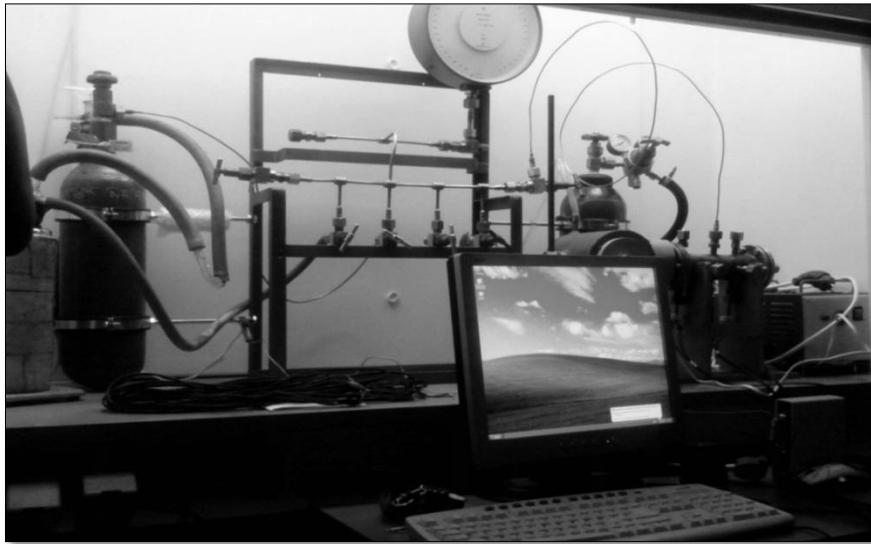


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования параметров фотовоспламенения смесей углеводородов с хлором

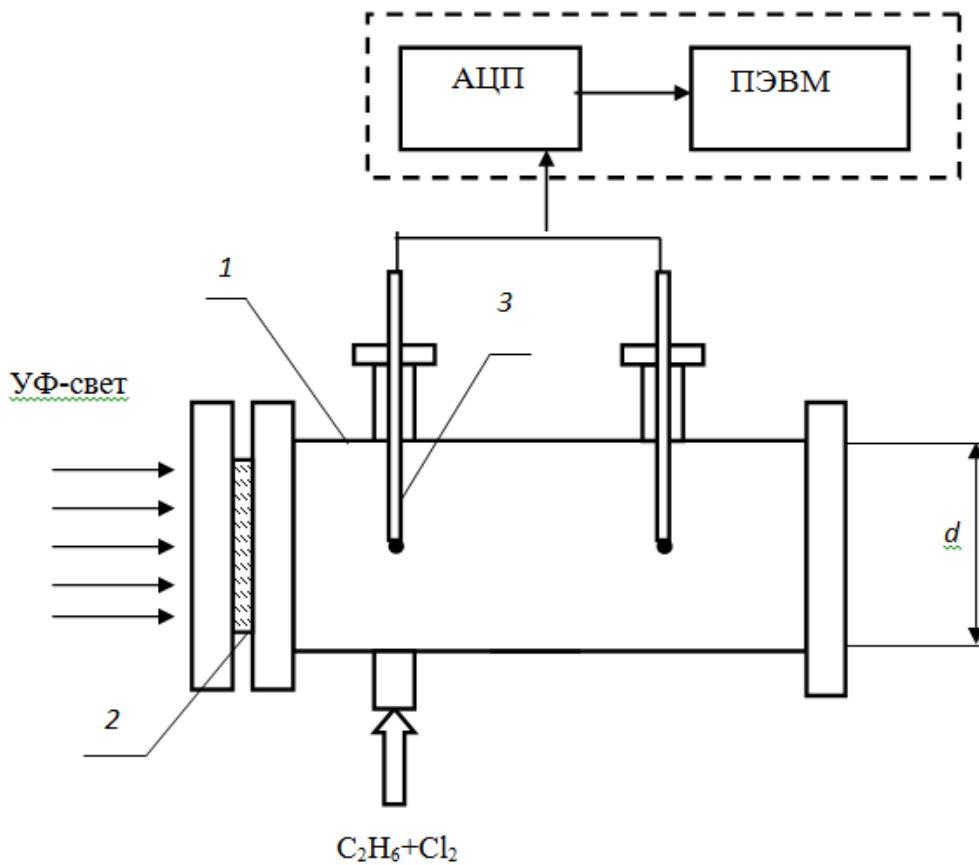


Рис. 2. Принципиальная схема реакционного сосуда:
 1 – реакционный сосуд; 2- кварцевое стекло; 3 – термопарный датчик

Установка позволяет получать поле температур, зависящих от большого спектра исходных параметров: состав исходной смеси, интенсивности ультрафиолетового света (УФ-света), размер реакционного сосуда, геометрическое расположение сосуда, начальное давление и другие.

Исследования проводятся в цилиндрическом сосуде, корпус которого изготовлен из нержавеющей стали. Используются реакционные сосуды различного диаметра и длины, которые с одного торца герметично закрывают фланцем, а с другой – кварцевым стеклом толщиной 10^{-2} м. Кварцевое стекло обеспечивает лучшую пропускающую способность ультрафиолетового излучения.

Горючая смесь, созданная в реакционном сосуде, облучается УФ-светом с заданной интенсивностью. Горючий газ взаимодействует с хлором, вызывая нагрев системы или воспламенение газовой среды.

Обработка результатов производится с использованием программного обеспечения "PowerGraph", версия 3.3 [5]. Программное обеспечение предназначено для: сбора данных с различных измерительных устройств; регистрации, визуализации и обработки сигналов в режиме реального времени, редактирования, математической обработки и анализа данных; хранения, импорта и экспорта данных. Изменение температуры внутри реакционного сосуда фиксируется термодатчиками (термопарами) с использованием **аналогово-цифрового преобразователя (АЦП)**. Полученные результаты отображаются в виде графиков. Графики также имеют свои независимые настройки (цвет, стиль линий и масштаб).

Количество графиков, отображаемых в окне программы, зависит от количества задействованных каналов. Используемый АЦП позволяет задействовать до 32-х каналов, что соответствует возможностям программного обеспечения "PowerGraph". Количество каналов определяется количеством термопар, задействованных в реакционном сосуде, и один дополнительный канал используется для фиксирования момента включения УФ-лампы.

Также возможно изменение порядка блоков (серии измерений) в соответствии с более логичной последовательностью проведения измерений. Измерение блоков осуществляется перемещением активного блока вперед или назад кнопкой панели инструментов или командой *Переместить блок* (Move) в меню *Блок*.

Команда *Свойства* (Properties) в меню блок вызывает дополнительное окно *Свойства блока*, позволяющее для каждого блока указать название и текстовое описание (заметки), а также редактировать и удалять комментарии (текстовые метки), установленные внутри блока.

Использование комментариев позволяет:

- фиксировать различные события, возникающие в процессе регистрации данных;
- разделять непрерывный набор данных блока на логические участки;
- отмечать отдельные значения сигнала (например, максимальное или минимальное).

В процессе работы программа "PowerGraph" запоминает текст добавленных комментариев в виде отдельного текстового списка. Это позволяет вместо повторного ввода с клавиатуры выбирать текст добавляемых комментариев из списка, что существенно ускоряет процесс работы. Также возможно установить автоматический комментарий через равные интервалы времени в точках пересечения сигналом контроля уровня, а также в локальных минимумах и максимумах сигнала. В программе также предусмотрен статистический анализ установленных комментариев. Функции окна *Таблица значений* позволяют вычислить статистические параметры амплитуды сигнала в точках комментариев, а также статистические параметры временных интервалов между комментариями.

Устройство сбора данных в процессе запуска программа предлагает выбрать устройство для регистрации данных (рис. 3).

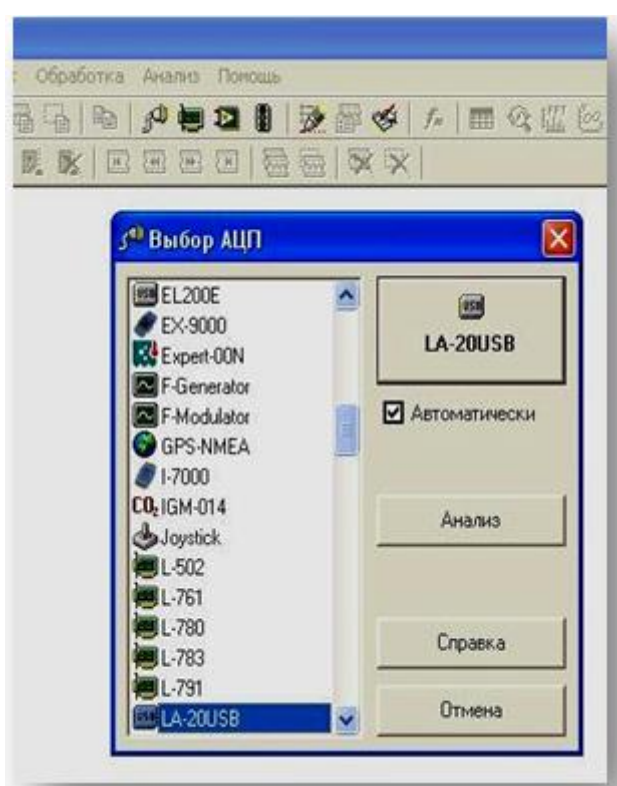


Рис. 3. Выбор АЦП

Диалоговое окно *Выбор АЦП* содержит список поддерживаемых устройств и управляющие кнопки. Переключатель *Автоматически* (SetasDefault) позволяет использовать выбранный АЦП "по умолчанию", то есть в следующих сеансах работы программы автоматически будет использоваться для регистрации данных. В процессе работы программа позволяет выбрать другой АЦП. Для этого необходимо снова вызвать окно *Выбор АЦП* соответствующей кнопкой панели инструментов или выбрать команду *Выбор АЦП* в меню *Сервис*.

Для изменений настроек входных сигналов используется дополнительное окно, которое вызывается командой *Входной Усилитель* (InputAmplifier) в меню *Сервис* или соответствующей кнопкой на панели инструментов. Окно *Входной Усилитель* позволяет проводить предварительный мониторинг входных сигналов любого канала АЦП, устанавливать диапазон измерений канала (коэффициент усиления) и проводить программную калибровку входного сигнала. Центральное место окна занимает графический дисплей входного сигнала. Слева от графического дисплея располагается шкала амплитуды, а справа – элементы управления, позволяющие изменять настройки выбранного канала АЦП. Над графическим дисплеем находится панель инструментов для управления режимами просмотра сигналов. Панель инструментов, расположенная под графическим дисплеем используется для калибровки входных сигналов.

Регистрация данных программой "PowerGraph" осуществляется по средствам блочной записи результатов аналогово-цифрового преобразования. Каждый блок – это непрерывный набор данных, полученных для каждой операции запуска и остановки регистрации.

Панель записи, расположенная в правой нижней части окна программы, содержит список всех записанных блоков данных. Под списком блоков находится кнопка запуска и остановки регистрации. Для запуска регистрации нового блока необходимо нажать кнопку *Start* (при этом её название изменится на *Stop*). Повторное нажатие на эту кнопку приводит к остановке регистрации блока. После остановки регистрации новый блок автоматически добавляется в список.

Кроме того, для многих АЦП существенную роль играет количество регистрируемых каналов, то есть максимальная частота регистрации может быть использована только при записи одного канала. Например, если для АЦП максимальная частота для одного канала 1000 *Герц*, тогда для двух каналов эта величина составит – 500 *Герц*, для 4 каналов – 250 *Герц* и т.д. Выбор частоты регистрации осуществляется командой *Частота регистрации* в меню *Сервис* (рис. 4).

Также для вызова этого меню можно использовать кнопку, расположенную в верхней части информационной панели. Меню содержит набор стандартных значений (кратных 2, 5 и 10) от 1 до максимально возможного для данного АЦП.

В процессе регистрации данных программа позволяет использовать несколько режимов визуализации сигналов:

- режим самописца;
- режим осциллографа;
- режим просмотра сигналов.

В рамках исследования используются все режимы работы программы.

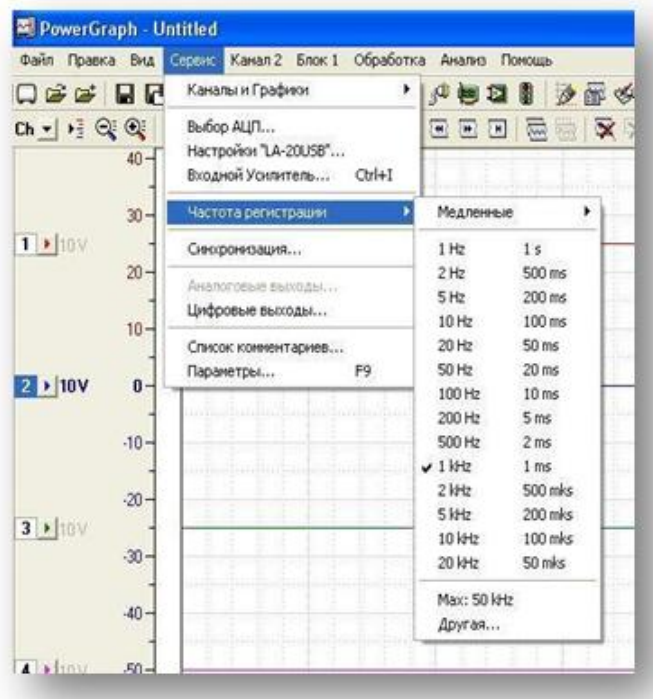


Рис. 4. Выбор частоты регистрации входного сигнала

Режим осциллографа применяется для проверки работоспособности термопары перед её эксплуатацией в реакционном сосуде. При данной проверке определяются погрешности измерений температуры и инерционность термопары.

При эксплуатации установки применяется режим самописца для регистрации данных полученных в ходе эксперимента. Массив данных может храниться как в самой программе, так и может быть пересохранён в другом формате, например "Блокнот", и из него транспортирован в другую программу для дальнейшей обработки.

Обработка данных производится в *Microsoft Excel*, что позволяет обрабатывать входные значения сигналов и визуализировать полученные данные.

В настоящее время на данной установке проводится экспериментальное определение концентрационной области воспламенения газовой смеси этана и хлора. Воспламенение производится с использованием ультрафиолетового света (УФ-света) лампой ДРТ-1000 с максимальной интенсивностью $I_0 = 1,96 \cdot 10^{21} \text{ квант} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Эксперимент по определению концентрационной области воспламенения смеси этана с хлором проводился при различных концентрациях этана в смеси с хлором. Смесь считается воспламенившейся, если температура химической реакции превысила $800 \text{ }^\circ\text{K}$. В результате эксперимента определена концентрационная область воспламенения, которая находится в пределах от 6 % об. до 26 % об.

Характерные зависимости температур химических реакций представлены на рис. 5.

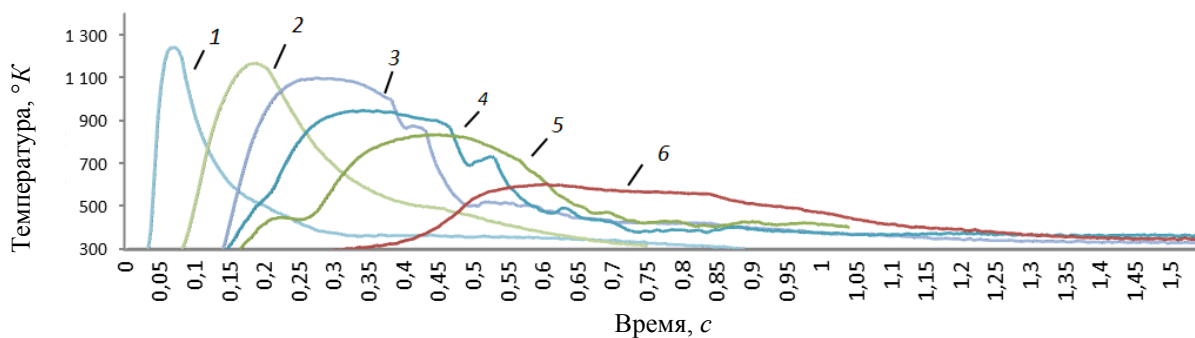


Рис. 5. Зависимость температуры от времени в центре реакционного сосуда для смесей с различным содержанием этана при максимальной интенсивности УФ-света: 1 – 25 % об., 2 – 15 % об., 3 – 10 % об., 4 – 8 % об., 5 – 6 % об., 6 – 5 % об.

Таким образом, данная установка, оснащенная современным АЦП, позволяет экспериментально изучать процессы воспламенения хлор-углеводородных смесей при облучении УФ-светом с различной интенсивностью, а также исследовать процессы воспламенения тех же смесей при инициировании горения электрической искрой, с варьированием геометрических размеров реакционного сосуда и положения его в пространстве.

Литература

1. *Розловский А.И., Стебелев А.В., Фролов Ю.С.* Особенности горения углеводородов в хлоре // Докл. АН СССР. 1979. Т. 248. С.150.
2. *Бегишев И.Р., Смирнов С.Ю.* Воспламенение газовых смесей гексафторпропилена и кислорода при воздействии УФ-света // Журнал Физической химии. 1991. Т. 65. № 5. С. 1381-1383.
3. *Бегишев И.Р., Беликов А.К., Нечитайло В.Г.* Фототепловое воспламенение газовых смесей дихлорметана и хлора // Физика горения и взрыва. 1991. Т. 27. № 2. С. 21-25.
4. *Громовенко О.Л., Бегишев И.Р., Бабушок В.И.* Воспламенение и распространение пламени в смесях галоидуглеводородов с хлором под действием УФ-света // Физика горения и взрыва. 1993. Т. 29. № 3. С. 82-84.
5. *Справочное* руководство ПО "PowerGraph" 3.3. М., 2014.