

ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ВЫБРОСАХ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Мажан М. В., студ.; Хламов М. Г., проф., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Атмосферный воздух - важная, жизнеобеспечивающая природная среда для человечества. Уровень загрязнения атмосферного воздуха крайне тесно взаимосвязан с воздействием и повышенным содержанием в нем загрязняющих веществ, поступающих от различных источников выбросов вредных веществ: автотранспорта, промышленных предприятий, и других элементов техносферы [1]. В последние годы в мире фиксируется интенсивный рост количества автомобилей и высокая концентрация их в городах. Загрязнение воздуха выхлопами автотранспорта рассматривается как крайне острая экологическая проблема. Анализ количественных характеристик выбросов вредных веществ в атмосферу показывает, что в крупных городах выбросы от автотранспорта составляют до 80% валовых выбросов [2].

Выхлопные газы (или отработавшие газы) – главный источник токсичных веществ выделяемых из двигателя внутреннего сгорания - это смесь разных газообразных веществ с разнообразными физическими и химическими свойствами, состоящая из продуктов полного и неполного сгорания топлива, избыточного воздуха. В своем составе они содержат около 300 веществ, большинство из которых токсичны.

Основными нормируемыми токсичными компонентами выхлопных газов двигателей являются оксиды углерода, азота и углеводороды. Одним из самых опасных веществ для жизни и здоровья человека является бенз(а)пирен.

Бенз(а)пирен - вещество высшего класса опасности, попадает в воздушную среду вместе с другими полиароматическими соединениями, вызывает необратимые, крайне опасные заболевания организма человека. Химически и термически устойчивое вещество, обладающее свойствами биоаккумуляции, накапливается в организме, действует постоянно и точно, приводит к онкологическим заболеваниям. Помимо канцерогенного воздействия, оказывает сильное мутагенное, эмбриотоксическое и гематогенное воздействие как на организм человека, так и на всю биоту.

Для обнаружения бенз(а)пирена в воздушных массивах жилых районов города, используют различные методы, например: метод высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием или метод обнаружения и извлечения бенз(а)пирена с помощью гексана, но при этом методы не столь удачны, так как концентрация анализируемого вещества крайне мала и извлечение крайне низкое.

В процессе выполнения настоящей работы авторы пришли к выводу, что наиболее подходящим для оперативного контроля атмосферного воздуха на наличие бенз(а)пирена является метод бездисперсионной спектроскопии, на базе которого была построена математическая модель измерительного преобразователя бенз(а)пирена. С использованием этой модели выполнены расчёты метрологических оценок преобразователя.

Измерительный преобразователь должен быть совмещен с устройством подготовки пробы. Измерительный преобразователь с устройством подготовки пробы изображён на рис.1.

С помощью этого устройства, производится концентрирование бенз(а)пирена в малом количестве растворителя, в нашем случае четырёххлористом водороде. Эффективное извлечение бенз(а)пирена из атмосферного воздуха достигается прокачкой необходимого объёма пробы воздуха и ультразвуковым распылением его в растворителе. За счёт уменьшения пузырьков воздуха, осуществляется эффективное поглощение бенз(а)пирена из газовой среды в жидкую.

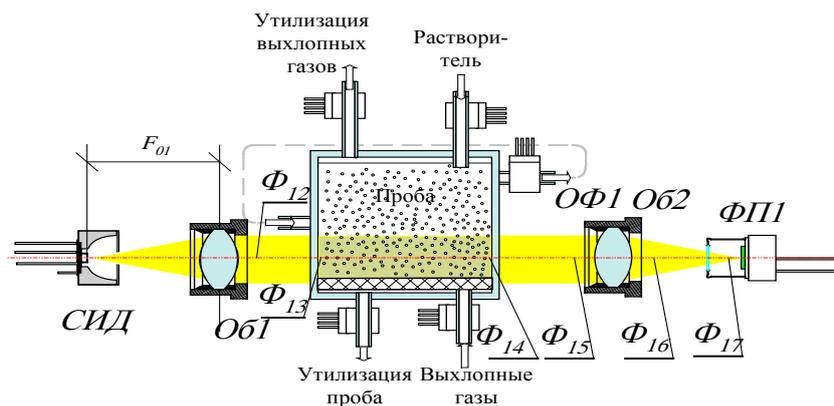


Рисунок 1 – Измерительный преобразователь

Метод основан на избирательном поглощении в узком диапазоне длин волн (в полосе поглощения) веществом оптического излучения. Спектр поглощения представлен на рис. 2.

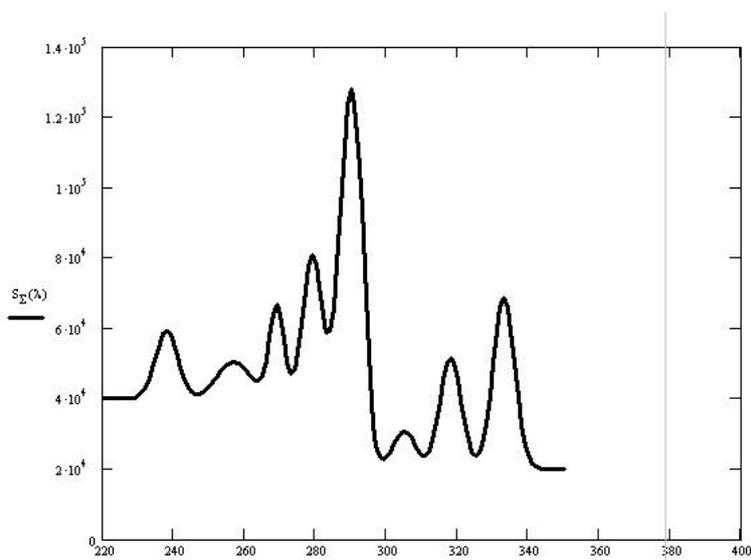


Рисунок 2 – Спектр поглощения бенз(а)пирена

Вещество характеризуется: частотно-зависимым коэффициентом поглощения $\epsilon(\lambda)$. Для простых веществ спектр поглощения носит характер гаусианы, для сложных веществ это набор простых составляющих, взятых в определённых пропорциях. В результате такого смешения компонентов, спектр получается сложного вида, но все спектры по виду индивидуальны, по виду спектра можно идентифицировать вещество. Процесс формирования аналитического сигнала представлен на рис. 3.

Вещество, имеющее молярный коэффициент поглощения $\epsilon(\lambda)$ находится в составе двухкомпонентного раствора, где кроме него находится растворитель. Анализируемое вещество находится в кювете измерительного прибора. Анализируемая среда облучается потоком излучения Φ . Спектр излучения должен содержать составляющие в полосе поглощения анализируемого вещества.

Взаимодействие анализируемого вещества с потоком излучения описываются в спектральной области:

$$D(\lambda) = \epsilon(\lambda) \cdot l \cdot C, \quad (1)$$

где C - концентрация, l - длина оптического пути в веществе (этот параметр должен быть const).

Оптическая плотность D является функцией двух переменных λ и C .

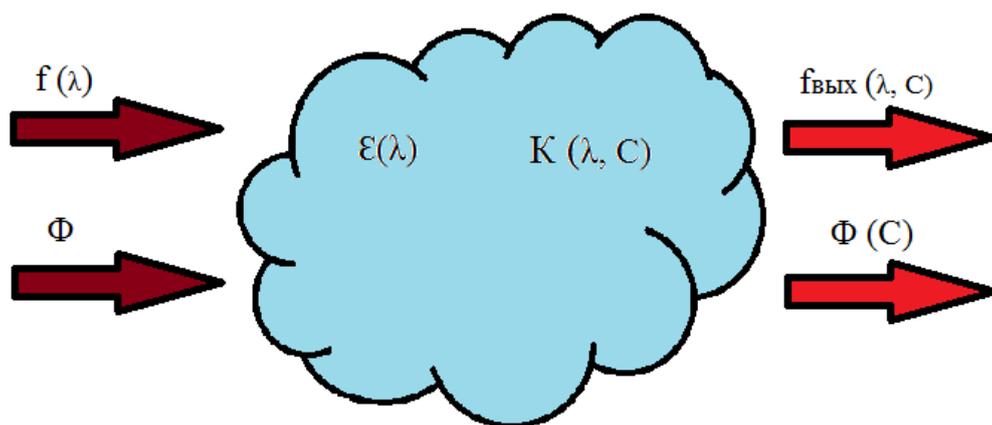


Рисунок 3 – Процесс формирования аналитического сигнала

Поток излучения, проходя через слой вещества, частично поглощается. Это может быть описано следующим образом:

$$f_{\text{вых}}(\lambda, C) = f(\lambda) \cdot T(\lambda, C), \quad (2)$$

где $T(\lambda, C) = e^{-D(\lambda, C)}$.

В выходном потоке оптического излучения присутствует информация о анализируемой компоненте. Количественно это изменение можно определить следующим образом:

$$\Phi(C) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} f_{\text{вых}}(\lambda, C) d\lambda, \quad (3)$$

где λ_1 и λ_2 - границы полосы поглощения анализируемого вещества или спектра излучения.

Преобразование должно быть завершено путём преобразования оптического сигнала, что собой представляет излучение, содержащее информацию о анализируемой компоненте, в величину фототока выходного электрического сигнала фотодиода.

$$I(C) = \Phi(C) \cdot S_{\text{сиг. инт}}, \quad (4)$$

где $S_{\text{сиг. инт}}$ – интегральная чувствительность фотодиода.

Дальнейшая обработка аналитического сигнала $I(C)$ и получение результата измерения концентрации бенз(а)пирена обеспечивается устройством измерения концентрации бенз(а)пирена приведенным на рис.4. При проектировании использован источник [3].

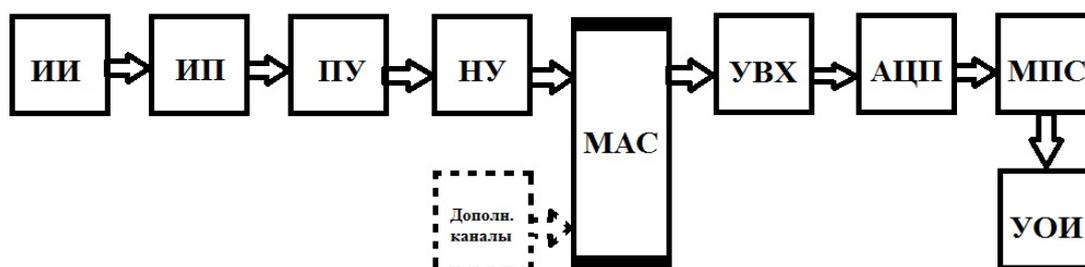


Рисунок 4 – Устройство измерения концентрации бенз(а)пирена

- ИИ – Источник Излучения
- ИП – Измерительный Преобразователь
- ПУ – Предварительный Усилитель
- НУ – Нормирующий Преобразователь
- МАС – Мультиплексор Аналоговых Сигналов
- УВХ – Устройство Выборки – Хранения
- АЦП – Аналого-Цифровой Преобразователь
- МПС – Микропроцессорное Устройство
- УОИ – Устройство Отображения Информации

В результате проработки вопросов проектирования устройства измерения концентрации бенз(а)пирена авторы пришли к выводу о том, что источником излучения может быть СИД типа T9F28C.

На базе разработанной математической модели получена характеристика преобразования оптоэлектронного измерительного преобразователя бенз(а)пирена приведенная на рис. 5.

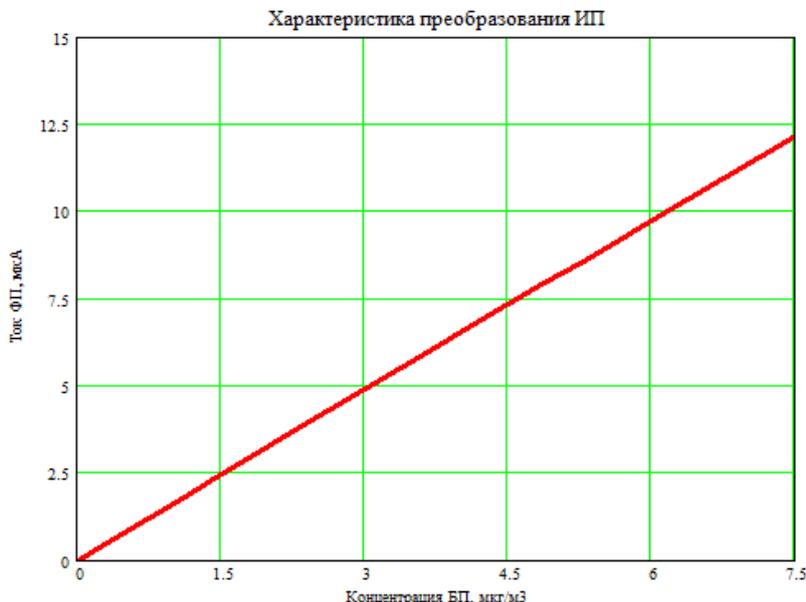


Рисунок 5 – Зависимость величины фототока от концентрации

В результате выполнения работы разработан и математически описан бездисперсионный спектрометрический измерительный преобразователь бенз(а)пирена. На базе математической модели установлена характеристика преобразования.

Предложена структурная схема устройства измерения бенз(а)пирена с использованием разработанного измерительного преобразователя.

Разработанная математическая модель на последующих этапах выполнения работы должна быть доработана путём учёта на измерительный процесс дестабилизирующих факторов, таких как: температура окружающей среды, влияющая как на процесс формирования аналитического сигнала, так и на аналоговые электронные узлы измерительного прибора, влажность, нестабильность питающих напряжений. Для микропроцессорной системы необходимо разработка алгоритмов выполнения измерений и программного сопровождения, обеспечивающего уровень интеллекта средства измерения. Погрешности измерения прибора могут быть сведены к аддитивной и мультипликативным составляющим и автоматически устранены.

Перечень ссылок

1. Марчук, Г. И. Приоритеты глобальной экологии / Г. И. Марчук, К. Я. Кондратьев. – Москва : Наука, 1992. – 263 с.
2. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчётов загрязнения атмосферы городов : утв. приказом Госкомэкологии РФ №66 от 16.02.1999. – Москва, 1999. – 16 с.
3. Родин, В. В. Теория и расчёт измерительных преобразователей и приборов : методические указания к выполнению лабораторных работ / В. В. Родин. – Саранск: Референт, 2007. – 52 с.