

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЫМА С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОКАМЕРЫ

А.А. Пинус, С.П. Пронин

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Статья посвящена исследованию изменения уровня сигнала в изображении ИК-светодиода в зависимости от объемной концентрации дыма с помощью видеокамеры SAMSUNG HMX-Q10BP.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, светодиод, объемная концентрация дыма.

Глобальная экологическая проблема – загрязнение окружающей среды – давно объединяет множество ученых различных направлений, в том числе специалистов по контролю выбросов в окружающую среду. Необходимость во взаимодействии между собой с целью улучшения экологической ситуации привела к постановке ряда задач, решение которых позволит внести серьезные изменения в процесс работы над этой проблемой. Одной из таких задач является создание системы мониторинга. Данные системы реализуют различными методами и средствами. Перспективным методом решения этой задачи является применение оптико-электронных средств [1,2,3]. В экспериментальных работах [2,3] использовался пассивный источник света, серьезной проблемой которого являются внешние помехи. Исключить помехи возможно при использовании активного источника в инфракрасной области спектра. Такие методы и средства существуют [4], но они предназначены для определения дальности видимости, причем основным элементом является оптопара «светодиод-фотодиод».

Цель – исследовать изменение уровня сигнала в изображении ИК-светодиода, получаемом с помощью видеокамеры, в зависимости от объемной концентрации дыма.

Для реализации поставленной цели была создана лабораторная установка, в которую входили: стеклянная камера с вентиляторами, видеокамера SAMSUNG HMX-Q10BP с ИК-фильтром, инфракрасный светодиод с длиной волны $\lambda = 940$ нм, генератор дыма.

Процесс исследования состоял из нескольких этапов:

- настройка и юстировка инфракрасного светодиода и видеокамеры;
- получение изображения инфракрасного светодиода без дыма внутри камеры;
- получение изображений инфракрасного светодиода с заданной концентрацией дыма внутри камеры;
- обработка видеоизображений и анализ с помощью MathCad и Excel.

На рисунке 1 представлены изображения светодиода, полученные при напряжении питания $U = 3,3$ В и различной концентрации дыма.



Рисунок 1 – Изображения светодиода при напряжении питания $U = 3,3$ В и различной концентрации дыма

Обработка в MathCad заключалась в преобразовании bmp-изображения в численный массив. Из этого двумерного массива выделялись определенные строки, на основе которых строились графики в среде MathCad. Данные строки брались ниже центра изображения светодиода, потому что при заданных условиях эксперимента в центральной области наблюдалась «пересветка» в каждом изображении. Независимо от концентрации дыма уровень сигнала соответствовал 255 единиц АЦП. Обработка в среде MathCad показана на рисунке 2.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЫМА С ПОМОЩЬЮ ВИДЕОКАМЕРЫ

f := READBMP(" Путь к файлу с изображениями ")



f

	0	1	2	3	4	5	6	7
f =	0	255	255	255	255	255	255	255
	1	255	255	255	255	255	255	255
	2	255	255	255	15	18	21	22
	3	255	255	255	15	19	21	24
	4	255	255	255	18	23	25	32
								...

Изображения по горизонтальной строке

y3 := for i ∈ 0..339 i = 0..339
z_i ← f_30, i
z

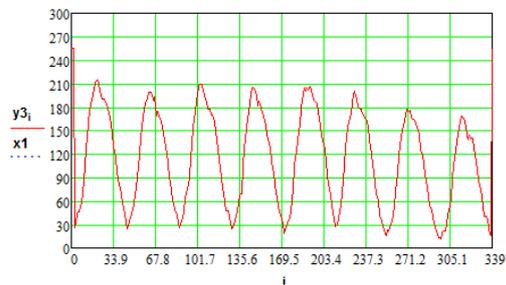
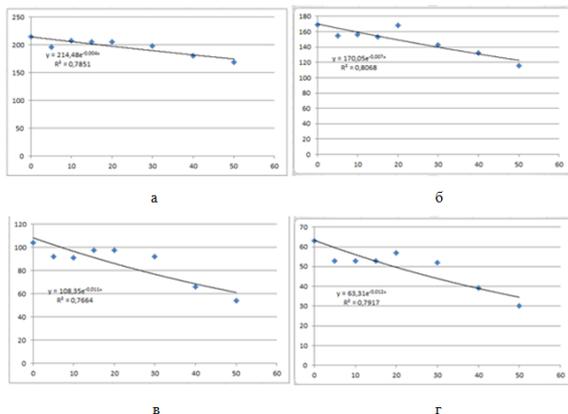


Рисунок 2 – Обработка цифрового изображения в среде MathCad

Во время первого исследования использовался массив размером 40 x 339. Для анализа сигнала использовались следующие строки: 30, 33, 36, 38. Изменения максимального значения сигнала по строке в каждом изображении светодиода представлены на рисунке 3.



Условные обозначения:

По оси X указаны изменения объема дыма $V(\text{см}^3)$; по оси Y указаны значения интенсивности в единицах АЦП по строкам: а – 30 строка, б – 33 строка, в – 36 строка, г – 38 строка.

Рисунок 3 – Обработка первого исследования

Отчетливо видно, что графики существенно различаются между собой. Для оценки изменения сигнала в заданных сечениях был выбран критерий чувствительности $(\Delta Y / \Delta X)$. Результаты обработки выявили следующие показатели чувствительности среди четырех графиков (результаты предоставлены слева направо, построчно): 0,9; 1,04; 0,96; 0,66. В результате получается, что для подобного случая наиболее качественный диапазон расположен в пределе от 33 до 36 строки, так как в нем наблюдается наиболее высокий показатель чувствительности.

На рисунке 4 представлены изображения светодиода, полученные при напряжении питания $U = 2,5 \text{ В}$ и различной концентрации дыма.



Рисунок 4 – Изображения светодиода при напряжении питания $U = 2,5 \text{ В}$ и различной концентрации дыма

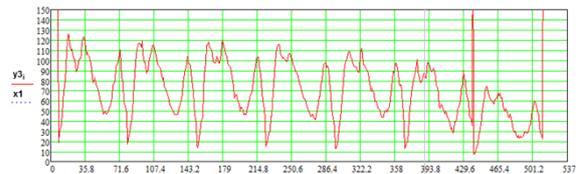


Рисунок 5 – Обработка второго исследования в среде MathCad

Второе исследование проводилось на массиве 71 x 537. Так как в этом исследовании отсутствует засветка, первое сечение проходит точно посередине массива. В результате получился график, представленный на рисунке 6.

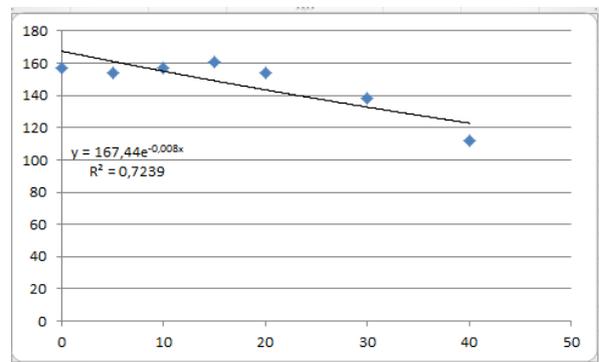
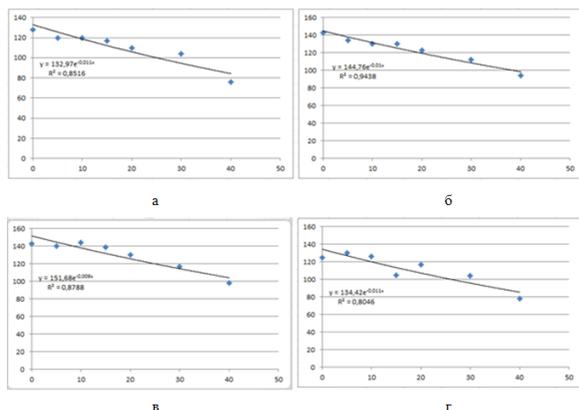


Рисунок 6 – Результат обработки центральной строки

Показатель чувствительности равен 0,975.

Для последующего анализа сигнала использовались следующие строки: 50, 55, 60, 65. Изменения максимального значения сигнала по строке в каждом изображении светодиода представлены на рисунке 7.



Условные обозначения:

По оси X указаны изменения объема дыма V (см³); по оси Y указаны значения интенсивности в единицах АЦП по строкам: а – по 50 строке, б – по 55 строке, в – по 60 строке, г – по 65 строке.

Рисунок 7 – Обработка второго исследования

В данном исследовании чувствительность изменения сигналов имеет следующие значения: 1,25; 1,1; 1,025; 1,075. В результате получается, что наиболее оптимальный диапазон по чувствительности расположен в пределе от 50 до 55 строки.

На основе выполненных исследований можно сделать следующий вывод. Экспериментальные данные подчиняются

экспоненциальному закону. Например, экспериментальные данные, представленные на рисунке 7б и аппроксимированные экспонентой, имеют высокий коэффициент корреляции $R = 0,97$. Для повышения чувствительности измерения интенсивности прошедшего свет от концентрации дыма необходимо установить такое напряжение на светодиоде, при котором исключается «пересветка» изображения светодиода при отсутствии дыма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М. Перевощикова, Г. Э. Сандоваль-Ромеро, В. Аргета-Диаз. Разработка оптического датчика для локального мониторинга загрязнения воздуха в Мехико // Оптический журнал, 76, 5, 2009, с.32-37.
2. Пронин, С. П., Кононова, Е. С., Кальной, Д. Г. Методическое и техническое обеспечение локальной системы экологического мониторинга атмосферы // Ползуновский Вестник. – 2010. – №2. – С. 188-192.
3. Пронин, С. П., Кононова, Е.С., Люцигер, А. О. Контроль массовой концентрации пыли в атмосфере воздуха по оптическому контрасту // Естественные и технические науки. – 2012. – №1(57). – С. 249-253.
4. Измеритель дальности видимости ФИ-3 [Электронный ресурс]: ООО «ЛОМО МЕТЕО». – Санкт-Петербург. – Режим доступа: <http://www.lomo-meteo.ru/Devices/FI-3.html>. – Загл. с экрана.

Пинус А.А. – аспирант, e-mail: pkhell@yandex.ru, телефон: +79139978613; **Пронин С.П.** – д.т.н., профессор, e-mail: sppronin@mail.ru.