

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ДАТЧИКА МНОГОТОЧЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ

С.А. Лисаков, А.В. Кураев, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин

В статье описывается лабораторное исследование по определению основных эксплуатационных параметров оптического датчика многоточечной системы определения пространственного расположения очага возгорания. Приведены результаты лабораторного исследования определения порога чувствительности и угла обзора датчика.

**Ключевые слова:** оптический датчик, очаг возгорания, многоточечная оптическая система, порог срабатывания, угол обзора.

### Введение

Одним из направлений борьбы с пожарами и взрывами на потенциально опасных производствах является использование специальных автоматических систем противопожарной защиты и взрывоподавления, которые строятся на основе быстродействующих оптических датчиков [1].

Получение при этом дополнительной информации о пространственном расположении очага возгорания позволяет значительно повысить эффективность и рентабельность применения автоматической системы взрывоподавления [2].

В настоящее время в Бийском технологическом институте ведется разработка многоточечной оптической системы определения координат очага возгорания (МОЭС). Координаты источника оптического излучения внутри охраняемой зоны определяются системой на основе анализа потока излучения в различных точках охраняемого объекта с помощью некоординатных оптических датчиков, входящих в состав системы [3].

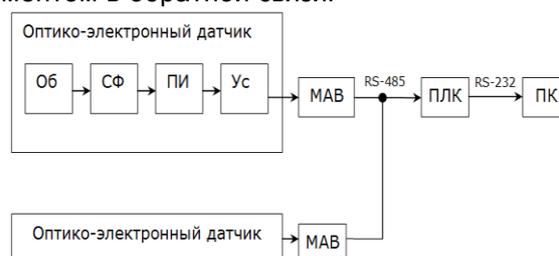
Одним из ключевых этапов работ является определение основных эксплуатационных параметров используемых датчиков: порога чувствительности и зоны обнаружения, которые устанавливаются на основе экспериментальных исследований с использованием очагов возгорания, организуемых специальным образом – тестовых очагов пожара.

В связи с вышеизложенным была сформулирована цель – провести лабораторное исследование по определению основных эксплуатационных параметров дат-

чика: порога чувствительности и зоны обнаружения датчика.

### Основная часть

Оптический датчик МОЭС (рисунок 1) включает в себя объектив, светофильтр, приемник излучения (фотодиод) и усилитель. Поток излучения собирается объективом, проходит через светофильтр и фокусируется на приемнике излучения. Приемник излучения преобразует сигнал, переносимый потоком излучения (оптический сигнал), в аналоговый электрический. Блок усиления собран по схеме преобразователя ток-напряжение. Активным элементом в схеме является операционный усилитель с резистивным измерительным элементом в обратной связи.



ОБ – объектив; СФ – светофильтр;  
ПИ – приемник излучения; Ус – блок усиления;  
МАВ – модуль аналогового ввода;  
ПЛК – программируемый логический контроллер

Рисунок 1 – Структурная схема лабораторного образца МОЭС

Модуль аналогового ввода (МАВ) предназначен для преобразования аналоговых сигналов напряжения, поступающих от датчиков, в цифровой код и передачи его в программируемый логический контроллер (ПЛК). ПЛК осуществляет опрос датчиков и

## РАЗДЕЛ II. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

выполняет обработку полученной измерительной информации. При превышении выходного сигнала датчика заданного порога срабатывания ПЛК принимает решение о наличии возгорания [4].

В случае, если преобладают шумы фотоприемника, порогом чувствительности называют мощность излучения, которая воздействует на фотоприемник и вызывает появление сигнала  $U_{пор}$ , превышающего среднеквадратическое значение шума  $U_{ср.кв.}$  в определенное число раз  $\rho$  и обеспечивающее уверенное обнаружение сигнала:

$$U_{пор} = U_{ср.кв.} \cdot \rho$$

Уверенное обнаружение сигнала произойдет, если его величина равна толщине шумовой дорожки, соответствующей удвоенному максимальному значению отдельных выбросов шума. При нормальном законе распределения выброс шума практически не превышает  $3\sigma$ , где  $\sigma = U_{ср.кв.}$  (вероятность превышения уровня  $3\sigma$  равна  $1,35 \cdot 10^{-3}$ ), порог чувствительности может быть найден:

$$U_{пор} = 2 \cdot 3\sigma = 6 \cdot U_{ср.кв.},$$

т.е.  $\rho = 6$  [5].

Определение значения пороговой чувствительности датчика можно выполнить на основе экспериментальных исследований в соответствии с рекомендациями [7]. При этом оценка среднеквадратического значения шума на выходе оптико-электронного датчика МОЭС проводится путем статистической обработки результатов записи шума с помощью высокоскоростной платы АЦП, подключенной к аналоговому выходу датчика. Измерительная информация с высокоскоростной платы АЦП передается в персональный компьютер (рисунок 2). Исследование проводится при отсутствии потока излучения на входном зрачке датчика (необходимо закрыть входной зрачок перегородкой). В качестве платы АЦП использовалась плата серии L-783 производства фирмы L-CARD [8].

Максимальное среднеквадратическое значение шума, полученное в результате обработки 10 кривых шума (в соответствии с рекомендациями [9]), составило  $U_{ср.кв.} = 2,83 \cdot 10^{-4} В$ , откуда порог чувствительности составляет

$$U_{пор} = 6 \cdot U_{ср.кв.} = 1,7 \cdot 10^{-3} В.$$

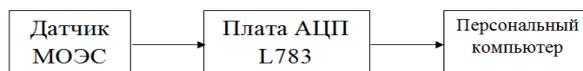


Рисунок 2 – Структурная схема лабораторной установки для определения порога чувствительности

Вид записи одной из полученных шумовых дорожек показан на рисунке 3.

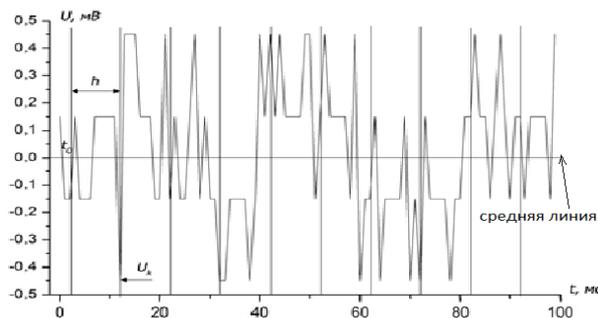


Рисунок 3 – Запись шумовой дорожки, полученная экспериментально

Наименьшее измеряемое значение модуля аналогового ввода (МВА, см. рисунок 1), к которому подключается датчик, составляет  $2 \cdot 10^{-3} В$ , поэтому для используемого измерительного канала порог чувствительности составляет 2 мВ.

Зона обнаружения пожарного извещателя (датчика) представляет собой часть пространства охраняемого объекта, при возникновении очага пожара в которой, извещатель выдает сигнал о пожаре [10]. Зона обнаружения датчика определяется углом обзора датчика и дальностью обнаружения.

Дальность обнаружения датчика – это максимальное расстояние от датчика до стандартного очага, на котором датчик способен зарегистрировать очаг. Дальность обнаружения датчика устанавливается на основе экспериментальных исследований с использованием очагов возгорания, организуемых специальным образом, – так называемых тестовых очагов пожара. При проведении исследований было предложено пользоваться рекомендациями, изложенными в стандартах для технических средств пожарной автоматики [11, 12].

Исследуемый оптико-электронный датчик обнаружения возгорания представляет собой извещатель пламени. Для определения порога срабатывания извещателей пламени согласно стандартам [11,12] используются тестовые очаги пожара ТП-5, ТП-6.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ДАТЧИКА МНОГОТОЧЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ОЧАГА ВОЗГОРАНИЯ

Тестовый очаг пожара ТП-5 (согласно ГОСТ Р 53289–2009) представляет собой устройство, предназначенное для горения легковоспламеняющейся жидкости с выделением дыма. При испытаниях для организации ТП-5 используют  $650 \pm 20$  г н-гептана, налитого в поддон из листовой стали толщиной 2 мм размерами  $330 \times 330 \times 50$  мм [12]. При этом при проведении исследований в качестве горючего вещества возможно использование бензина [13].

При организации тестового очага пожара ТП-6 осуществляется горение легковоспламеняющейся жидкости без выделения дыма. Для этого используют 2000 г этилового спирта, налитого в поддон размерами  $435 \times 435 \times 50$  мм из листовой стали толщиной 2 мм.

Зажигание горючего вещества тестовых очагов осуществляют открытым пламенем или высоковольтным искровым разрядом [11].

При проведении огневых испытаний в лабораторных условиях использование тестовых очагов невозможно, поскольку такие испытания небезопасны и должны проводиться в стандартных испытательных помещениях. В лабораторных условиях можно использовать очаги, аналогичные тестовым с пропорционально уменьшенными размерами поддонов. При этом аналогичный очаг необходимо устанавливать на расстоянии, при котором обеспечивается тот же уровень выходного сигнала, как и при воздействии тестового очага.

Для этого было проведено экспериментальное исследование по установлению соответствия размеров поддона и расстояния до очага, обеспечивающего одинаковый выходной сигнал датчика. При этом использовать три поддона с размерами, меньшими в 10; 7,5 и 5 раз, соответственно, по сравнению с размерами поддона тестового очага. В таблице 1 приведено соответствие размеров поддона и расстояния до очага, обеспечивающего одинаковый выходной сигнал датчика.

Зависимости размеров поддонов от расстояния, обеспечивающего одинаковый выходной сигнал датчика, при воздействии очагов аналогичных ТП-5 и ТП-6, показаны на рисунке 4.

Выполнив экстраполяцию зависимостей можно получить данные о расстоянии, на котором выходной сигнал датчика будет равен опорному сигналу  $U_0$  при воздействии тестового очага.

Угол обзора зоны обнаружения извещателя (поле обзора) – пространственный угол с вершиной в центре входного отверстия оптической системы датчика, в пределах кото-

рого может быть обнаружен очаг возгорания. Поскольку в разработанном датчике угол обзора является симметричным, он может выражаться значением линейного угла раствора соответствующего пространственного угла [5]. Угол обзора датчика определяется его конструктивными параметрами.

Таблица 1. Соответствие размеров поддона и расстояния до очага, обеспечивающего одинаковый выходной сигнал датчика

Тестовый очаг	Расстояние, м	Размеры поддона, мм
ТП-5	1	$33 \times 33 \times 20$ (1/10)
	1,33	$44 \times 44 \times 20$ (1/7,5)
	2	$66 \times 66 \times 20$ (1/5)
ТП-6	1	$43,5 \times 43,5 \times 20$ (1/10)
	2	$58 \times 58 \times 20$ (1/7,5)
	4	$87 \times 87 \times 20$ (1/5)

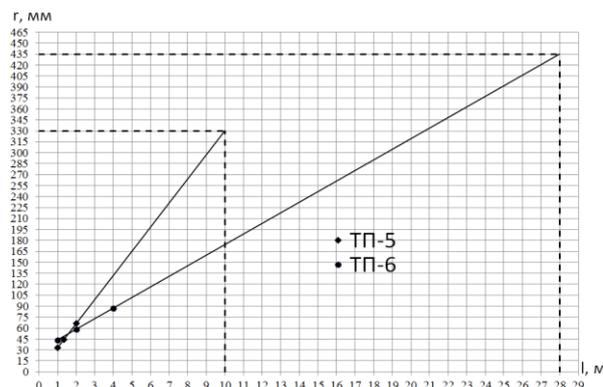


Рисунок 4 – Зависимости размера поддона от расстояния, обеспечивающего одинаковый выходной сигнал датчика при воздействии очагов аналогичных ТП-5 и ТП-6

Определение угла обзора датчика проводят на основе экспериментальных исследований в соответствии с рекомендациями [10].

Диаграмма чувствительности датчика МОЭС полученная в результате проведения эксперимента представлена на рисунке 5.

Для случая, когда угол обзора датчика равен  $90^\circ$  (рисунок 5), дальность обнаружения датчика равна 28% от максимальной (очаг пожара расположен на оптической оси датчика).

### Заключение

В результате выполнения работ было проведено лабораторное исследование по определению основных эксплуатационных параметров датчика: порога чувствительности и зоны обнаружения датчика. В результа-

## РАЗДЕЛ II. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

те проведения исследований: получены зависимости размеров поддонов от расстояния, обеспечивающего одинаковый выходной сигнал датчика, при воздействии очагов аналогичных ТП-5 и ТП-6; построена диаграмма чувствительности датчика МОЭС.

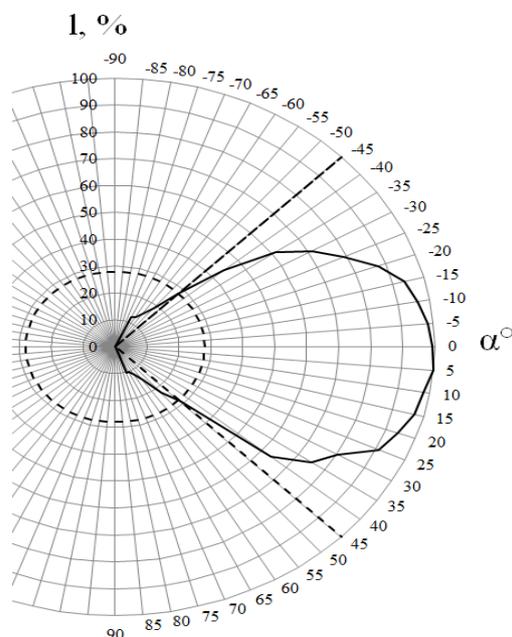


Рисунок 5 – Диаграмма чувствительности датчика МОЭС

Важную роль при определении порога срабатывания датчика играет негативное влияние на его работу фоновой освещенности источников искусственного и естественного освещения. Дальнейшая работа будет направлена на разработку методики определения порога срабатывания с учетом влияния фоновой освещенности. Работа выполняется при поддержке гранта Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-4677.2012.8.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаренко, Д.М. Проблемы раннего обнаружения очагов пожаров и взрывов угольной пыли [Текст] / Д.М. Захаренко // Проблемы использования канско-ачинских углей на электростанциях: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2000. – с.141–149.
2. Павлов, А.Н. Оптико-электронная система определения трехмерных координат очага взрыва в газодисперсных системах на ранней стадии / А.Н. Павлов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Бийск: 2010. – 134 с.

3. Лисаков, С.А. Определение координат очага взрыва многоточечной оптико-электронной системой на основе метода центра тяжести [Текст] / С.А. Лисаков, А.Н. Павлов, Е.В. Сыпин // Ползуновский вестник. -2013. -№ 2. – С. 73–77.
4. Кураев, А.В. Лабораторный образец многоточечной оптико-электронной системы определения пространственного расположения очага взрыва / А.В. Кураев [и др.] // Южно-Сибирский Научный Вестник. – 2013 г. – №1 (3). – С.19–21. – Режим доступа: [http://s-sibsb.ru/images/articles/2013/1/4\\_19-21.pdf](http://s-sibsb.ru/images/articles/2013/1/4_19-21.pdf)
5. Мирошников, М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов / М.М. Мирошников - Издательство: «Лань», 2010. - 704 с.
6. Порфирьев, Л.Ф. Основы теории преобразования сигналов в оптико-электронных системах / Л.Ф. Порфирьев - Издательство «Лань», 2013. - 400 с.
7. ГОСТ 25258-82. Средства измерений электрометрические. Правила приемки и методы испытаний. [Текст]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1982. – 7 с.
8. Устройства сбора данных L-761, L-780 и L-783. Платы АЦП/ЦАП/ТТЛ на шину PCI 2.1. Руководство пользователя. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. // ЗАО «L-card». – 2009. – 25 с. – Режим доступа: [http://www.lcard.ru/download/l7xx\\_users\\_guide.pdf](http://www.lcard.ru/download/l7xx_users_guide.pdf)
9. Дробот, П.Н. Теория ошибок и обработка результатов измерений / П.Н. Дробот.– Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2011.– 84с.
10. ГОСТ Р 52551-2006. Системы охраны и безопасности. Термины и определения. [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 38 с.
11. ГОСТ Р 53325 – 2009. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний. [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2009. – 80 с.
12. НПБ 72-98. Извещатели пожарные пламени. Общие технические требования. Методы испытаний. [Текст]. – М.: ГУГПС МВД РФ; ФГУ ВНИИПО МВД РФ, 1998. – 13 с.
13. Извещатель пожарный пламени. ИП 330-313 «Пульсар 3-013». Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. // «КБ ПРИБОР». – 2011. – 36 с. – Режим доступа: <http://www.kbpribor.ru/download/ManualP3-013.pdf>.

Аспирант **Лисаков С.А.**, [foxlsa@mail.ru](mailto:foxlsa@mail.ru); аспирант **Кураев А.В.**, [7-goga@mail.ru](mailto:7-goga@mail.ru); канд. техн. наук доцент кафедры **Павлов А.Н.** [pan@bti.secna.ru](mailto:pan@bti.secna.ru); канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры **Сыпин Е.В.**, [sev@bti.secna.ru](mailto:sev@bti.secna.ru). Бийский технологический институт АлтГТУ (БТИ АлтГТУ) кафедра методов средств измерений и автоматизации, тел. (3854) 432450