

ошибок проектирования СОТ. Для этого необходимо учитывать, как отличия СОТ от других систем обеспечения безопасности, так и особенности в проектировании СОТ конкретных объектов охраны.

Литература

1. Гарсиа, М. Проектирование и оценка систем физической защиты. – М. : Мир, 2002. – 386 с
2. Груба, И.И. Системы охранной сигнализации. Технические средства обнаружения. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. – 220 с.

3. Гвоздек Михаэль. Справочник по технике для видеонаблюдения. Планирование, проектирование, монтаж – Техносфера, 2010. – 552 с.

4. Тявловский К.Л., Воробей Р.И., Гусев О.К., Жарин А.Л., Тявловский А.К., Свистун А.И. Проектирование систем охранного телевидения: учебно-методическое пособие. – Минск : БНТУ, 2016. – 69 с.

5. Брель, И.Д. Пути и методы нормативного регулирования СОТ. // Технологии безопасности, 2013, № 1. – С. 11–15.

УДК 628.74

ЛИНЕАЛИЗАЦИЯ СИГНАЛОВ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ, КОНТРОЛИРУЮЩИХ ПАРАМЕТРЫ ЗАДЫМЛЕННОЙ ГАЗОВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Антошин А.А., Олефир Г.И., Безлюдов А.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Методы контроля оптической плотности задымленной среды положены в основу функционирования пожарных извещателей (линейных), а также приборов, контролирующих условия при проведении испытаний всех типов дымовых пожарных извещателей. Такие приборы должны обеспечивать выполнение требований, методик проведения испытаний на чувствительность к тестовым пожарам и порогу срабатывания. Погрешность измерений согласно этим требованиям не должна превышать 5 % [1, 2]. В огневых испытаниях, воспроизводящих условия близкие к реальному пожару, выполнение этого требования затруднительно. Турбулентные потоки газозвушной среды, неравномерность пространственного распределения продуктов горения, характерные для реального горения, являются причинами больших флуктуаций измеряемых величин потоков оптического излучения, распространяющегося в задымленной среде. Мгновенные значения детектируемых сигналов могут отличаться очень сильно в связи с дискретностью измерений.

В основу работы оптико-электронных дымовых пожарных извещателей положен принцип измерения потока оптического излучения, рассеянного на частицах дыма. Однако большинство авторов пропускание [2, 3] и рассеивающую способность задымленных сред [4, 5] рассматривают в отдельности. Детальное совместное изучение этих процессов не проводилось.

Поиск новых методов исследований, совершенствование существующих приборов и решение прикладных задач требуют разработки методов обработки сигналов как экспериментальных установок, так и средств измерения испытательного оборудования.

Измерение интенсивностей прошедшего и рассеянного вперед электромагнитного излучения оптического диапазона осуществлялось раз-

работанным оптико-электронным измерительным устройством в газозвушной среде установки «Дымовой канал» [6], предназначенной для моделирования начальной стадии пожаров в помещении. Структурная схема разработанного устройства представлена на рисунке 1. В качестве приемников оптического излучения применены кремниевые фотодиоды. Схемы согласования из двух последовательно включённых операционных усилителей типа Rail-to-rail обеспечивают преобразование, усиление и согласование с АЦП выходного сигнала фотодиода (фототока). Ошибка преобразования 12-тиразрядным АЦП составляет 9×10^{-4} В. Микроконтроллер STM32F103C8T6 выполняет функции управления, выборки значений из АЦП, привязку их ко времени, передачу информации на персональный компьютер.

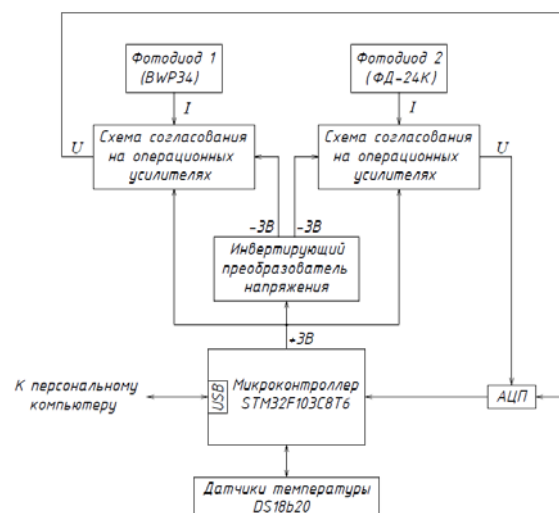


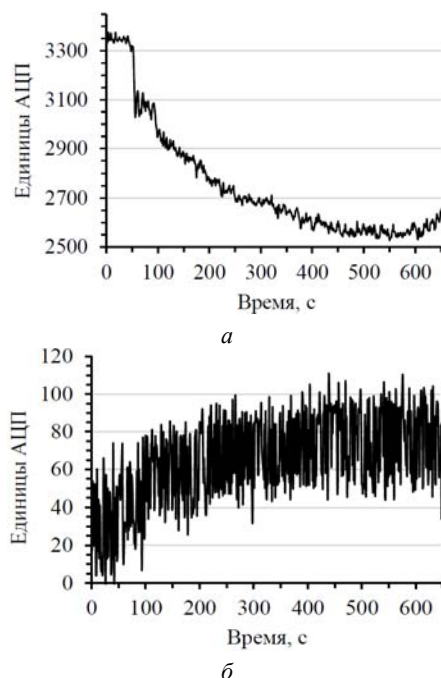
Рисунок 1 – Структурная схема измерительного устройства

Оптическая система установки «Дымовой канал» состоит из источника излучения (свето-

диода), узла, преобразующего его излучение в узкий параллельный световой пучок, собирающей линзы и двух фотодиодов. Один фотодиод регистрирует оптическое излучение, прошедшее через задымленную среду и рассеянное менее чем на 11° . Второй фотоприемник регистрирует излучение, рассеянное частицами дыма на угол более 11° и менее 15° .

В качестве горючего для образования дыма использовались хлопчатобумажные фитили, деревянные бруски мебельный поролон, а также методом наименьших квадратов (ПЛМНК). Введены эксперименты с присутствием в газозвдушной среде водяного пара.

Известно, что неравномерность пространственного распределения продуктов горения при образовании турбулентных потоков является причиной сильного разброса результатов измерений оптических свойств газозвдушной среды. На рисунке 2 представлены сигналы, полученные в эксперименте с тлением деревянных брусков.



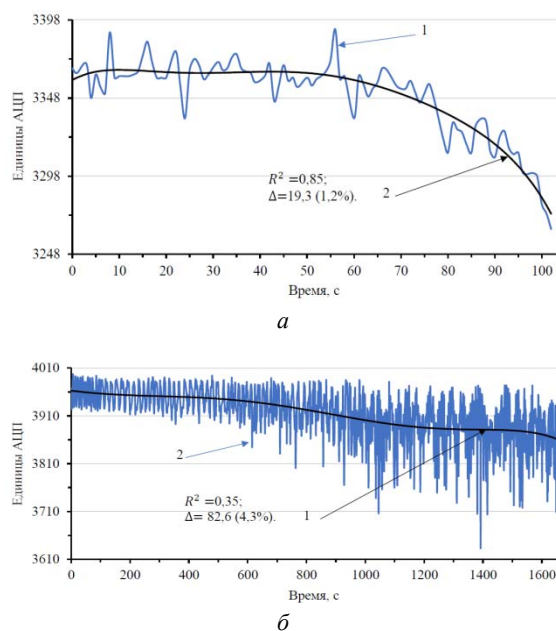
а) измеряется поток излучения, прошедший через среду; б) измеряется поток излучения, рассеянный частицами дыма

Рисунок 2 – Зависимости от времени горения топлива величины выходного сигнала АЦП измерительного устройства (тление деревянных брусков)

Большой разброс данных, близкий к 100 % для рассеянного излучения и сохраняющийся в абсолютных значениях для прошедшего излучения, обуславливает необходимость их усреднения для устранения неопределённости измерений.

Лучших результатов обработки полученных сигналов удалось достичь применением поли-

номиальной линеаризации работе также опробованы и дана оценка результатам обработки сигналов методами скользящего среднего и весовой функции. ПЛМНК обладает несомненным преимуществом, заключающимся в лучших показателях точности сигнала, получаемого в результате обработки, при сравнимой сложности реализации, а также возможности получения аналитической функции сигнала. Результаты обработки ПЛМНК исходных сигналов, характеризующихся наибольшим разбросом, представлены на рисунке 3. В проведённых экспериментах наибольший разброс данных при задымлении среды по каналу фотодиода, регистрирующего прошедшее излучение, имел место при тлении хлопчатобумажных фитилей; а любой набор данных из экспериментов с паром имел больший разброс по сравнению с любым набором из экспериментов с дымом.



а) эксперимент с тлением хлопчатобумажных фитилей; б) эксперимент с водяным паром

Рисунок 3 – ПЛМНК экспериментального сигнала с фотодиода, регистрирующего прошедшее излучение: 1 – сигнал до обработки; 2 – кривая, полученная в результате линеаризации

В качестве показателей оценки достоверности и точности обработки применены индекс детерминации (R^2) и оценка доверительного интервала (Δ). В результате обработки всего набора экспериментальных данных установлено, что применение ПЛМНК обеспечивает погрешность обработки сигнала фотодиода, регистрирующего прошедшее излучение, не более 1,2 % на интервале удельной оптической плотности среды от 0 до 0,2 дБ/м для дыма и не более 4,3 % для водяного пара. Доверительная вероятность в обоих случаях 95 %.

Предложенный метод обработки хорошо применим для линеаризации отдельных участков сигналов и обеспечивает требуемый уровень точности, установленный для испытательного оборудования пожарных оптико-электронных дымовых извещателей. При этом показатель степени аппроксимирующего полинома является определяющим результирующую точность фактором. Так, число локальных экстремумов в исходном сигнале не должно превышать степень полинома. Данное ограничение связано с плохой обусловленностью степенных функций в окрестностях областей с высокой скоростью её изменения.

Литература

1. СТБ EN 54-7-2009 «Системы пожарной сигнализации. Часть 7. Извещатели пожарные дымовые точечные, оптические и радиоизотопные».
2. СТБ EN 54-12-2009 «Установки пожарной сигнализации. Часть 12. Извещатели дымовые. Извещатели линейные оптические»

3. Cashdollar K.L., Lee C.K. Singer J.M., Three-wavelength light transmission technique to measure smoke particle size and concentration, *Applied Optics*, Vol. 18, No. 11, 1979, pp.1763-1769.

4. Putorti, A. D., Jr. Design Parameters for Stack-Mounted Light Extinction Measurement Devices. NISTIR 6215; 1999, 34 p.

5. Deepak A., Box M.A. Forward scattering Corrections for Optical Extinction Measurements in Aerosol Media. 1: Monodispersions, *Applied Optics*, Vol. 17, No. 18, 1978, pp.2900-2908.

6. Измерение характеристик воздуха в верхней зоне помещения при горении бумажной продукции / И.Е. Зуйков [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2014. – № 1 (8). – С. 68–72.

7. Зуйков И.Е., Антошин А.А., Олефир Г.И., Третьяк И.Б. Установка, моделирующая пожары в начальной стадии развития // Сборник научных трудов «Достижения физики неразрушающего контроля и технической диагностики». – Минск : ИПФ НАН Беларуси, 2011. – С. 197–202.

УДК 620.179.16-534.2

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫМИ МЕТОДАМИ

Баев А.Р., Майоров А.Л., Асадчая М.В., Жаворонков К.Г.

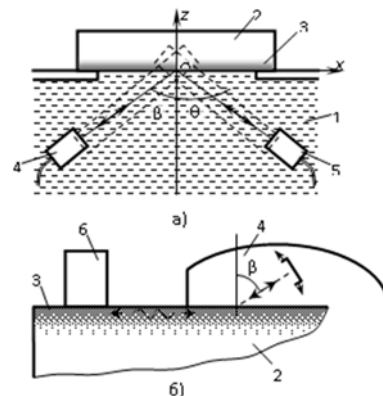
Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Одно из важных направлений повышения производительности и надежности контроля качества упрочнения поверхности металлоизделий цементированием, закалкой ТВЧ, лазерным отжигом, накаткой и др. заключается в использовании акустического метода, где в качестве первичного информативного параметра используется скорость распространения поверхностной волны C_R или другие параметры, существенно зависящие от нее. Скорость C_R хорошо коррелирует с физико-механическими свойствами стальных и чугунных металлоизделий, включая глубину упрочненного слоя δ , твердость B и др. Для однородного объекта $C_R = G(\mu)(E/\rho)^{0.5}$, где ρ – плотность, E – модуль Юнга, μ – коэффициент Пуассона. Если же поверхностный слой объекта неоднородный, то при моделировании распространения упругой волны подбираются некоторые эффективные параметры, определяющие C_R . Так, для изменения величины скорости распространения волны по объекту со слабонеоднородным упрочненным поверхностным (УП) слоем предложена формула Оулдера:

$$\frac{\Delta \tilde{N}_R}{C_{RO}} \sim \int_{-\infty}^0 (-\Delta w^2 \Delta \rho u_i^* u_i + u_{i,j}^* u_{k,l} \Delta E_{ijkl}) F(z) dz, \quad (1)$$

где w – абсолютное значение средней за период энергии невозмущенной волны, переносимой

через упругое полупространство единичной ширины; ΔE_{ijkl} – изменения упругих модулей; $u_{k,l}$ – поле смещений в волне или тензор смещений; функция $F(z) \sim \Delta B = B - B_0$. При реализации амплитудно-угловых методов в качестве коррелирующих со свойствами УП слоя параметров могут быть использованы экстремальные значения углов падения продольной волны β^* на УП слой, определяемые из формулы Снеллиуса: $C_R = C_L \sin \beta^*$, где угол β^* соответствует минимуму амплитуды отраженной (рис.1а) или максимуму возбуждаемой в объекте волны (рис.1б).



1 – иммерсионная среда; 2 – образец; 3 – упрочненный слой; 4 – излучающий ПЭП; 5 – приемный ПЭП; 6 – отражатель ПАВ

Рисунок 1 — Схемы экспериментов: