

источников выбросов, а также при исследовании газовых выбросов с быстропеременной концентрацией частиц, при диагностике дымности отработавших газов движущегося транспортного средства и в других нестандартных ситуациях.

На этой основе разработаны оригинальные градиентно-фотометрические принципы построения газоаналитических средств исследований дымовых выбросов. Основанные на использовании вихревых и струйных эффектов для осуществления защиты и термостабилизации элементов оптического тракта средств измерений, они обеспечивают необходимую метрологическую надежность контроля.

Градиентно-фотометрические средства пригодны для исследования оптико-физических характеристик аэрозолей различной природы: дымовых, пылевых, масляных, кислотных и т.д. Однако практическая реализация указанных разработок требует конкретизации измеряемой характеристики, вида аэрозоля и условий эксплуатации прибора. Исходя из актуальности решения экологических проблем, преимущественное внимание было уделено решению одной из важнейших задач газоаналитического приборостроения – созданию портативных устройств для измерения дымности газовых выбросов промышленных производств и технических средств.

Оптические анализаторы дымности, работающие на принципе просвечивания, можно описать с помощью соотношения: $D = (1 - K_{пр}) 100\%$, где D – дымность потока; $K_{пр} = \exp(-K_{ос}L)$ – коэффициент пропускания; $K_{ос}$ – коэффициент оптического излучения; L – толщина исследуемой среды.

Как видно, требуется измерение мощности коллимированного светового пучка, проходящего через исследуемую среду толщиной L . По величине дымности легко определяется коэффициент ослабления оптического излучения: $K_{ос} = -1/L \ln(1 - D/100)$.

Зная его связь с концентрацией частиц, можно определить последнюю. Если выполняется закон Бугера, то эта связь носит линейный характер $K_{ос} = K_c N$, где K_c – коэффициент связи; N – массовая концентрация частиц. Таким образом, анализаторы дыма могут быть градуированы в единицах, определяющих величины D , $K_{ос}$ и N .

Обзор существующих отечественных и зарубежных аналогов и анализ возникающих при эксплуатации приборов проблем показывают, что разрабатываемые дымомеры должны отвечать следующим общим требованиям:

– возможность измерения дымности в реальных скоростных режимах течения потоков;

– высокая метрологическая надежность;
– высокая метрологическая надежность;
– приемлемые габаритные размеры, масса, энергопотребление; удобство в использовании и простота метрологического обеспечения.

Учет всего изложенного и моделирование процессов диагностирования различных источников дыма приводят к выбору функциональной схемы разрабатываемых приборов, состоящей из двух основных элементов: оптического детектора и электронно-измерительного блока.

Оптический детектор служит для преобразования энергии светового зондирующего пучка в электрический сигнал, а также для формирования градиентов термодинамических параметров исследуемого потока с целью обеспечения постоянства фотометрической базы и надежной защиты элементов оптического тракта от загрязнений.

Для эффективной реализации отмеченных свойств детектора выбрана однолучевая фотометрическая схема зондирования с поперечным просвечиванием исследуемого потока.

Электронно-измерительный блок предназначен для усиления и обработки электрического сигнала детектора и индикации дымности.

Анализ газоаналитических ситуаций и статистические данные опроса потенциальных потребителей анализаторов дыма показали, что для удовлетворения практических нужд необходимы различные модели дымомеров:

– стационарные – для постоянного контроля за технологическими процессами и их управлением, используемые на испытательных и исследовательских стендах и т. д.;

– переносные – для периодического контроля за параметрами технологических процессов;

– портативные – для служб санэпидстанций, природоохранных учреждений;

– мобильные – для непрерывного экспресс-контроля дымности газовых выбросов движущихся источников (автомобилей, самолетов и др.).

В результате создан класс оригинальных градиентно-оптических портативных дымомеров, две модели из которых, ДО-1 и ИД-1, освоены в серийном производстве. Они нашли и получают практическое применение при решении широкого класса экологических, аналитических, метрологических задач, в проблемах глобального мониторинга, в системах автоматического управления, регулирования и контроля промышленных производств и технических средств.

УДК 535-3, 535.314

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОБРАТНОРАССЕЯННОГО РЕНТГЕНОВСКОГО ПУЧКА ЦИФРОВОЙ ПИНХОЛ-КАМЕРОЙ

Дудчик Ю.И., Хилько Г.И., Крютень О.В.

Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, Республика Беларусь

Для получения изображения объекта в обратно-рассеянных рентгеновских лучах его сканируют уз-

конаправленным рентгеновским пучком, а рассеянное излучение регистрируется детектором, который

располагается со стороны источника излучения [1]. Поскольку сканирование требует применение механических устройств и системы синхронизации, перспективным видится разработка систем, в которых изображение объекта в рентгеновских лучах регистрируется с использованием двумерных ПЗС-камер и элементов рентгеновской оптики [2].

Основная проблема здесь состоит в том, что изображающие элементы рентгеновской оптики, такие как многоэлементные преломляющие рентгеновские линзы и зонные пластинки имеют небольшую апертуру около 100–200 мкм. Поэтому единственным возможным решением проблемы – это использовать пинхол-камеру. Под пинхол-камерой понимается система, содержащая пинхол (отверстие в поглощающем излучение материале) и цифровую ПЗС камеру со сцинтиллятором, расположенную на заданном расстоянии от пинхола [3]. Диаметр отверстия камеры может быть выбран относительно произвольно, например, равным 0,5–1 мм.

Ранее в [2] нами была показана принципиальная возможность получения изображения объектов в обратнорассеянных лучах с использованием пинхол-камеры. Неясным остался вопрос об интенсивности обратнорассеянного рентгеновского пучка от материалов, различающихся порядковым номером. Хотя этот вопрос детально освещен в литературе [4], на практике вопрос об определении интенсивности обратнорассеянного пучка с использованием пинхол-камеры фактически не рассматривался.

Нами разработана и апробирована система для определения интенсивности обратнорассеянного рентгеновского излучения от различных материалов с использованием цифровой пинхол-камеры.

Структурная схема установки показана на рис. 1.

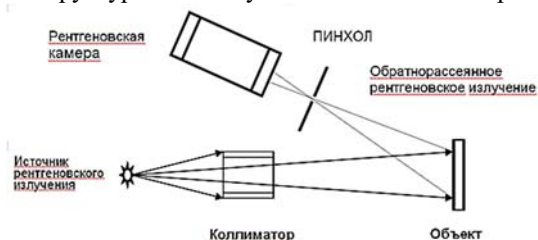


Рисунок 1 – Структурная схема стенда измерения интенсивности обратнорассеянного рентгеновского излучения пинхол-камерой

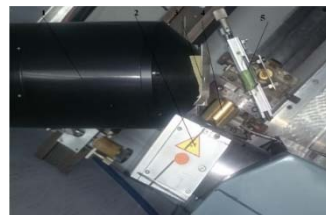
В состав установки входят источник рентгеновского излучения, коллиматор, пинхол, цифровая рентгеновская камера. Фотография стенда регистрации обратнорассеянного рентгеновского излучения пинхол-камерой показана на рисунке 2.

Рентгеновское излучение от источника проходит через коллиматор и попадает на исследуемый объект. Диаметр пятна рентгеновского излучения на объекте составляет 6 мм. Пинхол формирует изображение облучаемой области объекта на цифровой рентгеновской камере в обратнорассеянных рентгеновских лучах.

В качестве источника рентгеновских лучей нами использовалась рентгеновская трубка БСВ-17 с

медным анодом. Рабочее напряжение на аноде трубки – регулируется от 10 до 40 кВ, анодный ток – от 2 до 14 мА. В качестве рентгеновской камеры для регистрации изображения использовалась ПЗС камера фирмы Photonic Science (модель FDI VHR). Камера содержит ПЗС-матрицу, к которой присоединена волоконно-оптическая шайба с нанесенным сцинтиллятором. Размер рабочей области рентгеновской камеры составляет 18 x 12 мм², число пикселей равно 4008 x 2670. Размер пикселя камеры составляет 4,5 мкм. При съемке объекта использовалась функция биннинга, которая позволяет объединять несколько пикселей камеры в один. Сигнал, от выделенных пикселей суммируется. Использовалось значение биннинга, равное 8, что соответствует эффективному значению размера пикселя 36 мкм.

Изображения поверхности различных образцов в обратнорассеянном рентгеновском излучении показаны на рисунке 3. В качестве образцов использовались пластины из железа, дюралюминия, свинца и пластика. Напряжение на рентгеновской трубке составляло 32 кэВ. Образцы располагались на расстоянии 35 мм от коллиматора рентгеновского излучения. Пинхол-камера располагалась на расстоянии 40 мм от образца.



1 – рентгеновская камера; 2 - источник рентгеновского излучения; 3 – пинхол; 4 - коллиматор рентгеновского излучения; 5 - объект исследования

Рисунок 2 – Фотография стенда регистрации обратнорассеянного рентгеновского излучения пинхол-камерой

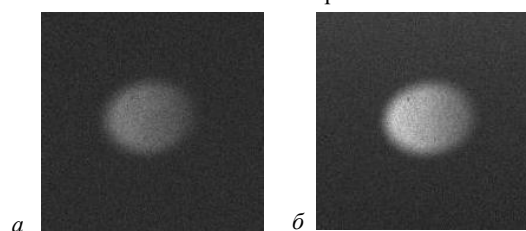


Рисунок 3 - Изображения поверхности образцов в обратнорассеянном рентгеновском излучении (а – пластик, б – железо)

Таблица 1 – Интенсивность обратнорассеянного излучения при облучении образцов коллимированным пучком рентгеновского излучения

№ п/п	Наименование материала	Интенсивность обратнорассеянного рентгеновского пучка, отн. ед.
1.	Дюралюминий	66
2.	Свинец	68
3.	Пластик	120
4.	Железо	190

Построены графики распределения интенсивности обратнорассеянного излучения в зоне облучения объекта. Установлена зависимость интенсивности обратнорассеянного рентгеновского излучения от материала образца при его облучении рентгеновским излучением.

Полученные данные приведены в таблице 1. Из таблицы 1 видно, что интенсивность обратнорассеянного излучения выше от материалов с меньшим порядковым номером.

Исключение составляет железо, что связано с рентгеновской флуоресценцией атомов, которые эффективно поглощают излучения от рентгеновской трубки с медным анодом.

Литература

1. Сканер для получения изображения объектов в обратнорассеянных рентгеновских лучах / Ю.И. Дудчик, Г.И. Хилько, П.В. Кучинский,

А.Н. Новик, М.И. Новик, И.В. Белый, Крекоть О.В. // Материалы девятой Международной научно-технической конференции Приборостроение-2016 – Минск, БНТУ, 2017 – С. 50– 51.

2. Ю.И. Дудчик, Г.И. Хилько, Ю.К. Ломашко. Получение изображения объектов во вторичных рентгеновских лучах с использованием пинхол камеры. Приборы и методы измерений» 2016, т. 7, № 2, стр. 14-18.

3 Дудчик, Ю.И. Получение изображения источников рентгеновского излучения с использованием пинхол камеры [Текст] / Ю.И.Дудчик, И.Ю. Звягин // Материалы 6-ой Межд. научно-техн. конференции «Приборостроение -2013» БНТУ. – Минск, 2013. – С. 290 – 292.

4. В.А.Забродский. Применение обратнорассеянного рентгеновского излучения в промышленности. – М.:Энергоатомиздат, 1989. –120 с.

УДК 004.056:061.68

МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ КОНТЕЙНЕРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИГНАЛОВ С ППРЧ

Бокуть Л.В.¹, Деев Н.А.²

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь
Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь*

Методы скремблирования и стеганографии относятся к перспективным направлениям защиты информации. Суть методов заключается в незначительной одновременной модификации целого ряда определенных битов контейнера при сокрытии одного бита информации.

В стеганографических методах исходный сигнал модулируется высокочастотной псевдослучайной последовательностью $W(t)$, которая определена на области значений $\{-1,1\}$. Результирующий стегосигнал представляет собой суммарный сигнал контейнерной составляющей $V(t)$ и скрываемых данных $D(t)$:

$$S(t)=V(t)+\alpha \cdot D(t) \cdot W(t),$$

где α – коэффициент затухания, предназначенный для выбора оптимального уровня шума, который вносится данными. Для извлечения скрытых данных $D(t)$ на принимающей стороне необходимо иметь ту же самую псевдослучайную импульсную последовательность $W(t)$, обеспечив ее синхронизацию со стегосигналом:

$$S(t)W(t)=V(t)W(t)+\alpha D(t).$$

Рассматривается система передачи с фазовой информационной манипуляцией сигнала и межбитовой псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ). В качестве контейнерной составляющей $V(t)$ в этом случае служат узкополосные ЧМ-сигналы, а скрываемые данные $D(t)$ передаются на фоне сигнала распределенные по диапазону и модулированные с помощью межсимвольной ППРЧ.

Оценка контейнерной составляющей (типа узкополосных ЧМ-сигналов $y_j(t)$) может быть существенно повышена за счёт введения адаптивного

компенсатора контейнерной составляющей (АКК) (рис.1) в каждый из каналов устройства обработки (УО) (рис.2). Процесс обнаружения контейнерной составляющей и оценки её параметров осуществляется во время паузы в частотном канале. При этом сигнал не оказывает влияния на ошибки оценивания контейнерной составляющей, что обеспечивает существенное увеличение отношения информационного сигнала и контейнерной составляющей на выходе АКК, превышающее 0 дБ.

Коммутатор адаптивных компенсаторов контейнерных составляющих в каналах приёма осуществляется в соответствии с синхронизированной ПСП. Оценка амплитуды α_{ni}^* контейнерной составляющей осуществляется в течение времени, пока полезный сигнал скрываемых данных $D(t)$ в i -м подканале отсутствует. Характеристика АКК i -го подканала определяется соотношением:

$$Z_i(y_i) = k \cdot \frac{d \ln W_y(y_i)}{dy_i}, \quad (1)$$

где $W_y(y_i)$ – плотность распределения вероятности (ПРВ) мгновенных значений контейнерной составляющей $\ell n y_i$.

Во время включения i -го подканала $g_i = 1$ на вход вычитателя АКК поступает оценка контейнерной составляющей с амплитудой a_{ni}^* , сформированной на предыдущем интервале T_g . Полосовые фильтры (ПФ) на входе АКК обеспечивают селекцию контейнерной составляющей и исключают одновременное действие более одного сигнала ЧМ в частотном канале. Выходные ПФ необ-