

сторонах магнитопровода 2 П-образной формы и соосно с полюсами магнитопровода, выполненного из магнитномягкого феррита, обладающего высокой магнитной проницаемостью. Намагничивающая катушка 3 для создания в участке контролируемого изделия 4 магнитного поля расположена на центральном плече П-образного магнитопровода. Индикаторная катушка 5, предназначенная для регистрации интенсивности магнитного шума, помещена в ферритовый сердечник броневого типа и расположена посередине между полюсами магнитопровода. Все элементы датчика расположены в корпусе 1.

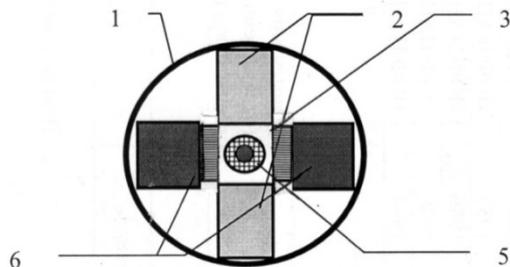


Рисунок 2 – Взаиморасположение постоянных магнитов, индикаторной и намагничивающей катушек, полюсов магнитопровода датчика (вид снизу)

Длина  $L$ , ширина  $b$  и толщина  $d$  постоянных магнитов должны быть соизмеримы с габаритами датчика и свободно размещаться в корпусе. При этом магнитное поле от постоянных магнитов незначительно влияет на величину магнитного шума, измеряемого магнитошумовым анализатором 8 с помощью сигнального кабеля 7. Магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами в данном случае выполняет роль надежного фиксатора и своеобразного крепления и удерживает ПБ на поверхности элемента стальной конструкции, расположенной вертикально, наклонно относительно земли или имеет вогнутые или выпуклые контролируемые участки (рисунок 1). Магнитный материал постоянных магнитов выбирается из условия, чтобы их суммар-

ная магнитная энергия  $W$  обеспечивала удержание ПБ на поверхности изделия, находящегося в любом пространственном положении. В свою очередь  $W$  зависит от химического состава материала магнитов, размеров, способа изготовления и направления намагничивания, а также габаритов и массы датчика.

Так, датчик может устанавливаться на любую вертикальную и наклонную плоскость поверхности образца при длительных исследованиях или испытаниях. С помощью длинного шеста может быть установлен на боковую стенку крупногабаритного контролируемого изделия (нефтеналивные резервуары, газгольдеры, опоры моста, башни, балки и пр.), которое может находиться высоко над землей, на участок, где необходимо провести измерения.

Установленный и удерживаемый таким образом на объекте контроля датчик позволяет существенно расширить функциональные возможности использования магнитошумовых преобразователей.

Для проведения исследований и осуществления НК стальных изделий и элементов конструкций с выпуклыми или вогнутыми поверхностями индикаторная катушка должна быть расположена на упругом элементе в виде пружины, расположенной посередине между полюсами магнитопровода.

Таким образом, появляется возможность проводить измерения магнитного шума и осуществлять контроль практически на любых (наклонных, вертикальных, угловых) поверхностях различных элементов стационарных стальных конструкций, находящихся в удаленных и труднодоступных для контроля зонах, когда отсутствует возможность или затруднен доступ при измерении сигнала с помощью оператора.

1. Патент на изобретение РБ 2113, МПК G01 N27/72. Магнитошумовой преобразователь / Бусько В.Н.; заяв. – «ИПФ НАН Беларуси» //Аф. Бюлл. № 3, 2005. - С. 99-100.

УДК 535.2:616-71

## УГЛОВАЯ ЭЛЛИпсоИДАЛЬНАЯ ОТРАЖАТЕЛЬНАЯ ФОТОМЕТРИЯ

Венцурик А.В., Безуглый М.А.

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»  
Киев, Украина

Развитие лазерных и компьютерных технологий способствовало внедрению оптических методов в различные сферы неразрушающего контроля, начиная от исследования рассеивающих сред и материалов в технике и заканчивая диа-

гностикой состояния тканей и органов в биологии и медицине. Продолжая изучение свойств и возможностей эллипсоидальной фотометрической аппаратуры [1], в данной работе проведен ряд практических экспериментов, позволяющих

с позиций оптики светорассеяния по новому взглянуть на взаимодействие оптического излучения с мутными средами.

В работе рассмотрены особенности реализации усовершенствованного метода эллипсоидальной рефлектометрии, который позволяет осуществлять исследования оптических свойств рассеивающих сред при различных углах падения и энергетических характеристиках зондирующего оптического излучения. Для практической реализации метода была разработана экспериментальная установка [2], которая в качестве измерительного ядра использует эллипсоидальный рефлектор с характерным продольным пазом для ввода оптического излучения под различными (изменяемыми) углами. Также установка имеет механизм микрометрической регулировки высоты, что позволяет работать с различными толщинами исследуемых сред, и юстировочные приспособления для достижения горизонтальности базовой линии и соосности рефлектора, вспомогательной оптической системы и ПЗС камеры. Изменение энергетических характеристик падающего излучения достигается путем регулировки мощности универсального источника питания лазерных полупроводниковых излучателей соответствующей длины волны (650 нм (красный) 532 нм (зеленый) или 405 нм (синий) при номинальной мощности 5 мВт каждого из них), разработанного авторами.

Для получения фотометрических изображений использованы средства ПЗС фотометрии, что и в работах [2, 3].

На основании механизма обработки изображений при эллипсоидальной фотометрии [3] была усовершенствована методика анализа фотометрических изображений при угловой рефлектометрии, основными отличительными структурными элементами зонного анализа которых являются эллипсы коллимированного потока и направленного отражения, а также эллиптическое кольцо малоуглового рассеяния.

Для получения искомым значений оптических параметров сред был применён сравнительный метода отсчета. В качестве эталонов выступили плоскопараллельные пластины молочного стека МС-20 толщиной 3, 5 и 10 мм с априори равномерным распределением рассеивающих центров и осесимметричным характером анизотропии рассеяния.

В качестве исследуемых образцов была выбрана мышечная ткань свиньи и курицы различных толщин. Ткань была отделена перпендикулярно направлению размещения волокон для обеспечения минимально возможных отклонений величины фактора анизотропии рассеяния при последующем численном эксперименте методом статистического моделирования Монте-Карло [4] и выдержана в нормальных условиях

физиологическом растворе 0.9% NaCl на протяжении 30 минут.

В результате были получены группы фотометрических изображений на различных длинах волн при различных углах наклона лазерного модуля с шагом  $2.5^{\circ}$ , наиболее характерные из которых приведены на рисунках 1–4.

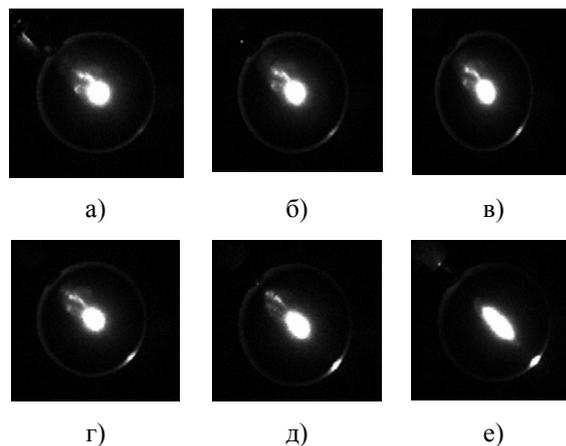


Рисунок – 1 Фотометрические изображения рассеянного излучения на длине волны 532 нм образцами мышечной ткани свиньи толщиной  $3.6 \pm 0.26$  мм при углах наклона падающего излучения:  $60^{\circ}$  (а);  $50^{\circ}$  (б);  $45^{\circ}$  (в);  $40^{\circ}$  (г);  $30^{\circ}$  (д);  $20^{\circ}$  (е)

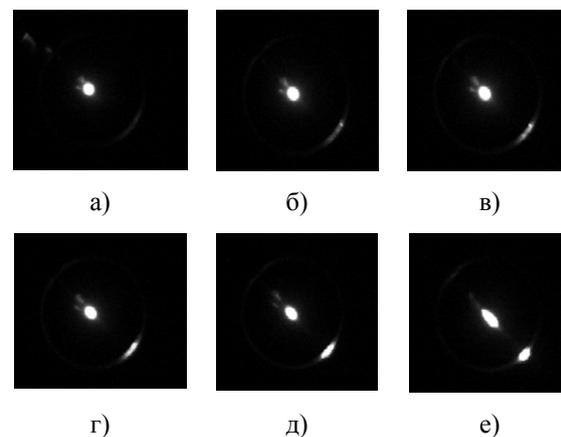


Рисунок 2 – Фотометрические изображения рассеянного излучения на длине волны 405 нм мышечной ткани курицы толщиной  $3.2 \pm 0.49$  мм при углах наклона падающего излучения  $60^{\circ}$  (а);  $50^{\circ}$  (б);  $45^{\circ}$  (в);  $40^{\circ}$  (г);  $30^{\circ}$  (д);  $20^{\circ}$  (е)

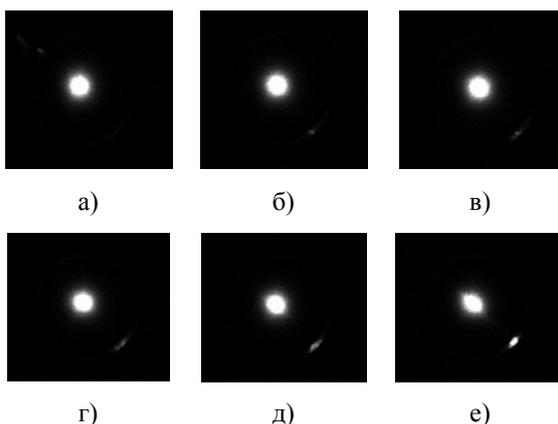


Рисунок – 3 Фотометрические изображения рассеянного излучения на длине волны 650 нм мышечной ткани курицы толщиной  $3.2 \pm 0.49$  мм при углах наклона падающего излучения  $60^\circ$  (а);  $50^\circ$  (б);  $45^\circ$  (в);  $40^\circ$  (г);  $30^\circ$  (д);  $20^\circ$  (е)

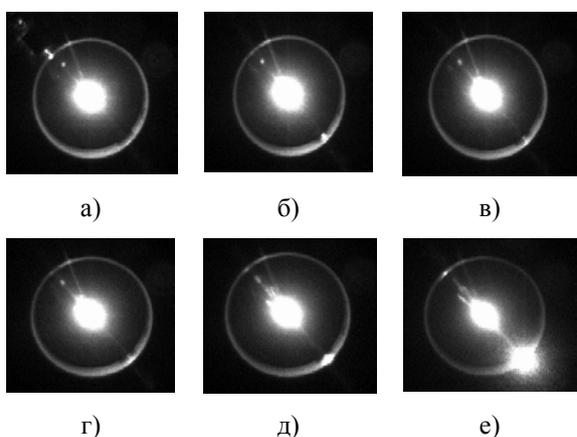


Рисунок 4 – Фотометрические изображения рассеянного излучения на длине волны 405 нм молочным стеклом МС-20 толщиной 10 мм при углах наклона падающего излучения:  $60^\circ$  (а);  $50^\circ$  (б);  $45^\circ$  (в);  $40^\circ$  (г);  $30^\circ$  (д);  $20^\circ$  (е)

На основании полученных фотометрических изображений построены графики изменения уровня освещенности отдельных зон изображения в зависимости от угла падения лазерного

излучения, которые хорошо коррелируют с вычисленными значениями оптических параметров исследуемых сред и тканей. В то же время, аналитические закономерности, которые могут лечь в основу построения прогностических моделей оценки характера рассеяния оптического излучения мутной средой, остаются не выясненными.

Авторы считают, что решение данной задачи находится в плоскости построения адекватной модели взаимодействия оптического излучения с рассеивающей одно- или многослойной средой при корректном использовании начальных данных, которые содержат параметры лазерного излучения и угол наклона, с высокой точностью.

Помимо программной и модельной задачи перед авторами стоит также задача создания опытного образца системы, реализующей предложенный принцип. Сферой применения угловой эллипсоидальной рефлектометрии, помимо области оптической биометрии рассеивающих сред и тканей, может стать и область исследования непрозрачных лакокрасочных и диэлектрических покрытий.

1. Bezuglyi, M.A. Ellipsoidal reflectors in biomedical diagnostic / M.A. Bezuglyi, N.V. Bezuglaya // Proc. SPIE. - 2013. - P. 9032.
2. Венцурик, А.В. Установка для кутовой эллипсоидальной рефлектометрии / А.В. Венцурик // Збірник тез доповідей конференції «Погляд в майбутнє приладобудування», Київ, НТУУ «КПІ». 2016. - С.121.
3. Безуглый, М.А., Обработка изображений при эллипсоидальной фотометрии / М.А. Безуглый, Н.В. Безуглая, А.Б. Самилек // Приборы и методы измерений. - 2016; № 7(1). – С. 67-76.
4. Безуглая, Н.В. Особенности анизотропии светорассеяния волокнистыми биологическими тканями / Н.В. Безуглая, М.О. Безуглый, Г.С. Тымчик // Вестник НТУУ «КПІ». Серия «Приборостроение». - 2015. - № 2(50). – С. 169-175.

УДК 535.317:532.527

### ВИХРЕВАЯ ГАЗОВАЯ ЛИНЗА

Виленчиц Б.Б., Попов В.К., Шаронов Г.В.

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

Для проведения оптического экспресс – анализа параметров газовых выбросов промышленных производств и технических средств с высоким пространственным разрешением различ-

ными методами и устройствами требуется периодическая перефокусировка зондирующего светового пучка. В условиях длительной эксплуатации таких устройств применения для этой