

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОНТРАСТА В ИЗОБРАЖЕНИИ ШТРИХОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ ЧАСТОТАМИ ОТ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ

Кальной Д.Г., Пронин С.П.

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

Одним из важнейших в фотометрии является показатель ослабления μ [1], который равен сумме десятичных показателей поглощения a и рассеяния g :

$$\mu = a + g. \quad (1)$$

В случае слабоссеивающей среды, в которой показатель рассеяния g пренебрежимо мал по сравнению с показателем поглощения a , для контроля оптических свойств среды по показателю μ вполне можно использовать метод контроля, реализованный в колориметрах фотометрических, например КФК-3. К таким средам относят оптическое стекло, оптически прозрачные жидкости. Однако, при наличии в среде рассеивающих частиц осуществление контроля показателя ослабления μ этими приборами приводит к значительной погрешности. Таким образом, подобные приборы нельзя использовать для контроля мутных сред [1].

Для оценки оптических свойств подобных сред используют различные методы и средства [1–3]. В статье [3] авторы предложили метод контроля параметра μ по изменению контраста в изображении штрихов с коэффициентом заполнения $K=0,5$. Получена математическая модель зависимости контраста в изображении штрихов тест-объекта от оптической плотности среды в виде:

$$\lg K = \lg K_0 - \gamma \lg (1/\tau), \quad (2)$$

где K и K_0 – текущее и начальное значения контраста соответственно, γ – коэффициент линейного уравнения, зависящий от соотношения рассеивающих и поглощающих свойств среды, τ – коэффициент пропускания.

В результате выполненного анализа экспериментальных зависимостей, которые подчиняются линейному уравнению (2), коэффициент γ можно представить как отношение

$$\gamma = g/a. \quad (3)$$

Действительно, при слабых рассеивающих свойствах среды показатель рассеяния стремится к нулю ($g \rightarrow 0$), поэтому прямая линия имеет минимальный наклон. При преоб-

ладании рассеивающих свойствах среды, когда показатель рассеяния стремится к бесконечности ($g \rightarrow \infty$), прямая линия приобретает максимальный наклон.

Из уравнений (2) и (3) математически несложно получить значение показателя рассеяния g :

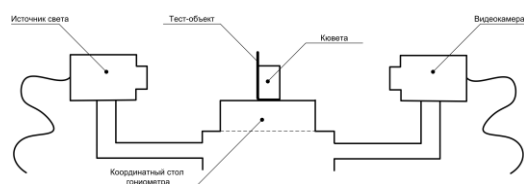
$$g = \frac{1}{x} \lg \left(\frac{K_0}{K} \right), \quad (4)$$

где x – длина оптического пути (длина кюветы).

Для экспериментальной оценки данного показателя использовали два вещества, принципиально различающихся своими рассеивающими свойствами: растворы перманганата калия и молока. Первый является оптически однородной средой, которая поглощает падающее на нее излучение, второй характеризуется значительными рассеивающими свойствами, так как представляет собой эмульсию жировых шариков в молочной плазме. Эмульсия представляет собой тонкодисперсную систему из двух нерастворяющихся одна в другой жидкостей, причем одна из жидкостей в тончайшем распределении, находится в другой. Средний диаметр жировых шариков равен 2 — 2,5 мкм с колебаниями размеров от 0,1 до 10 мкм и более.

Тест-объект состоит из трех парных штрихов с различными коэффициентами заполнения и пространственными частотами.

Основой экспериментальной установки является гониометр (рисунок 1). В состав гониометра входит точечный источник света, в качестве которого используется лампа накаливания мощностью 3 Вт. Питание лампы осуществляется с помощью источника питания НУ1503D.



ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОНТРАСТА В ИЗОБРАЖЕНИИ ШТРИХОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ ЧАСТОТАМИ ОТ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ

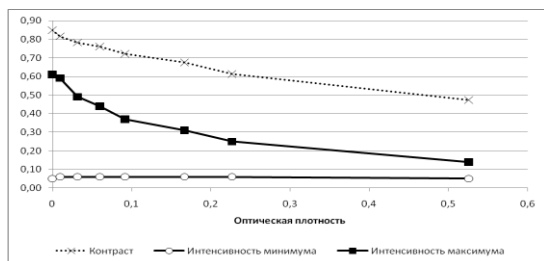
Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Перед источником света расположена оптическая система (коллиматор), позволяющая получать параллельный световой пучок. Этот пучок освещает тест-объект. Он состоит из трех парных штрихов с различными коэффициентами заполнения и пространственными частотами, нанесенных на прозрачную пленку. Таким образом, штрихи являются светящимися объектами.

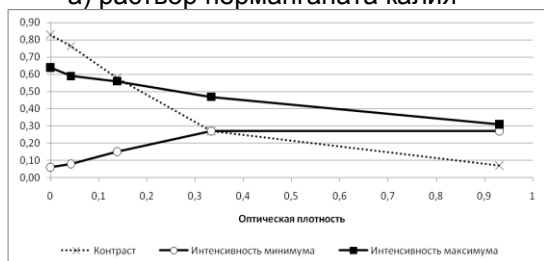
На пути распространения света расположена кювета, в которую наливается исследуемая жидкость, содержащая частицы с известными размерами. Тест-объект и кювета расположены на координатном столе гониометра, который позволяет настраивать пространственное положение тест-объекта. В качестве приемника оптического излучения используется видеокамера, подключенная к ПЭВМ через плату видеозахвата.

Отобранную пробу заливали в кювету, расположенную на координатном столе гониометра. При этом он был полностью изолирован от внешних источников освещения.

Затем производилась видеозапись изображения в ПЭВМ. Для видеозаписи применялось ПО VirtualDub 1.9.1.



а) раствор перманганата калия



б) эмульсия молока

Рисунок 2 – Графики зависимости контраста, максимального и минимального сигналов в изображении штрихов тест-объекта от оптической плотности исследуемой жидкости

Обработку полученных изображений проводили с помощью ПО «Анализатор». На изображении фиксировали минимальное и максимальное значения сигналов $I_{\min}$ и $I_{\max}$,

которые соответствовали темной и светлой полосам в изображении тест-объекта.

Значения помещали в ПО Microsoft Excel, строили графики, а также вычисляли значение контраста для трех различных пространственных частот.

Для определения оптической плотности использовали фотометр КФК-3. Исследуемую жидкость заливали в кювету из кварцевого стекла шириной 5,070 мм, которую помещали в фотометр. Ту же пробу в этой кювете помещали на экспериментальную установку для определения параметров тест-объекта для данной жидкости.

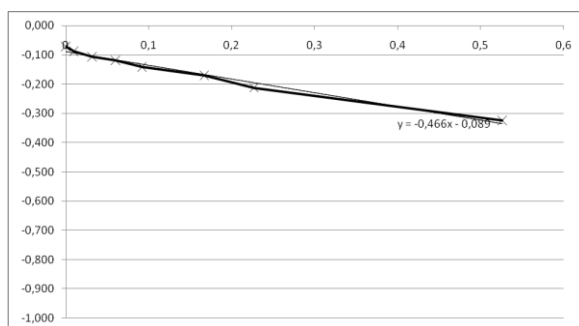
Зависимости параметров тест-объекта от оптической плотности, полученные в результате эксперимента, представлены на рисунке 2.

Из рисунка видно, что при увеличении концентрации перманганата калия в растворе интенсивность минимума не изменяется, тогда как интенсивность максимума уменьшается экспоненциально, это подтверждает отсутствие рассеяния в растворе перманганата калия.

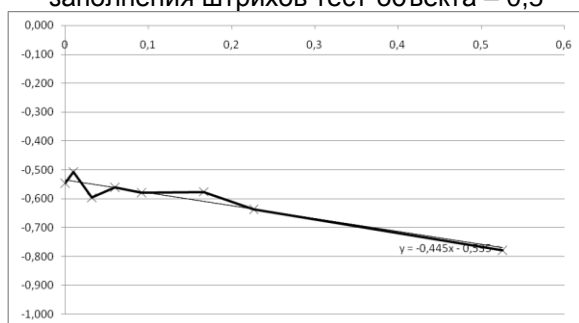
В то же время мельчайшие нерастворимые капли молока значительно рассеивают свет, падающий на образец. Из рисунка видно, что при увеличении концентрации молока происходит быстрое изменение интенсивности, как максимума, так и минимума. При определенной концентрации их интенсивности сравниваются, то есть контраст падает до нуля.

В качестве меры рассеяния можно использовать коэффициент наклона в линейном уравнении аппроксимирующей прямой в экспоненциальном представлении (рис. 3). Чем больше значение данного коэффициента, тем больше рассеивающее свойство среды.

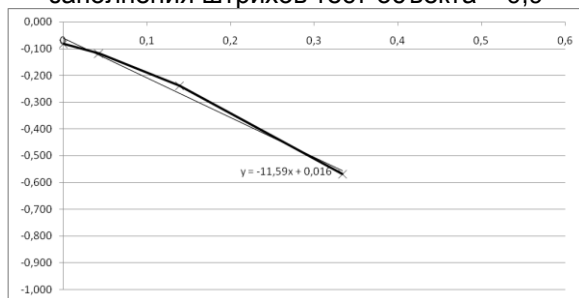
Для раствора перманганата калия наклон на всех частотах остается неизменным. Поскольку среда слабоссеивающая, то минимальный сигнал между светлыми штрихами остается постоянным, в то время как в области светлых штрихов максимальное значение сигнала уменьшается одинаково на всех частотах. Таким образом, изменение контраста в штрихах с разными частотами характеризует слабоссеивающую среду.



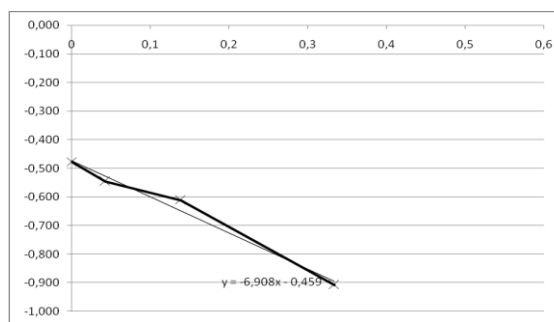
а) раствор перманганата калия, коэффициент заполнения штрихов тест-объекта – 0,5



б) раствор перманганата калия, коэффициент заполнения штрихов тест-объекта – 0,9



в) эмульсия молока, коэффициент заполнения штрихов тест-объекта – 0,5



г) эмульсия молока, коэффициент заполнения штрихов тест-объекта – 0,9

Рисунок 3 – Графики зависимости логарифма контраста от оптической плотности

Тогда как в случае сильно рассеивающей среды, изменение параметров тест-объекта значительно меняет наклон кривой на рисунке, что позволяет судить о свойствах среды, сравнивая результаты, полученные при использовании штрихов с различной пространственной частотой и различными коэффициентами заполнения.

Выводы.

Проведенные исследования показывают возможность использовать предложенный метод для контроля показателя ослабления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич М.М. Фотометрия. Л.: Энергоатомиздат, 1983.-272с.
2. Пронин С.П. Оценка качества информационно-измерительной оптико-электронной системы: Монография / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2001. – 125 с.
3. Пронин С.П., Вдовин А.А. Анализ методов и средств контроля показателя ослабления / Материалы международной научно-практической конференции «ИКИ-2004». – 2004. – Барнаул. – С. 37-38.