

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТРАСТА В ДИНАМИЧЕСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ПАРНЫХ ШТРИХОВ

И. С. Герасимов, Е. Г. Коновалов, С. П. Пронин,  
П. А. Зрюмов, Е. А. Зрюмов

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

В статье Optical Method for Measurement of Vibration Amplitudes приведено описание изменения контраста в различных фигурах: круги, параллельные и непараллельные штрихи [4]. Однако, теоретической формулы не получено. Эти фигуры при вибрации, в зависимости от величины размаха, могут давать различные визуальные эффекты: нулевой контраст (например темные штрихи в статике различимы, а в динамике сливаются в один серый штрих), отрицательный контраст (например в статическом состоянии темные штрихи различимы, а в динамике между ними появляется темная полоса. При этом сами они становятся серыми).

## Описание установки.

Установка представляет собой динамик с закрепленным на нем тест-объектом (набор парных штрихов). С персонального компьютера на динамик подается звуковой сигнал с заданными параметрами. Параметры сигнала задаются с помощью звукового wav файла, заранее созданного при помощи специального программного обеспечения.

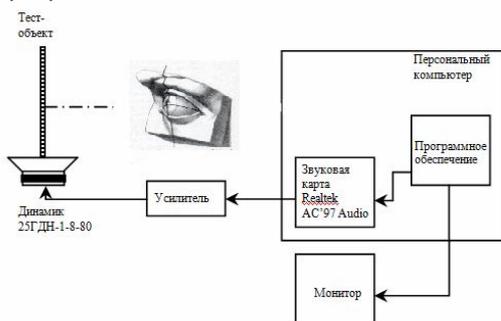


Рисунок 1 – экспериментальная установка

Тест-объект представляет собой 10 пар штрихов (рисунок 2). Каждая из пар имеет свои геометрические размеры, указанные в таблице 1. Так же на рисунке приведены пространственные частоты этих пар штрихов, равные:

$$\nu = \frac{1}{2a},$$

где  $a$  – ширина штриха.

В статическом состоянии штрихи имеют максимальный контраст, наименьшая яркость приходится на темные, а наибольшая, на светлые.

Таблица 1 – Размеры тест-объекта

№ штриха	Ширина штриха, мм	№ штриха	Ширина штриха, мм
1	0,918	6	0,501
2	0,835	7	0,417
3	0,751	8	0,334
4	0,668	9	0,251
5	0,584	10	0,167

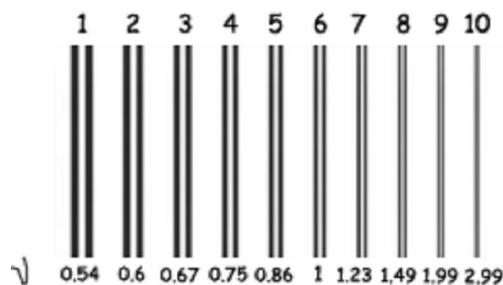


Рисунок 2 – тест-объект

## Ход эксперимента.

В ходе эксперимента проводили визуальное наблюдение гармонических вибраций тест-объекта. При частоте до 6 Гц четко заметны вибрации тест-объекта. Это объясняется тем, что человеческий глаз способен фиксировать вибрации приблизительно до 8-10 Гц. Начиная с 16 Гц вибрации видны крайне не четко, а с 24 Гц они не видны [3]. Частота вибрации тест-объекта была выбрана равной 25 Гц, т.к. на этой частоте человеческий глаз вибрацию не замечает. Изображения получаются смазанными с плавными границами перехода свет-тень. В зависимости от соотношения размаха и пространственной частоты штрихов в них наблюдаются положительный, нулевой и отрицательный контрасты. Положительный контраст характеризует разрешение в штрихах. При нулевом контра-

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВИЗУАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТРАСТА В ДИНАМИЧЕСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ ПАРНЫХ ШТРИХОВ

сте штрихи сливаются и видна одна линия серого цвета, а при отрицательном вместо светлого промежутка между штрихами виден черный.

### Результаты эксперимента.

При визуальном наблюдении вибрирующих штрихов с частотой вибрации 25 Гц и размахом  $R = 0,5$  мм наблюдали следующую картину.

До шестой пары штрихов все штрихи имеют пространственное разрешение, т.е. положительный контраст. В шестой паре штрихов наблюдается нулевой контраст. В седьмой паре штрихов наблюдается отрицательный контраст. В восьмой паре – отрицательный контраст. В девятой и десятой парах – нулевые контрасты. Аналогичное чередование контраста наблюдается в изображении штрихов, фиксируемое оптико-электронной системой.

Известно, что контраст в изображении штрихов, получаемом с помощью видеокамеры, при стробоскопическом эффекте определяется формулой [6]:

$$K = \frac{\sin(2\pi vR)}{2\pi vR} = \text{sinc}(2\pi vR), \quad (1)$$

где  $v$  – пространственная частота штрихов,  $\text{мм}^{-1}$ ;  $R$  – размах вибрации, мм.

Эта функция показана на рисунке 3. Переход функции через нулевые значения показывает те пространственные частоты, в которых должен возникать нулевой контраст.



Рисунок 3 – график sinc-функции

Возникает вопрос, может ли эта функция предсказать возникновение нулевого контраста при визуальном наблюдении. Очевидно, что теоретически нулевой контраст возникает при условии:

$$\sin c(2\pi vR) = 0,$$

или

$$2\pi vR = n\pi, \quad (2)$$

где  $n$  – целое число, которое определяет нули функции в (1).

Шестая, восьмая и девятая пары штрихов имеют пространственные частоты:  $v_6 = 1,00 \text{ мм}^{-1}$ ;  $v_8 = 1,99 \text{ мм}^{-1}$ ;  $v_9 = 2,99 \text{ мм}^{-1}$ . Если гипотеза о справедливости формулы (2) верна, то значение размаха  $R$  должно быть одинаковым для всех пространственных частот:

$$R = \frac{n}{2v}.$$

В шестой паре штрихов возникает первый нулевой контраст, следовательно

$$R_1 = \frac{1}{2 \cdot 1,00} = 0,500 (\text{мм}).$$

В восьмой паре возникает второй нулевой контраст, поэтому

$$R_2 = \frac{2}{2 \cdot 1,99} = 0,502 (\text{мм}).$$

В девятой паре наблюдается третий нулевой контраст, поэтому

$$R_3 = \frac{3}{2 \cdot 2,99} = 0,502 (\text{мм}).$$

Как видно из расчетов, все они дали одинаковые результаты, которые с погрешностью 0,2% совпадают с истинным размахом.

### Выводы.

Таким образом, глаз человека воспринимает изменение контраста в парных штрихах при их вибрации с частотой 25 Гц в соответствии с законом (1). С практической стороны вибрирующие штрихи могут быть использованы в офтальмологии для контроля качества зрения, в технической оптике – для визуального определения качества оптических систем по динамическому объекту.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Системы технического зрения / А.Н. Писаревский, А.Ф. Чернявский, Г.К. Афанасьев, и др. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 424 с.
3. <http://onlinezrenie.ru>, «С какой частотой человеческий глаз воспринимает изображение?» [электронный ресурс].
4. Rule E., Suellentrop F.J., and Perls T.A. Optical Method for Measurement of Vibration Amplitudes, «Rev. Scientif. Instrum.» 1959 № 1, p. 40-41.
5. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Sinc>, «Sinc» [электронный ресурс].
6. Пронин С.П., Юденков А.В., Зрюмов П.А. Теоретические и визуальные эксперименты исследования изменения контраста в изображении колеблющихся парных штрихов: Ползуновский альманах №2 /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. 108 с.