

ГУАП

КАФЕДРА № 21

ОТЧЁТ
ЗАЩИЩЁН С ОЦЕНКОЙ

XO2

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

Ассистент

Е. Г. Гладких

должность, уч. степень,
звание

подпись, дата

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ О ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

«ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗРИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ»

По дисциплине: Системы отображения информации

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. №

2310

подпись, дата

инициалы, фамилия

В. А. Асташкин

Санкт-Петербург 2025

1 Цель работы

Изучение метода измерения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) зрительной системы человека в надпороговых условиях наблюдения.

2 Описание эксперимента

Эксперимент проводится с помощью программы, которая формирует тестовые изображения, то есть решетки с синусоидальным распределением яркости.

Исследование эксперимента состоит в сравнении контраста тестовой решетки с стандартной (эталонной) решеткой, а также измерении контраста тестовых решеток при различных числах периодов N и вычислении относительного контраста.

Основные шаги в данном эксперименте:

1. Калибровка монитора и установка яркости фона;
2. Генерация тестовых изображений с синусоидальной яркостью;
3. Измерение видимого контраста путем сравнения тестовой и эталонной решеток;
4. Измерение контраста для различных пространственных частот и чисел периодов N ;
5. Вычисление амплитудно – частотной характеристики $K(f)$.

3 Рабочие формулы

Относительное значение контраста:

$$K = \frac{K_{\text{Э}}}{K_{\text{Т}}}, \# (1)$$

где $K_{\text{Э}}$ – контраст стандартной (эталонной) решетки и $K_{\text{Э}} = 1,1$; $K_{\text{Т}}$ – контраст тестовой решетки

Амплитудно – частотная характеристика:

$$K(f) = \frac{K}{K_{\text{макс.}}}, \# (2)$$

где $K_{\text{макс.}}$ – максимальное значение относительного контраста K ; f – пространственная частота

Пространственная частота:

$$f = \frac{2\pi Nl}{360x}, \# (3)$$

где x – ширина решетки, которую необходимо измерить на экране монитора (0.015 м); l – расстояние, с которого ведется наблюдение (2 м); N – число периодов в решетке

4 Результаты измерений и вычислений

В таблицах 4.1 – 4.10 сведены результаты, полученные экспериментально.

Таблица 4.1 – Значение контраста тестовой и относительной решётки при $K_0=1.1$ и $w=0,01$

N	1	2	3	4	5	6	7	8
K_T	1.14	1.13	1.15	1.13	1.14	1.14	1.19	1.30
K	0.96	0.97	0.95	0.97	0.96	0.96	0.92	0.97

Таблица 4.2 – Зависимость относительного контраста от пространственной частоты решётки

f, период град.	2.33	4.65	6.98	9.31	11.64	13.96	16.29	18.62
K(f)	0.989	1	0,979	1	0,989	0.989	0.948	1

Таблица 4.3 – Значение контраста тестовой и относительной решётки при $K_0=1.1$ и $w=0,05$

N	1	2	3	4	5	6	7	8
K_T	1.2	1.15	1.1	1.1	1.1	1.15	1.15	1.1
K	0.91	0.95	1	1	1	0.95	0.95	1

Таблица 4.4 – Зависимость относительного контраста от пространственной частоты решётки

f, период град.	2.33	4.65	6.98	9.31	11.64	13.96	16.29	18.62
K(f)	0.91	0.95	1	1	1	0.95	0.95	1

Таблица 4.5 – Значение контраста тестовой и относительной решётки при $K_0=1.05$ и $w=0,01$

N	1	2	3	4	5	6	7	8
K_T	1.13	1.08	1.06	1.07	1.08	1.06	1.09	1.06
K	0.92	0.97	0.99	0.98	0.97	0.99	0.96	0.99

Таблица 4.6 – Зависимость относительного контраста от пространственной частоты решётки

f, период / град.	2.33	4.65	6.98	9.31	11.64	13.96	16.29	18.62
K(f)	0.929	0.979	1	0.989	0.979	1	0.969	1

Таблица 4.7 – Значение контраста тестовой и относительной решётки при $K_0=1.05$ и $w=0,05$

N	1	2	3	4	5	6	7	8
K_T	1.1	1.1	1.05	1.05	1.05	1.1	1.1	1.05
K	0.95	0.95	1	1	1	0.95	0.95	1

Таблица 4.8 – Зависимость относительного контраста от пространственной частоты решётки

f, период / град.	2.33	4.65	6.98	9.31	11.64	13.96	16.29	18.62
K(f)	0.95	0.95	1	1	1	0.95	0.95	1

Таблица 4.9 – Значение контраста тестовой и относительной решётки при $K_0=1,5$ и $w=0,01$

N	1	2	3	4	5	6	7	8
K_T	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
K	1	1	1	1	1	1	1	1

Таблица 4.10 – Зависимость относительного контраста от пространственной частоты решётки

f, период / град.	2.33	4.65	6.98	9.31	11.64	13.96	16.29	18.62
K(f)	1	1	1	1	1	1	1	1

Примеры вычислений:

По формуле (1): $K = \frac{K_{\Sigma}}{K_{T1}} = \frac{1.1}{1.14} = 0.96$

По формуле (2): $K(f) = \frac{K}{K_{\text{МАКС.}}} = \frac{0.96}{0.97} = 0.989$

По формуле (3): $f = \frac{2\pi Nl}{360x} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1 \cdot 2}{360 \cdot 0.015} = 2.33$ период / град.

В соответствии с таблицами 4.2, 4.4, 4.6, 4.8 и 4.10 на рисунках 1-5 соответственно приведены графики амплитудно – частотной характеристики зрительной системы человека.

5 Графики АЧХ

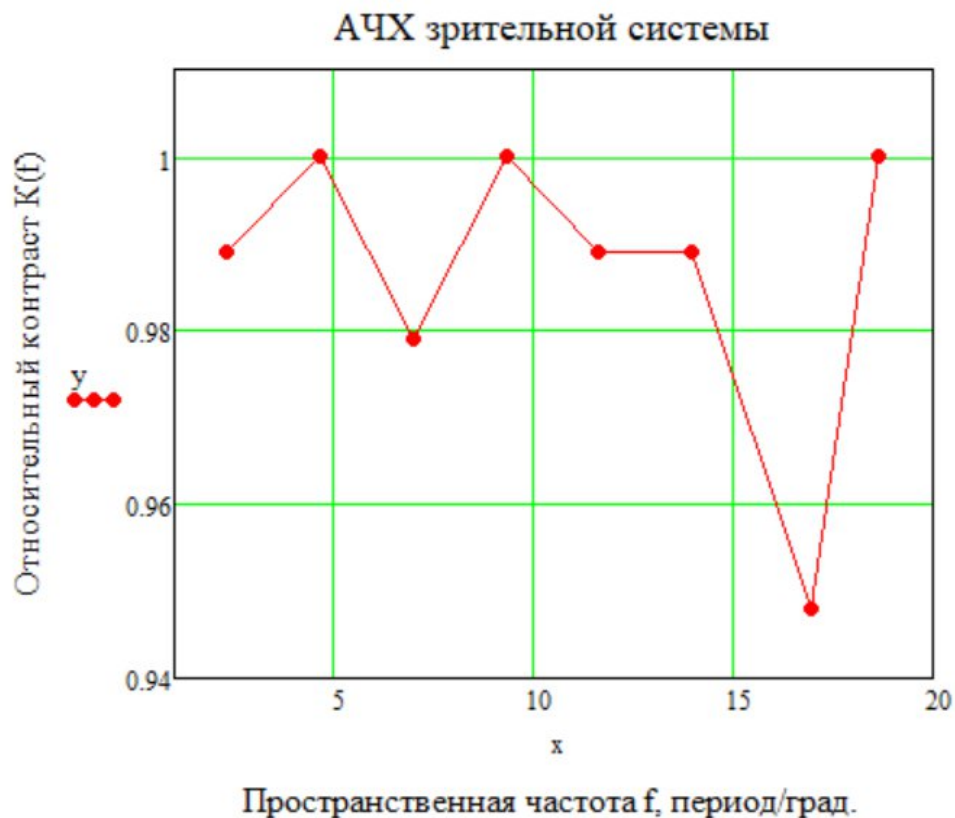


Рисунок 1 – График зависимости $K(f)$ от f при $K_{\Sigma}=1.1$ и $w=0,01$

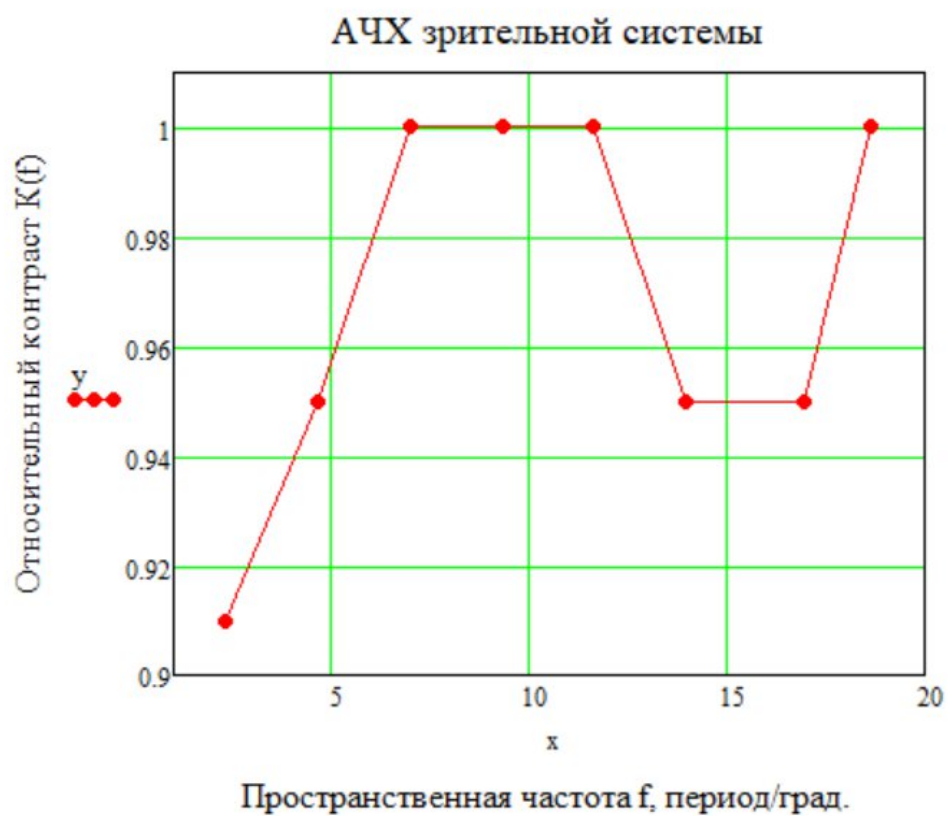


Рисунок 2 – График зависимости $K(f)$ от f при $K_0=1.1$ и $w=0,05$

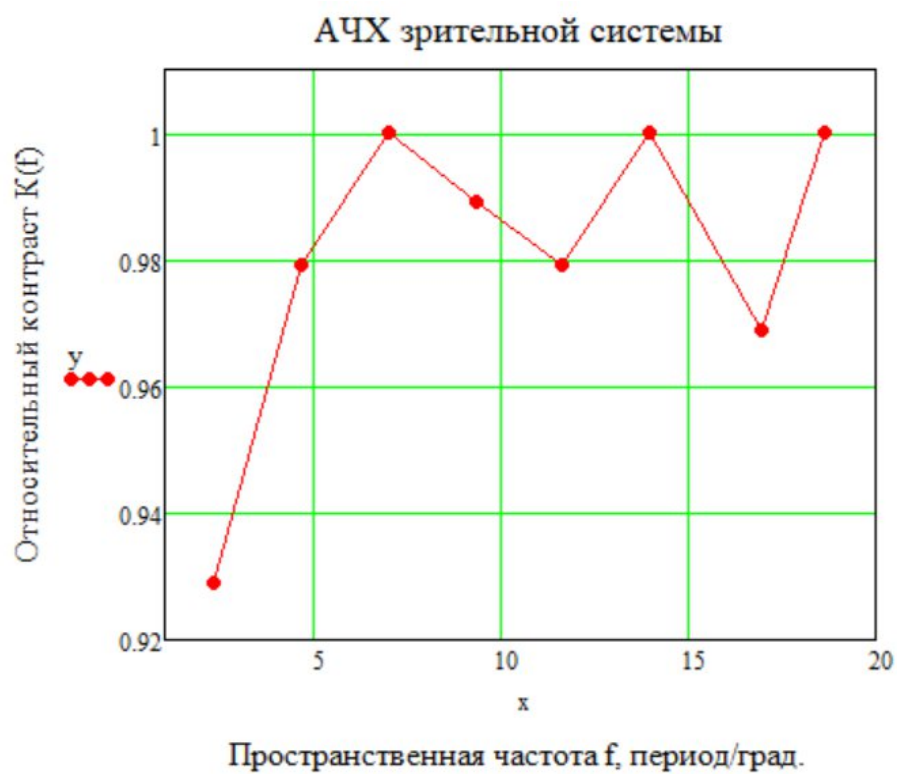


Рисунок 3 – График зависимости $K(f)$ от f при $K_0=1.05$ и $w=0,01$

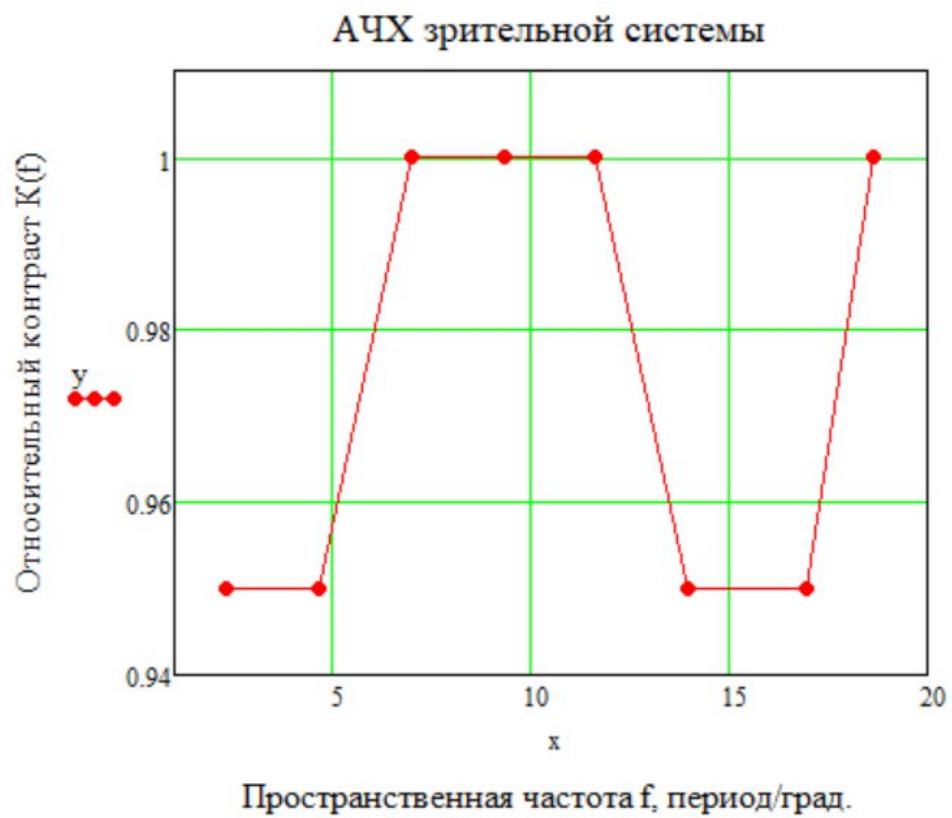


Рисунок 4 – График зависимости $K(f)$ от f при $K_0=1.05$ и $w=0.05$

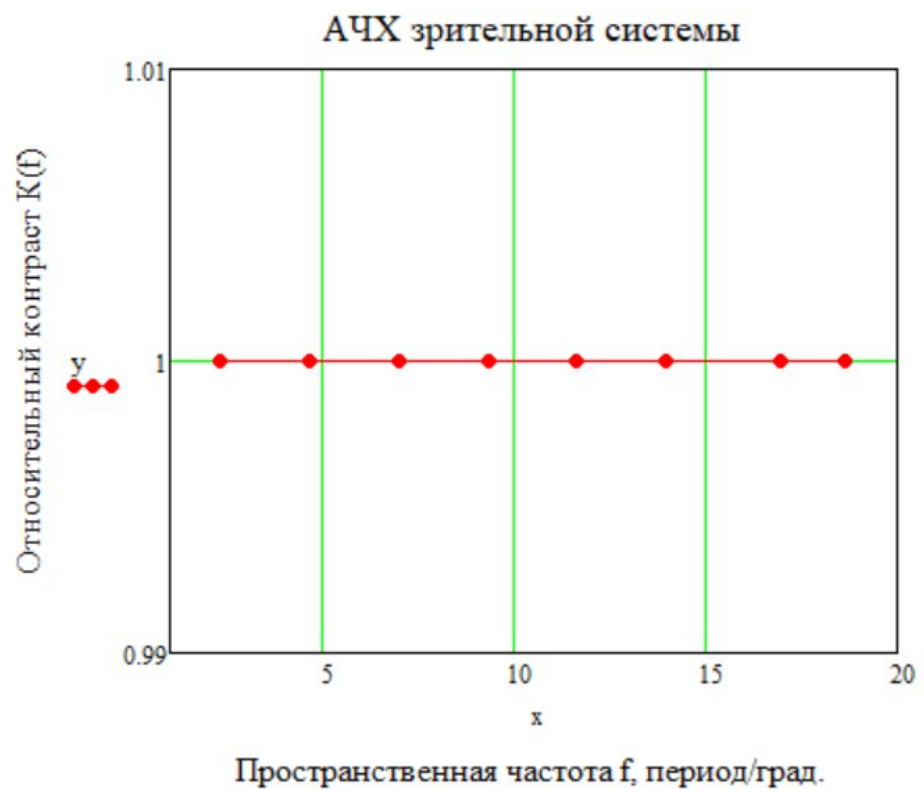


Рисунок 5 – График зависимости $K(f)$ от f при $K_0=1.5$ и $w=0.01$

6 Вывод

В ходе лабораторной работы была исследована амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) зрительной системы человека методом сравнения контраста синусоидальных тестовых решёток с эталонной. Эксперимент проводился при различных значениях эталонного контраста ($K_э = 1.05; 1.1; 1.5$) и ширины модуляции яркости ($w = 0.01; 0.05$). Полученные данные пересчитывались в зависимости от пространственной частоты (f) (в период/градус) и нормировались на максимальное значение контраста для построения АЧХ ($K(f)$).

Анализ результатов показал, что чувствительность зрительной системы максимальна в диапазоне средних пространственных частот ($f \approx 7\text{--}19$ период/град), где относительный контраст близок к 1. На низких частотах ($f \approx 2.33$) наблюдается снижение контраста — проявление эффекта Маха, связанного с латеральным торможением в сетчатке. На высоких частотах чувствительность также падает из-за ограничений оптической системы глаза и дискретной структуры фоторецепторов.

При увеличении амплитуды модуляции яркости ($w = 0.05$) улучшается различение средних и высоких частот, однако снижается восприятие самых низких. При высоком эталонном контрасте ($K_э = 1.5$) АЧХ «выравнивается» до ($K(f) = 1$) на всех частотах — система работает в режиме насыщения, и частотная избирательность не проявляется.

Таким образом, эксперимент подтвердил характерную форму АЧХ зрительной системы: максимум чувствительности в среднем диапазоне частот и спад на границах. Полученные результаты согласуются с теоретическими представлениями и демонстрируют важность учёта пространственной частотной чувствительности при проектировании систем отображения информации.