

Г.Н. Грязин

**Основы и системы
прикладного телевидения**

Сборник домашних заданий



Санкт-Петербург
2008

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ**



ПОБЕДИТЕЛЬ КОНКУРСА ИННОВАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ВУЗОВ

Г.Н. Грязин

**«Основы и системы
прикладного телевидения»**

Сборник домашних заданий



Санкт-Петербург

2008

УДК 621.397

Г.Н. Грязин. «Основы и системы прикладного телевидения»: Сборник домашних заданий. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 64 стр.

Сборник содержит задачи и домашние задания по курсам «Основы прикладного телевидения» и «Телевизионные системы наблюдения». Материалы сборника могут быть также использованы при выполнении студентами курсовых и дипломных проектов.

Для студентов кафедры оптико-электронных приборов и систем.

Одобрено к изданию учебно-методической комиссией факультета оптико-информационных систем и технологий 13 ноября 2007 г. (протокол № 3).

Утверждено к изданию Советом факультета оптико-информационных систем и технологий 9 октября 2007 г. (протокол № 2).



В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

© Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики, 2007

© Г.Н. Грязин, 2007

Содержание

Предисловие.....	4
1.Задания по расчёту параметров телевизионной системы.....	5
Тематические задания по курсу «Основы прикладного телевидения».....	6
2.Задания по расчёту режима функционирования телевизионной системы.....	15
Тематические задания по курсу «Системы прикладного телевидения» («Телевизионные системы наблюдения»).....	17
Список литературы.....	24
Приложение. Примеры выполнения домашних заданий.....	25
Домашнее задание по дисциплине «Основы прикладного телевидения».....	26
Домашнее задание по дисциплине «Системы прикладного телевидения» (пример 1).....	29
Домашнее задание по дисциплине «Основы прикладного телевидения» (пример 2).....	44
Кафедра оптико-электронных приборов и систем (ОЭПиС) СПбГУИТМО».....	58

Предисловие

Настоящее издание является приложением к учебному пособию автора «Системы прикладного телевидения» [1] и ставит своей задачей приобщить студентов к расчету основных параметров и характеристик телевизионных систем и затем на этой основе к методам расчета режима функционирования системы в целом. В соответствии с поставленной задачей сборник состоит из двух разделов.

Первый раздел относится к курсу «Основы прикладного телевидения», излагаемому студентам, обучающимся по учебным планам и программам для дипломированных специалистов и бакалавров. Этот раздел состоит из девяти заданий, каждое из которых включает в себя три задачи, в основном составленных на основании первых глав указанного учебного пособия. В каждом задании предусмотрено шесть вариантов задач, отличающихся цифровыми исходными данными.

Второй раздел сборника включает в себя домашние задания, выполняемые студентами в рамках изучения курса «Системы прикладного телевидения» («Телевизионные системы наблюдения») согласно учебному плану для дипломированных специалистов и магистров. Домашнее задание выполняется на основе материалов заключительной главы учебного пособия [1]. В сборник включены шесть тематических заданий, состоящих из шести цифровых вариантов каждое.

Для студентов, выполняющих курсовые и дипломные проекты, связанные с телевизионной техникой, материалы второй части сборника служат основой для проведения энергетических расчетов системы.

1.Задания по расчету параметров телевизионной системы

Расчеты, направленные на решение задач, входящих в первый раздел настоящего сборника, в основном отвечают содержанию первых трех глав учебного пособия [1]. При этом точность расчетов должна быть обоснованной. В пояснительной записке не допускается сокращений слов (кроме общепринятых). Все буквенные обозначения подлежат обязательной расшифровке в тексте, а изложение материала должно быть лаконичным и технически грамотным.

В приложении приведен образец домашнего задания. Автор благодарен выпускникам кафедры А.Н. Бычкову и И.Д. Терещенкову за помощь в издании сборника.

Тематические задания по курсу «Основы прикладного телевидения»

Задание 1

1. Вывести формулу и определить размеры сторон экрана кинескопа с диагональю D и соотношением сторон b/h . Найти оптимальное расстояние наблюдения изображения H .

2. Определить частоты строчной f_C и кадровой f_K разверток в видеоконтрольном устройстве при чересстрочном разложении 1:2 с числом строк в кадре Z и частоте смены кадров F_K .

3. Определить необходимую освещенность заданной матрицы [1, с.267] для получения на ее выходе напряжения сигнала U_C . Разложение изображения – стандартное. Параметры матрицы: $\theta, C_{ВЫХ}, \varepsilon$ приведены в таблице. Для упрощения расчета можно принять:

$$(1 - \varepsilon)^n \approx 1 - n \cdot \varepsilon.$$

Данные для расчётов приведены в таблице 1.

Таблица 1

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	D , мм	230	310	400	430	510	610
	b/h	5/4	4/3	4/3	5/4	4/3	5/4
Задача 2	Z	819	625	525	425	625	1125
	F_K , Гц	25	25	25	25	30	30
Задача 3	ФЭП	ФПЗС4М	ФППЗР24	ФППЗР25	ФППЗР31	1200ЦМ7	1200ЦМ15
	U_C , мВ	20	100	50	40	60	50
	θ	0,3	0,2	0,25	0,2	0,3	0,3
	$C_{ВЫХ}$, пФ	0,1	0,2	0,1	0,15	0,15	0,2
	ε	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	$2 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$

Задание 2

1. Вывести формулу и определить минимальные размеры наблюдаемой на экране кинескопа детали объекта (угол зрения $1'$) при высоте экрана h и расстоянии наблюдения H .

2. Определить верхнюю границу частотного спектра видеосигнала f_B на выходе видикона для параметров разложения: Z , F_K , K_ϕ , $\alpha_K = 0,08$; $\alpha_C = 0,16$ (величины α_K и α_C одинаковы для всех вариантов).

3. Определить суммарное напряжение шумов на выходе заданной матрицы [1, с.267], создаваемое шумами переноса и фотонными шумами по заданным величинам E , θ , $C_{ВЫХ}$.

Данные для расчётов приведены в таблице 2.

Таблица 2

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	h , мм	300	350	250	400	350	250
	H	$4h$	$5h$	$5h$	$4h$	$5h$	$4h$
Задача 2	Z	625	525	425	625	819	1125
	F_K , Гц	25	25	25	25	30	30
	K_ϕ	4/3	5/4	4/3	4/3	5/4	4/3
Задача 3	ФЭП	ФПЗС4М	ФППЗР24	ФППЗР25	ФППЗР31	1200ЦМ7	1200ЦМ15
	E , лк	0,50	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00
	θ	0,45	0,35	0,30	0,50	0,35	0,30
	$C_{ВЫХ}$, ПФ	0,15	0,10	0,20	0,15	0,20	0,25

Задание 3

1. Вывести формулу и определить угол зрения, под которым виден растр на экране кинескопа шириной b при расстоянии наблюдения H .

2. Определить верхнюю границу частотного спектра видеосигнала f_B на выходе заданной матрицы [1, с.267] для параметров разложения: $F_K, \alpha_K = 0,08; \alpha_C = 0,16$ (величины α_K и α_C одинаковы для всех вариантов).

3. Определить необходимую освещенность фотокатода $E_{ВХ}$. сочлененного фотопреобразователя ЭОП-ПЗС с сочленением через объектив, если освещенность матрицы должна составлять E , а коэффициент преобразования ЭОП равен η . Параметры объектива: $\tau_0, D/f', V$ заданы в таблице 3.

Данные для расчётов приведены в таблице 3.

Таблица 3

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	b , мм	300	250	350	400	380	200
	H , мм	1100	800	1100	1200	1280	1000
Задача 2	ФЭП	ФПЗС4М	ФППЗР24	ФППЗР25	ФППЗР31	1200ЦМ7	1200ЦМ15
	F_K , Гц	25	30	25	30	25	30
Задача 3	E , лк	0,2	0,3	0,5	0,4	0,8	1,0
	η	10^4	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	10^5
	τ_0	0,95	0,92	0,90	0,85	0,87	0,95
	D/f'	0,5	0,66	0,5	0,66	0,83	1,0
	V	0,66	0,34	0,66	0,34	0,66	0,34

Задание 4

1. Определить тип и величину контраста крупноразмерного диффузно отражающего объекта с окружающим фоном, если: объект – автомашина черного цвета, фон – сухое шоссе.

При выборе коэффициентов отражения объекта и фона руководствоваться таблицей 11.1 учебного пособия [1].

2. Определить верхнюю границу частотного спектра видеосигнала на выходе видикона, работающего в режиме малокадрового разложения для параметров: Z, K_{ϕ}, T_K .

3. Определить суммарное напряжение шумов на выходе матрицы, создаваемых темновым током и входной цепью при заданных значениях $I_T, f_0, C_{ВЫХ}$.

Данные для расчётов приведены в таблице 4.

Таблица 4

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	объект	а/м красная	а/м светлая	человек	танк (зелёный)	здание кирпичное	здание светлое
	фон	мокрое шоссе	сухое шоссе	дорога грунтовая	дорога грунтовая	кустарник	лес
Задача 2	Z	819	625	525	425	625	1125
	K_{ϕ}	5/4	4/3	5/4	4/3	5/4	4/3
	$T_K, \text{с}$	5	8	15	5	10	20
Задача 3	$I_T, \text{нА}$	3	2	1,5	4	2	3
	$f_0, \text{МГц}$	6,5	7,0	5,0	8,0	7,5	7,0
	$C_{ВЫХ}, \text{пФ}$	0,2	0,15	0,1	0,2	0,15	0,2

Задание 5

1. Определить эффективный контраст $K_{\text{Э}}$ однократно появляющегося перед наблюдателем объекта с контрастом K на время τ .

2. Определить число градаций сигнала на входе АЦП n автоматической ТВ системы, если заданы пороговое отношение сигнал/шум $\psi_{\text{ПОР}}$, напряжение шума $\bar{U}_{\text{Ш}}$, динамический диапазон входных сигналов АЦП $U_{C\text{max}} - U_{C\text{min}}$.

3. Определить необходимую освещенность фотокатода $E_{\text{ВХ}}$ сочлененного фотопреобразователя ЭОП-ПЗС с сочленением через фокон, если освещенность матрицы равна E , а коэффициент преобразования ЭОП равен η . Параметры фокона: $\tau_{\text{С}}$ и $V_{\text{П}}$ приведены в таблице 5.

Данные для расчёта приведены в таблице 5

Таблица 5

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	K	0,60	0,70	0,75	0,80	0,85	0,65
	τ , с	0,06	0,07	0,04	0,08	0,10	0,15
Задача 2	$\psi_{\text{ПОР}}$	5,0	5,5	5,8	6,0	4,8	4,9
	$\bar{U}_{\text{Ш}}$, мВ	10	15	8	16	6	12
	$U_{C\text{max}} - U_{C\text{min}}$, В	1,8	1,9	1,5	1,4	1,2	1,7
Задача 3	E , лк	0,2	0,3	0,5	0,4	0,8	1,0
	η	10^4	10^4	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	10^5
	$\tau_{\text{С}}$	0,6	0,7	0,65	0,7	0,6	0,7
	$V_{\text{П}}$	0,7	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9

Задание 6

1. Определить пороговый контраст и контрастную чувствительность зрения оператора при вероятности обнаружения объекта $P_{Об}$ и минимальном угловом размере детали α . Функции, учитывающие остальные условия наблюдения считать равными единице.

2. Определить относительное уменьшение контраста изображения на экране кинескопа от посторонней засветки K'/K , если максимальная яркость изображения равна L_{max} , коэффициент отражения экрана равен ρ и освещенность, создаваемая засветкой, составляет E_3 .

3. Рассчитать экспозицию H , сообщаемую матрице сочлененного через фокон фотопреобразователя ЭОП-ПЗС, если время экспонирования составляет t_3 . Параметры люминофора: n_D , $P_{з.к.}$, M_m ; параметры фокона: τ_C и V_{II} приведены в таблице 6.

Данные для расчёта приведены в таблице 6.

Таблица 6

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	$P_{Об.}$	0,99	0,97	0,95	0,90	0,90	0,95
	α , угл. мин	2,0	4,0	3,0	3,0	2,5	1,0
Задача 2	L_{max} , кд/м ²	60	70	80	85	90	100
	ρ	0,7	0,8	0,6	0,8	0,7	0,7
	E_3 , лк	10	10	25	25	40	30
Задача 3	t_3 , мкс	10	20	50	5	30	80
	n_D	0,6	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5
	$P_{з.к.}$	100	110	120	100	105	100
	M_m , лм/м ²	10	15	10	20	15	5
	τ_C	0,6	0,7	0,65	0,7	0,6	0,7
	V_{II}	0,7	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9

Задание 7

1. Определить минимально необходимую разрешающую способность объектива N_p , предназначенного для совместной работы с матричным ПЗС заданного типа [1, с.267], если разрешающая способность ТВ датчика составляет m_p .

2. Рассчитать относительное ухудшение контраста изображения на входе ТВ датчика K_{BX}/K_0 за счет рассеивающих свойств атмосферы, воспользовавшись формулой (11.13) учебного пособия, при заданных значениях W , ρ , ε и l .

3. Определить необходимую освещенность фотокатода диссектора, обеспечивающую отношение сигнал/шум на его входе ψ при заданных условиях: $S_{\text{Э}}$, S_I и Δf .

Данные для расчёта приведены в таблице 7.

Таблица 7

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	ФЭП	ФПЗС4М	ФППЗР24	ФППЗР25	ФППЗР31	1200ЦМ7	1200ЦМ15
	m_p , ТВЛ	300	350	400	400	250	280
Задача 2	W	2,25	1,86	1,24	0,82	0,58	0,48
	ρ	0,2	0,15	0,13	0,30	0,40	0,35
	ε	0,25	0,30	0,40	0,50	0,20	0,15
	l , м	25	30	50	100	80	50
Задача 3	ψ	10	25	30	40	50	60
	Δf	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7
	S_I , мкА/лм	50	60	80	120	150	100
	Δf , МГц	4,0	4,5	4,8	5,2	5,5	6,0

Задание 8

1. Определить необходимое и достаточное число строк разложения изображения, необходимое для опознавания объекта, относительный минимальный размер которого равен h_0/h . Число требуемых элементов, приходящихся на вертикальный размер изображения равно P_Ω .

2. Рассчитать дальность действия ТВ системы при наблюдении в атмосфере (п. 10.1 учебного пособия) и при допустимом ухудшении контраста изображения на входе равном K_{BX}/K_0 . Параметры наблюдения ρ , w и ε приведены в таблице.

3. Определить суммарное напряжение шумов на входе матрицы заданного типа [1, с.267], создаваемое шумами переноса и встроенного усилителя при заданных величинах $R_{Ш}$, f_H , f_B , f' и $C_{ВЫХ}$.

Данные для расчётов приведены в таблице 8.

Таблица 8

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	h_0/h	0,05	0,02	0,08	0,06	0,1	0,15
	P_Ω , эл.	6,0	3,0	5,0	4,0	10,5	10,0
Задача 2	K_{BX}/K_0	0,7	0,8	0,9	0,8	0,6	0,7
	ρ	0,3	0,4	0,5	0,35	0,25	0,38
	w	2,5	1,9	1,7	0,9	0,5	0,7
	ε	0,25	0,30	0,40	0,50	0,20	0,15
Задача 3	ФЭП	ФПЗС4М	ФППЗР24	ФППЗР25	ФППЗР31	1200ЦМ7	1200ЦМ15
	$R_{Ш}$, кОм	2,0	2,5	2,8	3,0	2,6	2,7
	$f_H, Гц$	50	50	50	60	60	60
	$f_B, МГц$	5,5	4,5	6,0	6,5	6,2	5,0
	$f', МГц$	0,015	0,01	0,05	0,07	0,08	0,10
	$C_{ВЫХ}$, пФ	0,1	0,2	0,15	0,2	0,1	0,2

Задание 9

1. Определить число воспроизводимых градаций яркости n на экране кинескопа для максимального контраста изображения K и контрастной чувствительности глаза при максимальной яркости экрана ε . Расчет произвести как для широкого диапазона воспроизводимых яркостей, так и для узкого диапазона L_{\max} / L_{\min} .

2. Рассчитать освещенность объекта наблюдения с коэффициентом отражения ρ_0 , находящегося в атмосфере с коэффициентом пропускания τ (формула 11.10 учебного пособия). Освещенность фотопреобразователя E_ϕ , угол зрения объектива $2\theta_0$. Расчет производится для края угла зрения. Параметры объектива выбрать самостоятельно таким образом, чтобы требуемая освещенность объекта не превышала $E_{\text{доп}}$.

3. Определить разрешающую способность в оптических линиях N_p кинескопа с диагональю экрана D и соотношением (для всех вариантов) $b/h=4/3$, если его разрешающая способность, выраженная в телевизионных линиях, равна m_p .

Данные для расчётов приведены в таблице 9.

Таблица 9

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
Задача 1	K	0,90	0,80	0,85	0,90	0,95	0,80
	ε	40	50	35	40	50	40
	L_{\max} / L_{\min}	1,5	1,6	1,7	1,2	1,5	1,4
Задача 2	ρ_0	0,40	0,30	0,25	0,50	0,60	0,40
	τ	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,7
	E_ϕ , лк	0,15	0,20	0,10	0,25	0,18	0,20
	$2\theta_0$, град	30	45	50	60	55	45
	$E_{\text{доп}}$, лк	15	30	20	50	40	40
Задача 3	D , см	23	31	40	43	50	61
	m_p , ТВЛ	600	600	1000	625	600	1000

2. Задания по расчёту режима функционирования телевизионной системы

Методы расчёта режима функционирования визуальных и автоматических телевизионных систем базируются на материалах заключительной главы и приложений учебного пособия [1]. Исходными данными для расчётов служат условия наблюдения изображения на экране кинескопа (для визуальных систем) или параметры порогового устройства аналого-цифрового преобразователя (для автоматических систем).

Каждый расчёт состоит из двух основных частей. Вначале определяются световая (энергетическая) и контрастная чувствительности системы, приведённые ко входу фотопреобразователя, в качестве которого используется матричный ПЗС, либо сочленённый ФЭП на основе ЭОП-ПЗС (тема №6). Затем на основании полученных данных производится энергетический расчёт, по результатам которого предъявляются требования к освещённости и контрасту наблюдаемого объекта или, в случае активного режима работы системы, требований к источникам освещения.

При выполнении первой части домашнего задания (темы 3 – 6) в дополнение к учебному пособию рекомендуется руководствоваться следующими соображениями. Необходимую продольную разрешающую способность системы рекомендуется найти по формуле:

$$m_p = \frac{a}{K_\phi \cdot \Delta l} \cdot P_\phi,$$

где a – горизонтальный размер поля зрения объектива в плоскости объекта; K_ϕ – коэффициент формы раstra, $K_\phi = 4/3$; P_ϕ – коэффициент, учитывающий количество телевизионных линий, приходящихся на горизонтальный размер детали $P_\phi \geq (1,5...2,0)$.

Разрешающая способность m_p не должна превышать своего предельного значения m_p^{lp} , определяемого пересечением уровня отсчёта Δ с ЧКХ системы при отношении сигнала к шуму ψ_{\max} [1, с.25]. В свою очередь следует иметь в виду, что ЧКХ системы ограничивается точкой, соответствующей $m = m_\phi$, где m_ϕ – число элементов матрицы в строке, приведённое к высоте раstra. Эту точку условно можно принять за границу полосы пропускания видеотракта, идеализированная ЧКХ которого показана на рис. 11.2 [1, с.229]. Дополнительно отметим, что при расчёте ЧКХ матрицы освещённой источником, близким по спектру к источнику типа «А», следует коэффициент поглощения излучения в подложке принимать равным $\alpha = 0,15$ [2], при освещении естественным солнечным светом – $\alpha = 0,3$, а при освещении импульсными лампами –

$\alpha = 0,2$. Частотные искажения, вносимые объективом, при выполнении можно не учитывать.

Параметры матричных ПЗС приведены в [1, с.267 – 268], параметры ФЭП Р86151 приведены в [1, с.82].

При энергетическом расчёте системы следует учитывать, что табличное значение вольтовой чувствительности фотопреобразователя приводится всегда по отношению к источнику типа «А» и, следовательно, для рабочего источника освещения необходимо произвести пересчёт чувствительности.

Ниже приводятся темы домашних заданий с цифровыми вариантами, заключёнными в таблицы.

Приложение содержит образцы выполнения домашних заданий.

Тематические задания по курсу «Системы
прикладного телевидения»
(«Телевизионные системы наблюдения»)

Перечень обозначений, принятых в таблицах:

Параметры обнаружения объекта

- $P_{Об}$ – вероятность обнаружения объекта
- $P_{Л.Т}$ – вероятность ложных тревог
- $P_{П.О}$ – вероятность правильного обнаружения

Параметры объекта

- h – расстояние от камеры до объекта
- $g_{Об.}$ – скорость движения объекта
- l_0 – ширина дорожного покрытия
- ρ – коэффициент отражения объекта или фона
- S – площадь наблюдения
- Δl – размер минимальной детали объекта
- $l_{Об.}$ – размер объекта
- b – расстояние между источником освещения и камерой

Параметры изображения

- $L_{Ф.В.}$ – видимая яркость фона
- L_A – яркость адаптации зрения оператора
- K_ϕ – формат раstra
- β_ε – вертикальный угол зрения экрана кинескопа
- α – минимальный горизонтальный угловой размер детали изображения

Параметры кинескопа и объектива камеры

- β, γ – параметры модуляционной характеристики кинескопа
- $\Omega/2\pi$ – приведённая частота апертуры кинескопа
- D/f' – относительное отверстие объектива
- $2\theta_0$ – угол зрения объектива

Параметры видеотракта и АЦП

- K_0 – коэффициент усиления
- f_B – верхняя граничная частота, частота полосы пропускания
- ψ_{\max} – максимальное отношение сигнал/шум на входе АЦП
- m' – число разрядов АЦП
- U_Δ – динамический диапазон входных сигналов АЦП

Параметры лазера

- $\Phi_{e\max}$ – мощность излучения в максимуме импульса
- t_ε – длительность импульса (время экспонирования ФЭП)

Тема 1

Расчёт режима функционирования телевизионной системы скрытого наблюдения

Назначение системы: скрытое визуальное наблюдение в помещениях офисов, банков и других охраняемых объектов. Освещение – естественное в дневное время суток, с помощью ИК-подсветки – в ночное время суток.

Цель расчёта:

1. Определение необходимой энергетической (световой) и контрастной чувствительностей системы при естественном освещении и при ИК-подсветке.

2. Определение требуемой минимальной освещённости помещения в дневное время и облучённости объекта ИК-подсветкой.

3. Определение требуемого минимального контраста объекта с окружающим фоном.

Данные для расчётов приведены в таблице 10.

Таблица 10

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
$P_{об.}$		0,95	0,97	0,96	0,95	0,94	0,96
α/β_{Σ}		5'/20°	10'/20°	5'/30°	5'/25°	12'/20°	4'/30°
$L_A, \text{кд}/\text{м}^2$		30	30	20	50	20	25
$L_{\phi.B.}, \text{кд}/\text{м}^2$		50	35	40	20	20	15
K_0		$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	10^3
$f_B, \text{МГц}$		3,0	6,0	4,5	5,0	4,5	4,0
ФЭП		ФППЗР25	ФПЗС4М	ФППЗР24	1200ЦМ15	ФППЗР31	1200ЦМ15
$h, \text{м}$		10	8	9	10	8	11
КИНСКОП	β	0,4	0,5	0,38	0,35	0,35	0,4
	γ	1,9	1,8	1,85	2,0	1,85	1,75
	$\Omega/2\pi, \text{МГц}$	8,4	8,2	9,5	9,5	8,0	7,5
ОБЪЕКТИВ	D/f'	0,5	0,66	0,36	0,5	0,66	0,36
	$2\theta_0^\circ$	20	30	35	30	35	30

Тема 2

Расчёт режима функционирования телевизионной системы наблюдения за движущимся автотранспортом

Назначение системы: визуальное наблюдение за движущимся автотранспортом. Освещение – естественное в дневное время суток и с подсветкой – в ночное время суток.

Цель расчёта:

1. Определение световой и контрастной чувствительностей системы, а также зоны смещения объекта и времени экспонирования ФЭП.
2. Определение требуемой минимальной освещённости объекта в дневное время и мощности источников подсветки для ночного наблюдения.
3. Определение требуемого минимального контраста объектов с окружающим фоном.

Данные для расчётов приведены в таблице 11

Таблица 11

		Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
$P_{Об.}$		0,98	0,96	0,97	0,98	0,96	0,95
α/β_{Σ}		15'/35°	10'/20°	5'/30°	5'/25°	7'/35°	5'/30°
$L_A, \text{кд}/\text{м}^2$		40	50	40	50	45	60
$L_{Ф,В.}, \text{кд}/\text{м}^2$		35	40	45	35	35	80
K_0		$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	10^3	$2 \cdot 10^3$
$f_B, \text{МГц}$		3,0	6,0	4,5	5,0	3,0	5,0
ФЭП		ФППЗР24	ФПЗС4М	ФПЗС4М	1200ЦМ15	1200ЦМ15	ФППЗР24
КИНЕСКОП	β	0,5	0,4	0,3	0,35	0,4	0,5
	γ	1,8	1,9	2,0	2,5	1,8	1,9
	$\Omega/2\pi,$ МГц	9,5	8,2	8,0	9,5	9,0	9,0
$h, \text{м}$		20	12	20	15	12	10
$\vartheta_{Об.}, \text{км/ч}$		60	70	80	60	70	100
$l_0, \text{м}$		10	8	6	12	11	10

Тема 3

Расчёт режима функционирования телевизионного датчика для системы обнаружения нефтяных загрязнений водной поверхности с самолёта

Назначение датчика: формирование полного телевизионного сигнала в цифровой форме. Освещение – естественное, время и место работы: май – октябрь на широте Балтийского моря, условия видимости близкие к нормальным.

Цель расчёта:

1. Определение световой и контрастной чувствительностей системы и числа кодируемых градаций сигнала.

2. Определение рабочего времени суток и минимально необходимого контраста нефтяной плёнки относительно водной поверхности при трёх значениях коэффициента погоды. Результаты расчётов представить в виде таблицы.

3. Определение смещения изображения за время $T_K = 20(мс)$ и допустимости заданной высоты и скорости полёта носителя.

Данные для расчётов приведены в таблице 12.

Таблица 12

	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
$P_{Л.Г.}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}	$6 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}	$2 \cdot 10^{-5}$
$P_{П.О.}$	0,97	0,93	0,95	0,95	0,96	0,95
$\Delta L, м$	2,0	2,5	3,0	4,0	4,0	2,5
ФЭП	ФПЗС4М	ФПЗС4М	ФППЗР24	1200ЦМ15	1200ЦМ15	ФППЗР24
ψ_{max}	40	50	60	60	50	50
m'	4	6	4	6	6	7
$U_{д}, В$	0 – 1,2	0 – 2	0 – 1,5	0 – 3	0 – 1,5	0 – 3
$f_B, МГц$	2,5	3,0	5,5	5,5	4,0	5,5
Коэф-т отражения нефтяной плёнки, ρ	0,04	0,03	0,05	0,07	0,05	0,04
$h, м$	1000	800	900	1000	1200	600
$S, км^2$	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9
$\mathcal{G}_{об}, км/ч$	300	250	400	300	250	280

Тема 4

Расчёт режима функционирования телевизионного датчика для управления роботом-манипулятором

Назначение датчика: формирование полного телевизионного сигнала в цифровой форме. Освещение – искусственное в условиях цеха.

Цель расчёта:

1. Определение разрешающей способности, световой и контрастной чувствительностей системы и числа кодируемых градаций сигнала.

2. Определение требуемой минимальной освещённости контролируемого объекта, выбор объектива и мощности источников подсветки.

3. Определение требуемого минимального контраста объекта с окружающим фоном.

Данные для расчётов приведены в таблице 13

Таблица 13

	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
$P_{Л.Г.}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}	$6 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}	$2 \cdot 10^{-4}$
$P_{П.О.}$	0,98	0,97	0,95	0,98	0,93	0,98
$\Delta l, мм$	5,0	3,0	3,0	4,5	4,0	3,0
Тип конт-раста	прямой	обратный	прямой	обратный	обратный	прямой
ФЭП	ФПЗС4М	1200ЦМ15	ФППЗР24	ФПЗС4М	ФППЗР24	ФПЗС4М
m'	6	7	7	7	6	7
$U_{Д}, В$	0 – 2,0	0 – 2,5	0 – 2,5	0 – 3,0	0 – 2,0	0 – 2,5
$f_{В}, МГц$	3,0	6,0	4,5	5,5	4,0	4,0
$h, м$	1,2	1,5	1,0	0,9	1,1	1,0
$S, м^2$	1,0	0,7	0,8	1,0	0,8	0,6
ρ	0,8	0,7	0,6	0,6	0,8	0,9
ψ_{max}	40	30	35	50	30	45

Тема 5

Расчёт режима функционирования телевизионного датчика для оптико-телевизионного стробоскопа

Назначение датчика: формирование полного телевизионного сигнала в цифровой форме. Освещение объекта с помощью импульсных ламп. Объект наблюдения вращается в воздушной среде.

Цели расчёта:

1. Определение разрешающей способности, световой и контрастной чувствительностей системы и числа кодируемых градаций сигнала.
2. Определение требуемой минимальной экспозиции, выбор типа и мощности импульсной лампы.
3. Определение требуемого минимального контраста объекта с окружающим фоном.

Данные для расчётов приведены в таблице 14.

Таблица 14

вариант	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
$P_{Л.Т.}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}	$5 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-5}$
$P_{П.О.}$	0,95	0,96	0,97	0,98	0,95	0,94
$\Delta l, мм$	4	2	5	5	2	3
контраст	прямой	обратный	обратный	прямой	обратный	прямой
ФЭП	ФПЗС4М	ФПЗС4М	1200ЦМ15	ФППЗР24	ФППЗР24	ФППЗР24
m'	4	6	7	6	7	6
$U_{Д.}, В$	0 – 2	0 – 3	0 – 3	0 – 2,5	0 – 1,5	0 – 2
$f_{В.}, МГц$	3,0	3,0	5,0	5,5	6,0	5,0
$h, м$	2,5	2,0	3,5	2,0	6,0	4,0
$S, м^2$	$2,0 \times 1,5$	$2,5 \times 1,8$	$3,0 \times 2,2$	$4,0 \times 3,0$	$3,5 \times 2,6$	$1,5 \times 2,0$
$n, об/мин$	1000	3000	1200	1000	2500	2800
$l_{Об.}, мм$	500	200	300	300	200	250
ψ_{max}	40	35	45	40	30	30
$\rho,$ в белом	0,8	0,7	0,5	0,6	0,7	0,8

Тема 6

Расчёт режима функционирования телевизионной системы наблюдения за гидротехническими сооружениями

Назначение системы: автоматический контроль состояния причальных стенок, плотин, доков и других сооружений с помощью спускаемых аппаратов или водолазов. Освещение с помощью светильников непрерывного действия или импульсных лазеров (при использовании метода пространственного стробирования).

Цели расчёта:

1. Определение необходимой световой и контрастной чувствительностей системы.
2. Определение требуемой мощности источников непрерывного освещения или уточнение дальности действия системы с пространственным стробированием.
3. Определение требуемого минимального контраста объектов наблюдения с окружающим фоном.

Данные для расчётов приведены в таблице 15.

Таблица 15

	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6
$P_{Л.Т.}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}	$6 \cdot 10^{-4}$	10^{-5}	$8 \cdot 10^{-5}$
$P_{П.О.}$	0,98	0,97	0,95	0,95	0,93	0,94
ФЭП	ФПЗС4М	ФППЗР24	ФППЗР25	Р86151	Р86151	Р86151
ψ_{\max}	40	35	40	45	35	30
m'	4	5	6	7	5	6
$U_{Д, В}$	0 – 2,5	0 – 2	0 – 3	0 – 2,5	0 – 3	0 – 2
$f_{В, МГц}$	5,0	4,5	5,0	3,5	4,0	4,5
Нагрузочное сопротивление, кОм	-	-	-	10,0	5,0	5,0
$h_{\max}, М$	4	3	5	20	16	18
$b, М$	1,5	1,2	1,5	2,0	1,5	1,5
$\Delta l, м$	0,05	0,08	0,05	0,13	0,12	0,12
$\frac{\Phi_{e\max}}{t_{\Sigma}}$, $\frac{МВт}{нс}$	-	-	-	$\frac{2,0}{15}$	$\frac{1,6}{15}$	$\frac{2,5}{20}$
$\frac{2\theta_0}{D/f'}$	$\frac{30}{0,3}$	$\frac{45}{0,4}$	$\frac{40}{0,25}$	$\frac{30}{0,3}$	$\frac{35}{0,2}$	$\frac{40}{0,18}$
Водный бассейн	бухта	бухта	бухта	прибреж. участок	прибреж. участок	прибреж. участок

Список литературы

1. *Грязин Г.Н.* Системы прикладного телевидения: Учебное пособие для вузов. – СПб: Политехника, 2000, 277с.

2. *Грязин Г.Н.* К расчёту частотных характеристик приборов с зарядовой связью. – Изв. вузов. «Приборостроение», 2001, т.44, №3, с.22.

ПРИЛОЖЕНИЕ
ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра оптико-электронных приборов и систем

**Домашнее задание по дисциплине
«Основы прикладного телевидения»**

Вариант 5/0

Студент:
Группа:
Преподаватель:

Санкт-Петербург
2007

Задача 1

Определить эффективный контраст $K_{\text{Э}}$ однократно появляющегося перед наблюдателем объекта с контрастом $K = 0,5$ на время $\tau = 0,1(\text{с})$.

Решение

Эффективное значение контраста определяется по формуле

$$K_{\text{Э}} = K \cdot (1 - e^{-\tau/\theta}),$$

где K – контраст объекта; τ – время, за которое однократно появляется объект; θ – время инерции зрения.

Экспериментально доказано, что время инерции зрения в широком интервале яркостей (примерно от 10 до 10^3 кд/м²) равно $0,05$ с.

Подставив данные значения в формулу, получим

$$K_{\text{Э}} = 0,5 \cdot (1 - e^{-0,1/0,05}) = 0,43.$$

Таким образом, при однократных раздражениях эффективный контраст, т.е. контраст, воспринимаемый наблюдателем, будет всегда меньше действительного контраста.

Ответ: эффективный контраст, однократно появляющегося перед наблюдателем объекта, равен $K_{\text{Э}} = 0,43$.

Задача 2

Определить число градаций сигнала на входе АЦП автоматической ТВ системы, если пороговое отношение сигнал/шум $\psi_{\text{ПОР}} = 5,7$; напряжение шума $\overline{U}_{\text{Ш}} = 5,5$ (мВ); динамический диапазон входных сигналов АЦП $U_{C\text{max}} - U_{C\text{min}} = 2(\text{В})$.

Решение

Для автоматических систем аналогом воспроизводимой градации яркости является градация сигнала ΔU_c , которая может быть с требуемой вероятностью зафиксирована пороговым устройством АЦП. Связь ΔU_c с пороговым отклонением сигнала к шуму устанавливается формулой

$$\psi_{\text{ПОР}} = \frac{\Delta U_c}{\sqrt{\overline{U}_{\text{Ш}}^2}},$$

откуда

$$\Delta U_c = \psi_{\text{ПОР}} \cdot \sqrt{\overline{U}_{\text{Ш}}^2}, \quad (1)$$

где $\overline{U}_{\text{Ш}}$ – напряжение шумов на входе порогового устройства.

Для автоматических систем $U_{C\text{max}} = U_{C\text{min}} + n \cdot \Delta U_c$, откуда с учетом формулы (1)

$$n = \frac{U_{C\text{max}} - U_{C\text{min}}}{\psi_{\text{ПОР}} \cdot \sqrt{\overline{U}_{\text{Ш}}^2}}, \quad (2)$$

где $U_{C_{\max}} - U_{C_{\min}}$ – динамический диапазон входных сигналов АЦП; n – число градаций сигнала.

Подставив заданные значения в формулу (2), получим

$$n = \frac{2}{5,7 \cdot 5,5 \cdot 10^{-3}} = 64.$$

Ответ: число градаций сигнала равно $n=64$.

Задача 3

Определить необходимую освещенность фотокатода E_{BX} сочлененного фотопреобразователя ЭОП-ПЗС с сочленением через фокон, если освещенность матрицы должна составлять $E=0,1$ (лк), а коэффициент преобразования ЭОП $\eta = 10^3$. Параметры фокона: $\tau_C = 0,6$; $V_{\Pi} = 0,6$.

Решение

В случае использования фокона возможен дополнительный выигрыш в освещенности внутреннего фотослоя, площадь которого меньше рабочей площади излучения люминофора. В общем случае освещенность фотослоя, имеющего прямоугольную конфигурацию равна

$$E = \frac{M \cdot \tau_C}{V_{\Pi}^2} \quad (1)$$

откуда

$$M = \frac{E \cdot V_{\Pi}^2}{\tau_C} \quad (2)$$

где V_{Π} – отношение одной из сторон рабочей площадки люминофора; τ_C – интегральный коэффициент, учитывающий потери света в стекловолоконном соединении (коэффициент светопропускания); M – светимость экрана.

Светимость экрана связана с освещенностью фотокатода ЭОП E_{BX} и его коэффициентом преобразования η (при масштабе переноса изображения в ЭОП 1:1) соотношением

$$M = E_{BX} \cdot \eta \quad (3)$$

откуда с учетом формулы (2)

$$E_{BX} = \frac{E \cdot V_{\Pi}^2}{\tau_C \cdot \eta} \quad (4)$$

Подставив заданные значения в формулу (4) получим

$$E_{BX} = \frac{0,1 \cdot 0,6^2}{0,6 \cdot 10^3} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ (лк)}$$

Ответ: необходимая освещенность фотокатод равна $E_{BX} = 6 \cdot 10^{-5}$ (лк)

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра оптико-электронных приборов и систем

**Домашнее задание по дисциплине
«Системы прикладного телевидения»**

Вариант 2/0

Студент:
Группа:
Преподаватель:

Санкт-Петербург
2007

Содержание

1. Исходные данные для выполнения задания.....	31
2. Задачи расчёта параметров телевизионной системы наблюдения за движущимся автотранспортом.....	32
3. Определение зоны смещения объекта и времени экспонирования фотопреобразователя.....	32
4. Расчёт порогового контраста изображения объекта.....	33
5. Определение сигналов на выходе матрицы.....	35
6. Расчёт контрастной и световой чувствительностей системы.....	38
7. Определение требуемой освещённости объекта в дневное время....	40
8. Определение мощности источников подсветки для ночного наблюдения.....	40
9. Определение контраста объекта с окружающим фоном на входе передающей камеры.....	42
Результаты работы.....	43
Список литературы.....	43

1. Исходные данные для выполнения задания

Назначение системы – визуальное наблюдение за движущимся автотранспортом.

Освещение – естественное в дневное время суток; с подсветкой – в ночное время суток.

Цель расчёта:

1. Определение световой и контрастной чувствительности системы.
2. Определение требуемой минимальной освещённости объекта в дневное время.
3. Определение мощности источников подсветки для ночного наблюдения.
4. Определение требуемого минимального контраста объектов с окружающим фоном.

Исходные данные для расчёта:

1. Вероятность обнаружения изображения объекта на экране кинескопа $P_{об} = 0,95$
2. Минимальный угловой размер изображения детали объекта $\alpha = 5'$
3. Угол зрения вертикального размера растра $\beta_{\text{э}} = 25^\circ$
4. Яркость адаптации глаза оператора $L_A = 40(\text{кд}/\text{м}^2)$
5. Видимая яркость фона в изображении на экране $L_{\text{ф.в.}} = 35(\text{кд}/\text{м}^2)$
6. Коэффициент усиления видеотракта $K_0 = 2 \cdot 10^3$.
7. Верхняя граница спектра видеосигнала $f_B = 3,0(\text{МГц})$.
8. Тип ФЭП – матричный ПЗС типа 1200ЦМ15.
9. Параметры модуляционной и частотной характеристики кинескопа: $\beta = 0,5$, $\gamma = 1,8$, $\Omega/2 \cdot \pi = 8,5(\text{МГц})$.
10. Дальность $h = 15 \text{ м}$.
11. Скорость движения объекта $\mathcal{G}_{об.} = 60(\text{км}/\text{ч})$.
12. Ширина дороги $l_d = 10(\text{м})$.

Параметры матричного ПЗС типа 1200ЦМ15 [1]: число фоточувствительных элементов (по вертикали и горизонтали), шт. 288/442; размер секции накопления (по вертикали и горизонтали) $4,9 \times 6,2 \text{ мм}$; вольтовая чувствительность не менее 30 мВ/лк ; максимальная освещённость при времени кадра 20 мс не менее 2 лк .

2. Задачи расчёта параметров телевизионной системы наблюдения за движущимся автотранспортом

Одной из основных целей расчёта является определение требований к контрастной и энергетической чувствительности системы. Для её выполнения требуется определение минимально необходимых значений сигнала от объекта и фона на выходе фотопреобразователя, при которых обеспечивается обнаружение изображения объекта на экране кинескопа с заданной вероятностью. В свою очередь, чтобы найти значения сигналов на выходе фотопреобразователя понадобится предварительно рассчитать пороговый контраст изображения объекта, а также, учитывая характер решаемых системой задач, определить время экспонирования фотопреобразователя и зону смещения объекта.

Далее по уже полученным данным рассчитывается необходимая освещённость объекта в дневное время, а также определяется мощность источников подсветки для ночного наблюдения.

Завершающим этапом работы является определение контраста объекта с окружающим фоном на входе передающей камеры.

3. Определение зоны смещения объекта и времени экспонирования фотопреобразователя

При наблюдении за быстродвижущимися объектами смещение входного оптического изображения (скоростное смазывание) во время его передачи приводит вследствие накопительных свойств фотопреобразователя к ухудшению качества воспроизводимого системой изображения.

Наиболее универсальным способом уменьшения скоростного смазывания является сокращение времени экспонирования фотопреобразователя при сохранении неизменной длительности кадра.

При линейном накоплении время экспонирования определяется как:

$$t_{\text{Э}} = \frac{h \cdot \Delta x_H}{0,8 \cdot Z_A \cdot \mathcal{G}_{\text{Об.}}} \sqrt{\frac{1}{\lambda_0^2} - 1} = \frac{10 \cdot 1}{0,8 \cdot 575 \cdot 17} \sqrt{\frac{1}{0,81} - 1} = 1(\text{мс}),$$

где h - высота поля зрения объектива в плоскости объекта, по условию $h=10(\text{м})$; Δx_H - зона размытости переходной характеристики системы в случае неподвижного изображения, $\Delta x_H = 1(\text{эл.})$; λ_0 - допустимое относительное ухудшение резкости движущегося изображения по сравнению с неподвижным, примем $\lambda_0 = 0,9$; Z_A - число активных строк при стандартном разложении, $Z_A = 575$; $\mathcal{G}_{\text{Об.}}$ - линейная скорость объекта, $\mathcal{G}_{\text{Об.}} = 60(\text{км/ч}) = 17(\text{м/с})$. В рассматриваемом случае время экспонирования фотопреобразователя составляет величину меньшую, чем

длительность кадра, что говорит о необходимости применения импульсного режима работы системы.

Зона смещения изображения, образуемая за время экспонирования $t_{\text{Э}}$:

$$\delta_c = \frac{g_{\text{Об.}} \cdot Z_A \cdot t_{\text{Э}}}{h} = \frac{17 \cdot 575 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}}{10} = 1(\text{эл.}).$$

4. Расчёт порогового контраста изображения объекта

Зрительный аппарат человека является замыкающим звеном в цепи передачи информации большинства наблюдательных телевизионных систем. Поэтому любые расчёты параметров таких систем должны вестись с учётом свойств зрения.

Возможность обнаружения изображения объекта оператором определяется контрастной чувствительностью его зрения (КЧЗ), являющейся безразмерной величиной, обратной пороговому контрасту изображения объекта $K_{\text{ПОР}}$, при котором он обнаруживается оператором с вероятностью $P_{\text{Об.}}$: $\varepsilon = 1/K_{\text{ПОР}}$. В логарифмической шкале яркостей пороговый контраст равен $\delta = \lg[1/(1 - K_{\text{ПОР}})]$.

Вследствие малого изменения значений влияющих на величину δ факторов для реальных телевизионных изображений, их можно считать взаимонезависимыми. Тогда:

$$\delta = \delta_0 \prod_{i=1}^n f_i \quad (1)$$

где δ_0 - пороговый контраст при нормальных условиях наблюдения, $\delta_0 = 0,01$; n - число учитываемых факторов, f_i - нормированные функции, учитывающие изменения порогового контраста при отклонении условий наблюдения от нормальных. По графикам, приведённым в [1, с. 20 – 22] находим $f_1(P) = 2$, $f_2(\alpha) = 4,5$, $f_3(\tau) = 1$, $f_4(g_a) = 1,2$.

Для определения значения функции $f_5(\sigma)$ определяем эффективное значение шумов в наблюдаемом изображении $\sigma_{\text{Из.}}$:

$$\sigma_{\text{Из.}} = 0,43 \cdot \gamma \cdot \kappa_{\text{ш}} \cdot (\bar{U}_{\text{Ш.Э.}}/U_{\text{Ф.М.}})$$

Значение коэффициента $\kappa_{\text{ш}}$ для стандартных параметров разложения $\kappa_{\text{ш}} = 0,21$ [1].

Для расчёта приведённого к экрану кинескопа напряжения шумов $\bar{U}_{\text{Ш.Э.}}$ определим среднеквадратическое значение напряжения шума на модуляторе кинескопа $\bar{U}_{\text{Ш.М.}}$, которое складывается из напряжения шума матрицы $\bar{U}_{\text{Ш.ПЗС}}$ и теплового шума встроенного усилителя $\bar{U}_{\text{Ш.Ус.}}$.

Собственные шумы матричного ПЗС складываются из нескольких составляющих, однако основную роль играют шумы переноса зарядов [1]:

$$\bar{U}_{Ш.ПЗС} = \frac{30 \cdot q \cdot \sqrt{n_{\max}}}{C_{ВЫХ.}} = \frac{30 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \sqrt{1100}}{0,1 \cdot 10^{-12}} = 1,6(мВ),$$

здесь $C_{ВЫХ.}$ - выходная ёмкость матричного ПЗС, $C_{ВЫХ.} = 0,1(nФ)$; q - заряд электрона, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}(Кл)$; n_{\max} - число переносов зарядовых пакетов, определяемое количеством элементов матрицы по горизонтали и вертикали и равно $n_{\max} = 1100$

$$\bar{U}_{Ш.УС.}^2 = 4 \cdot k_0 \cdot T \cdot R_{Ш} \cdot f_B = 4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \cdot 2800 \cdot 3 \cdot 10^6 = 1,4 \cdot 10^{-10}(В)$$

где $R_{Ш} = 2800(Ом)$ - шумовое сопротивление транзистора, k_0 - постоянная Больцмана, $k_0 = 1,38 \cdot 10^{-23}(Дж/К)$; T - абсолютная температура, $T = 300(К)$; f_B - верхняя граница частоты полного телевизионного сигнала, $f_B = 3,0(МГц)$.

Значение приведённого к экрану кинескопа напряжения шумов будет равно:

$$\bar{U}_{Ш} = \sqrt{\bar{U}_{УС.}^2 + \bar{U}_{Ш.ПЗС}^2} = \sqrt{2,56 \cdot 10^{-6} + 1,96 \cdot 10^{-20}} = 1,6 \cdot 10^{-3}(В).$$

Среднеквадратическое значение напряжения шума на модуляторе кинескопа:

$$\bar{U}_{Ш.М.} = K_0 \cdot \bar{U}_{Ш} = 2000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 3,2(В).$$

Откуда приведённое к экрану кинескопа напряжение шумов:

$$\bar{U}_{Ш.Э.} = \bar{U}_{Ш.М.} \cdot (S_1/S_2) = 3,2 \cdot 0,96 = 3,1(В),$$

где S_1/S_2 - отношение площадей под графиками частотно-контрастной характеристики (ЧКХ) кинескопа и видеотракта соответственно (рис.1), причём ЧКХ кинескопа получена, исходя из следующего соотношения:

$$K_K(f) = e^{-(2\pi f/\Omega)^2}, \quad (2)$$

в котором $\Omega/2\pi$ - приведённая частота апертуры кинескопа; f - частота синусоидального напряжения, прикладываемого к модулятору трубки. ЧКХ видеотракта ($K_{ВТ}(f)$) для простоты расчётов будем считать квазипрямоугольной.

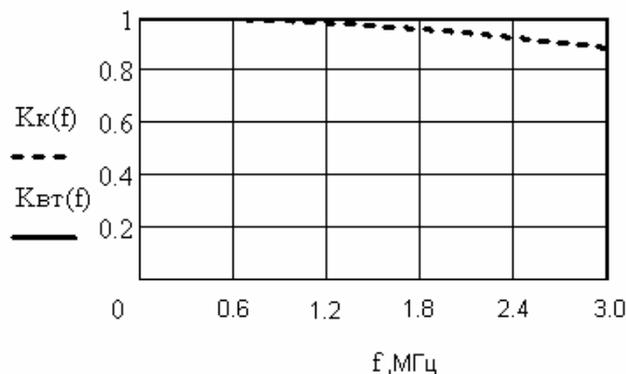


Рисунок 1

Вычислим напряжение сигнала от фона на модуляторе кинескопа при средней яркости изображения от фона:

$$\bar{L}_\Phi = L_{\Phi.B.} (1 - e^{-\alpha_1 T_K}) = 35 \cdot (1 - e^{-90 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}) = 29 (\text{кд/м}^2),$$

где $\alpha_1 = 90(1/c)$ – коэффициент, определяющий скорость затухания яркости люминофора, T_K – длительность одного полукадра, $T_K = 20(\text{мс})$.

Принимая во внимание, что величина отношения $\frac{\bar{L}_\Phi}{\beta \cdot (\bar{U}_{ш.м.})^\gamma} = \frac{29}{0,5 \cdot (3,4)^{1,8}} = 6,4$, определяем по графикам, приведённым в [4, с. 231], отношение сигнал/шум $\psi_{\Phi.М.} = 4$. При этом учтём, что влиянием детектирования шумов кинескопом можно пренебрегать при $\psi_{\Phi.М.} \geq 2$.

Пренебрегая влиянием детектирования шумов кинескопом, находим напряжение сигнала от фона на модуляторе кинескопа:

$$\bar{U}_{\Phi.М.} = \gamma \sqrt{\frac{\bar{L}_\Phi}{\beta}} = 1,8 \sqrt{\frac{29}{0,5}} = 10(\text{В}) \quad (3)$$

Определим эффективное значение шумов в наблюдаемом изображении:

$$\sigma_{Из.} = 0,43 \cdot \gamma \cdot \kappa_{ш.} \cdot (\bar{U}_{ш.э.}/U_{\Phi.М.}) = 0,43 \cdot 1,8 \cdot 0,22 \cdot (3,1/10,0) = 0,053.$$

По графику, приведённому в [1, с. 22], при $\sigma_C = 0,1$ находим $f_5(\sigma) = 1,2$.

Согласно (1) рассчитываем пороговый контраст в логарифмической шкале яркостей:

$$\delta = \delta_0 \prod_{i=1}^n f_i = 0,01 \cdot 2 \cdot 4,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 = 0,13,$$

и пороговый контраст изображения объекта:

$$K_{ПОР} = \frac{10^\delta - 1}{10^\delta} = \frac{0,23}{1,23} = 0,26.$$

5. Определение сигналов на выходе матрицы

Чтобы найти напряжение сигналов на выходе матричного ПЗС от объекта $U_{О.Ф.}$ и фона $U_{\Phi.Ф.}$, предварительно следует найти соответствующие им напряжения на модуляторе кинескопа. Напряжение сигнала от фона на модуляторе кинескопа было найдено в предыдущем параграфе, а напряжение сигнала от объекта можно найти, воспользовавшись следующим соотношением, аналогичным (3):

$$\bar{U}_{О.М.} = \gamma \sqrt{\frac{\bar{L}_O}{\beta}} \quad (4)$$

где \bar{L}_O - среднее значение яркости изображения объекта. Следует уточнить, что выражение (4) справедливо лишь в том случае, если влиянием детектирования шумов кинескопом можно пренебречь.

Для расчёта \bar{L}_O найдём значения видимой яркости изображения мелких деталей объекта $L_{O.B.}$, а также значение яркости $L_{O.B.}^{Kp.}$ для крупных деталей объекта с учётом апертурных искажений, вносимых фотопреобразователем и кинескопом.

Определим видимую яркость изображения мелких деталей объекта как:

$$L_{O.B.} = L_{\Phi.B.} \cdot 10^\delta = 35 \cdot 1,35 = 48(\text{кд}/\text{м}^2).$$

Рассчитаем значение яркости для крупных деталей $L_{O.B.}^{Kp.}$ с учётом апертурных искажений, вносимых матрицей и кинескопом по их продольным ЧКХ.

Частотно-контрастная характеристика матричного прибора с зарядовой связью имеет три составляющих.

Геометрическая составляющая ЧКХ матрицы ПЗС определяется из выражения:

$$K_{\Gamma}(m) = \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot a_{\text{э}} \cdot m}{b \cdot p \cdot m_{\text{э}}}\right)}{\frac{\pi \cdot a_{\text{э}} \cdot m}{b \cdot p \cdot m_{\text{э}}}} = \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot 16 \cdot m}{2 \cdot 16 \cdot 340}\right)}{\frac{\pi \cdot 16 \cdot m}{2 \cdot 16 \cdot 340}},$$

где $a_{\text{э}}$ – размер фоточувствительного элемента в направлении переноса, равный 16 мкм; p – шаг фоточувствительных элементов, $p = a_{\text{э}}$; b – коэффициент, учитывающий фазовый сдвиг между осями элементов и максимумами яркости полос миры, $b=2$; $m_{\text{э}}$ – количество элементов матрицы вдоль строки, приведённое к высоте раstra, $m_{\text{э}} = m_{\Gamma} \cdot \left(\frac{1}{K_{\Phi}}\right) = 442 \cdot 3/4 = 340$; K_{Φ} – коэффициент формы раstra, $K_{\Phi} = 4/3$.

Составляющая ЧКХ матрицы ПЗС, учитывающая неэффективность переносов, определяется из выражения:

$$K_{\Pi}(m) = \exp[-n\varepsilon(1 - \cos(\pi m/m_{\text{э}}))] = \exp[-442 \cdot 2 \cdot 10^{-4}(1 - \cos(\frac{\pi m}{340}))]$$

где ε – коэффициент, учитывающий неэффективность переноса, $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-4}$, n – число переносов зарядовых пакетов, определяемое количеством элементов матрицы по горизонтали и равное $n = 442$.

Диффузионная составляющая ЧКХ матрицы ПЗС определяется следующим образом [1]:

$$K_D(N) = \frac{1 - \frac{e^{-\alpha \cdot d}}{(1 + \alpha \cdot L)}}{1 - \frac{e^{-\alpha \cdot d}}{(1 + \alpha \cdot L_0)}}$$

где $L = L_0 \sqrt{\frac{1}{1 + L_0^2 (2 \cdot \pi \cdot N)^2}}$; α – коэффициент поглощения излучения в подложке, зависящий от длины волны λ . Для дневного освещения $\alpha = 0,3(1/\text{мкм})$; d – глубина области пространственного, примем $d = 5(\text{мкм})$; L_0 – диффузионная длина носителей в подложке, $L_0 = 100(\text{мкм})$; N – пространственная частота штриховой миры, мм^{-1} .

С учётом того, что $m = 2 \cdot N \cdot h_\phi$, где $h_\phi = 4,6 \cdot 10^3(\text{мкм})$ – высота секции накопления матрицы, формула (3) легко преобразуется к виду $K_D(m)$.

Результирующая ЧКХ матрицы ПЗС имеет вид произведения:

$$K_\phi(m) = K_\Gamma(m) \cdot K_\Pi(m) \cdot K_D(m).$$

Если частоту синусоидального напряжения, прикладываемого к модулятору трубки, представить как $f = m/2\tau_C$, где $\tau_C = 55 \cdot 10^6(\text{с})$ – время прямого хода строчной развертки, то формулу (2) для ЧКХ кинескопа можно записать:

$$K_K(m) = e^{-(\pi m / \tau_C \Omega)^2}.$$

Необходимо также учесть сомножитель результирующей ЧКХ системы, учитывающий скоростной смаз изображения:

$$K_\delta(m) = \frac{\sin(\pi \cdot \delta_C \cdot \frac{m}{2Z_A})}{\pi \cdot \delta_C \cdot \frac{m}{2Z_A}} = \frac{\sin(\pi \cdot 1 \cdot \frac{m}{2 \cdot 575})}{\pi \cdot 1 \cdot \frac{m}{2 \cdot 575}}.$$

Рассчитываем результирующую ЧКХ телевизионной системы:

$$K_C(m) = K_\phi(m) K_K(m) K_\delta(m).$$

Результирующая частотная характеристика телевизионной системы и её составляющие представлены на рис.2. Тогда:

$$\begin{aligned} L_{O.B.}^{Kp.} &= L_{\Phi.B.} \cdot \frac{(K_{ПОР} + M_P \cdot (1 - K_{ПОР}))}{M_P \cdot (1 - K_{ПОР})} = \\ &= 35 \cdot \frac{(0,26 + 0,47(1 - 0,26))}{0,47(1 - 0,26)} = 60(\text{кд} / \text{м}^2) \end{aligned}$$

Коэффициент модуляции M_P определяется по результирующей продольной ЧКХ телевизионной системы, учитывающей ЧКХ кинескопа и

фотопреобразователя с объективом при $m = \beta \varepsilon / \alpha = 25 \cdot 60 / 5 = 300$ (мвл), по рис.2 $M_p = K_C(300) = 0,47$.

Находим среднее значение яркости изображения объекта:

$$\bar{L}_O = L_{\phi.B}^{K_p} (1 - e^{-\alpha_1 T_K}) = 60 \cdot (1 - e^{-90 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}) = 50 (\kappa\partial / \text{м}^2).$$

Принимая во внимание, что отношение $\frac{\bar{L}_O}{\beta \cdot (\bar{U}_{ш.м.})^\gamma} = \frac{50}{0,5 \cdot (3,4)^{1,8}} = 11$, определяем по графикам, приведённым в [1, с. 231], отношение сигнал/шум, $\psi_{O.M.} = 7$. Пренебрегая влиянием детектирования шумов кинескопом, находим напряжение сигнала от объекта на модуляторе кинескопа:

$$\bar{U}_{O.M.} = \sqrt[\gamma]{\frac{\bar{L}_O}{\beta}} = \sqrt[1,8]{\frac{50}{0,5}} = 13 (B).$$

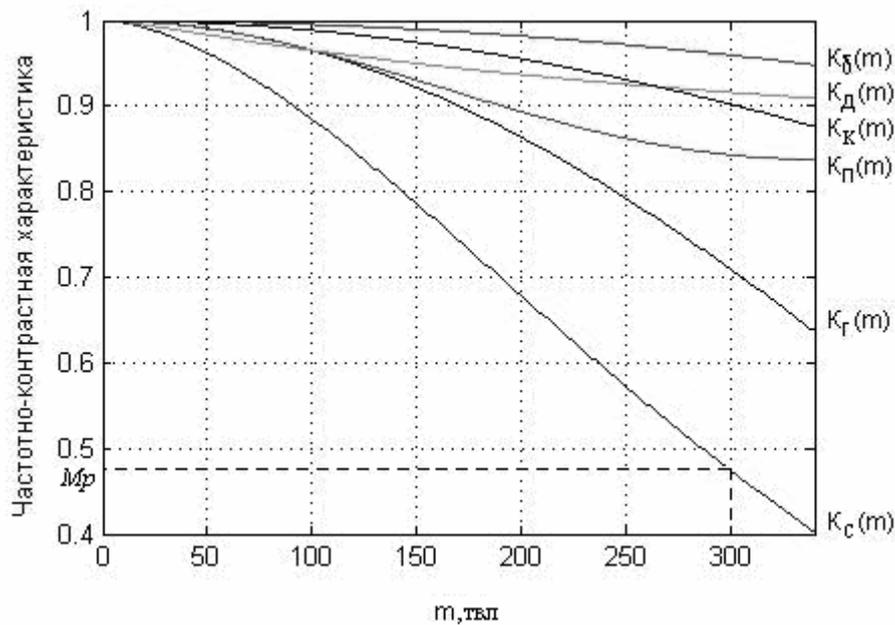


Рисунок 2

Определим напряжение сигналов на выходе матричного ПЗС от объекта и фона соответственно:

$$U_{O.ф.} = U_{O.M.} / K_0 = 13 / 2000 = 7 (мВ)$$

$$U_{ф.ф.} = U_{ф.М.} / K_0 = 10 / 2000 = 5 (мВ)$$

6. Расчёт контрастной и световой чувствительностей системы

Определим контрастную чувствительность системы, как величину, обратную минимальному контрасту входного изображения, а световую чувствительность как величину, обратную минимальной освещённости

фотопреобразователя, при которых система обеспечивает выполнение своих функций [1].

Прежде чем найти освещённость фотопреобразователя от объекта и фона, необходимо произвести пересчёт вольтовой чувствительности матрицы от паспортного источника типа «А» к дневному освещению:

$$S_v^{II} = S_v^I \cdot \frac{\chi_{Г}^I \cdot \chi^{II}}{\chi_{Г}^{II} \cdot \chi^I} = 30 \cdot \frac{0,025 \cdot 0,598}{0,137 \cdot 0,325} = 10(\text{мВ} / \text{лк}),$$

где $S_v^I = 30(\text{мВ} / \text{лк})$ - вольтовая чувствительность матрицы типа 1200ЦМ15 по паспортному источнику типа «А»; χ^I, χ^{II} - коэффициенты использования приёмником лучистого потока от эталонного источника типа «А» и рабочего источников излучения; $\chi_{Г}^I, \chi_{Г}^{II}$ - коэффициенты использования глазом лучистого потока от эталонного и рабочего источников излучения соответственно.

По полученным значениям сигналов и вольтовой чувствительности матрицы типа 1200ЦМ15 на линейном участке светосигнальной характеристики, ограниченной 2лк при $T_K = 20(\text{мс})$, находим соответствующие значения освещённостей фотопреобразователя от объекта и фона соответственно:

$$E_{O.Ф.} = \frac{U_{O.Ф.}}{S_v^{II}} = \frac{7,0}{10} = 0,7(\text{лк})$$

$$E_{Ф.Ф.} = \frac{U_{Ф.Ф.}}{S_v^{II}} = \frac{5,0}{10} = 0,5(\text{лк})$$

При переходе к импульсному режиму экспонирования фотопреобразователя его освещённости от фона и объекта удобнее заменить на соответствующие экспозиции:

$$H_{O.Ф.} = E_{O.Ф.} \cdot T_K = 0,7 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 14 \cdot 10^{-3}(\text{лк} \cdot \text{с})$$

$$H_{Ф.Ф.} = E_{Ф.Ф.} \cdot T_K = 0,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 10 \cdot 10^{-3}(\text{лк} \cdot \text{с}).$$

Тогда требуемые освещённости с учётом времени экспонирования фотопреобразователя при выполнении условия взаимозаменяемости:

$$E_{O.Ф.Т.} = \frac{H_{O.Ф.}}{t_{\ominus}} = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 14(\text{лк})$$

$$E_{Ф.Ф.Т.} = \frac{H_{Ф.Ф.}}{t_{\ominus}} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 10(\text{лк}).$$

Обратный контраст изображения, определяющий контрастную чувствительность системы, будет равен:

$$K_{BX} = \frac{E_{O.Ф.Т.} - E_{Ф.Ф.Т.}}{E_{O.Ф.Т.}} = \frac{14 - 10}{14} = 0,29.$$

Контрастная чувствительность системы:

$$\varepsilon_C = 1/K_{BX} = 1/0,29 = 4$$

Величина световой чувствительности находится как:

$$e_C = \frac{1}{E_{O.Ф.Т.}} = \frac{1}{14} = 0,07(1/лк).$$

7. Определение требуемой освещённости объекта в дневное время

Требуемая освещённость в изображении на фотопреобразователе $E_{O.Ф.Т.}$ связана с искомой освещённостью объекта $E_{O.В.}$ соотношением:

$$E_{O.В.} = E_{O.Ф.Т.} \cdot \frac{4 \cdot (1+V)^2}{\tau \cdot \tau_0 \cdot \rho_0 \cdot k_\beta \cdot \cos^4 \theta_0 (D/f')^2},$$

где V – линейное увеличение объектива, равное отношению заднего отрезка к расстоянию от объекта до передающей камеры, $V \ll 1$; τ_0 – коэффициент пропускания оптической системы, примем $\tau_0 = 0,9$; D/f' – относительное отверстие объектива, $D/f' = 0,7$; k_β – коэффициент виньетирования, $k_\beta = 1$; $2\theta_0$ – поле зрения объектива; ρ_0 – интегральный коэффициент отражения объекта, принятое значение которого $\rho_0 = 0,6$.

Для определения коэффициента пропускания атмосферы по краю поля зрения найдём показатель ослабления лучистого потока атмосферой: $\varepsilon = -\ln(\tau') = -\ln(0,8) = 0,22(1/км)$, где τ' – удельная прозрачность атмосферы, $\tau' = 0,8$. Коэффициент пропускания атмосферы по краю поля

зрения находим по следующей формуле: $\tau = e^{\frac{-\varepsilon h}{\cos \theta_0}} = e^{\frac{-0,22 \cdot 0,015}{\cos(19)}} = 0,82$.

Таким образом, искомая освещённость объекта будет равна:

$$E_{O.В.} = 14 \cdot \frac{4}{0,9 \cdot 0,82 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot \cos^4(19) \cdot (0,7)^2} = 330(лк).$$

8. Определение мощности источников подсветки для ночного наблюдения

На рис.2 изображена условная модель взаимного расположения источника излучения и объектива передающей камеры.

Базовое расстояние составляет $b = \frac{l_0}{2} = 5(м)$ (половина ширины дороги). Для данной модели базовое расстояние связано с углом наклона оси излучателя следующим соотношением: $\psi = \arctg(b/h) = \arctg(5/15) = 19^\circ$

Объект наблюдения располагается в точке **A**, находящейся на общей горизонтальной оси поля зрения объектива и раstra светового пучка, т.е. азимутальные углы этой точки равны нулю.

На краю поля зрения $\beta = \theta_0 = \arctg(5/15) = 19^\circ$, тогда

$$\alpha = \arctg \frac{h^2 \operatorname{tg} \beta}{b^2 + b \cdot h \cdot \operatorname{tg} \beta + h^2} = \arctg \frac{225 \cdot \operatorname{tg} 19^\circ}{25 + 5 \cdot 15 \cdot \operatorname{tg} 19^\circ + 225} = 16^\circ$$

α – угол между осью излучателя и направлением на объект.

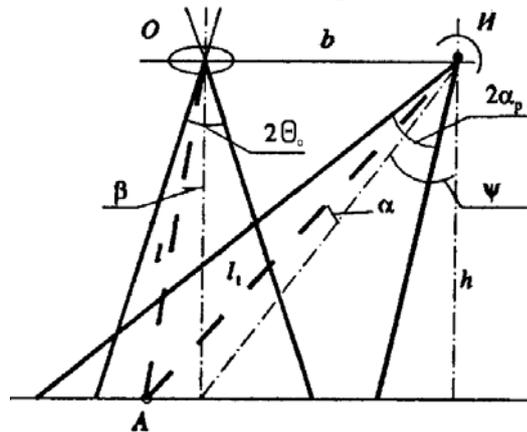


Рисунок 3

С учётом 20%-ого запаса примем $2\alpha_p = 38^\circ$

Найдём коэффициент пропускания атмосферы τ для расстояния

$$l + l_1 = \left(\frac{h}{\cos(\theta_0)} + \frac{h}{\cos(\alpha + \psi)} \right) = \left(\frac{15}{\cos(19)} + \frac{15}{\cos(16 + 19)} \right) = 34(\text{м}).$$

При найденном расстоянии коэффициент пропускания атмосферы равен:

$$\tau = e^{\frac{-\varepsilon(l+l_1)}{\cos(\theta_0)}} = e^{\frac{-0,22 \cdot 0,034}{0,95}} = 0,92.$$

Рассчитываем необходимую силу света источника освещения, обеспечивающую требуемую освещённость фотопреобразователя на краю поля зрения объектива:

$$I = E_{\text{о.ф.т.}} \frac{4 \cdot (1 + V)^2 (h / \cos(\alpha + \psi))^2}{\tau \cdot \tau_0 \cdot \rho_0 \cdot k_\beta \cdot \cos^4(\theta_0) \cos(\alpha) (D / f')^2}$$

$$I = \frac{14 \cdot 4 \cdot (1 + V)^2 (15 / \cos(35))^2}{0,92 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot \cos^4(19) \cos(16) (0,7)^2} \approx 93900(\text{кд})$$

Телесный угол, в котором распространяется энергия источника:

$$\omega = 2\pi(1 - \cos(\alpha_p)) = 2\pi(1 - \cos(17)) = 0,2(\text{ср})$$

Тогда световой поток от источника подсветки будет найден как:

$$\Phi = I \cdot \omega = 93900 \cdot 0,2 = 18780(\text{лм})$$

Для обеспечения требуемого телесного угла находим коэффициент усиления оптической системы: $k_{оп} = \frac{4\pi}{\omega} = \frac{4\pi}{0,2} = 63$. Такой коэффициент усиления может быть обеспечен светильником с цилиндрической линзой.

Световой поток от источника подсветки в телесном угле 4π :

$$\Phi' = \frac{\Phi}{k_{оп}} = \frac{18780}{63} = 300(\text{лм}).$$

Величину рассчитанного потока может обеспечить, например, лампа накаливания ОП6-25-25 [2].

Мощность, подводимая к источнику освещения:

$$P = \Phi / a = 300 / 12,5 = 24(\text{Вт}),$$

где a – световая отдача источника излучения, $a = 12,5(\text{лм/Вт})$.

Следует отметить, что при выбранном источнике излучения изменится значение коэффициента модуляции M_p , что повлечёт за собой изменение параметров телевизионной системы, а именно на среднее значение яркостей изображений объекта и фона и, как следствие, на контрастную и световую чувствительности системы.

Для лампы накаливания коэффициент поглощения излучения в подложке $\alpha_2 = 0,15(1/\text{мкм})$. Повторное проведение расчёта даёт значение $M_{p_2} = 0,40$, таким образом, относительное изменение коэффициента модуляции составит:

$$\Delta M_p = \frac{M_p - M_{p_2}}{M_p} = \frac{0,47 - 0,40}{0,47} = 0,15$$

Значение находится в пределах допустимой погрешности расчётов, а, следовательно, при выбранном источнике излучения изменение характеристик телевизионной системы, в данном случае, можно не учитывать.

9. Определение контраста объекта с окружающим фоном на входе передающей камеры

Вычислим контраст изображения на входе передающей камеры при действительном контрасте объекта с фоном

$K = \frac{\rho_o - \rho_\phi}{\rho_o} = \frac{0,60 - 0,11}{0,60} = 0,82$, где ρ_ϕ – интегральный коэффициент отражения фона, $\rho_\phi = 0,11$ (мокрое шоссе); $\bar{\omega}$ – коэффициент погоды, $\bar{\omega} = 0,61$ (безлунная ночь). Отсюда контраст изображения на входе передающей камеры:

$$K_{BX} = \frac{K}{1 + \left(\frac{\bar{\omega}}{\rho_0}\right)(e^{cl} - 1)} = \frac{0,82}{1 + \left(\frac{0,61}{0,60}\right)\left(e^{\frac{0,22 \cdot 0,015}{\cos(19)}} - 1\right)} = 0,81,$$

т.е. уменьшения действительного контраста за счёт рассеивающих свойств атмосферы практически не произойдёт.

Результаты работы

В результате проведённых расчётов были получены следующие параметры телевизионной системы для визуального наблюдения за движущимся автотранспортом:

1. Величина контрастной чувствительности системы равна 4.
2. Световая чувствительность системы 0,07(1/лк).
3. Минимальная освещённость объекта в дневное время $E_{O.B.} = 330(\text{лк})$.
4. Минимальный контраст объекта с окружающим фоном составляет 0,26.
Зона смещения изображения за время накопления зарядов составляет 1эл.
5. В качестве источника подсветки выбрана лампа накаливания ОП6-25-25, мощность подводимая к источнику, составляет 24(Вт).
6. Контраст на входе передающей камеры при заданных условиях работы должен быть не менее 0,81.

Список литературы

1. Грязин Г.Н. Системы прикладного телевидения: Учеб. Пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2000. – 277 с.
2. Грязин Г.Н. К расчету частотных характеристик приборов с зарядовой связью. – Известия вузов. Приборостроение 2001, №3

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

Кафедра оптико-электронных приборов и систем

**Домашнее задание по дисциплине
«Системы прикладного телевидения»**

Вариант 4/0

Студент:

Группа:

Преподаватель:

Санкт-Петербург
2007

Содержание

1.	Цель домашней работы и исходные данные.....	46
2.	Определение требуемой разрешающей способности системы.....	47
3.	Расчёт частотно-контрастной характеристики матрицы.....	48
4.	Расчёт световой и контрастной чувствительности системы.....	49
5.	Расчёт числа кодируемых градаций сигнала.....	53
6.	Выбор типа объектива.....	54
7.	Энергетический расчёт системы.....	54
	Результаты работы.....	56
	Список литературы.....	57

1. Цель домашней работы и исходные данные

Назначение датчика: формирование полного телевизионного сигнала в цифровой форме. Освещение – искусственное в условиях цеха.

Цель расчета:

1. Определение требуемой разрешающей способности, световой и контрастной чувствительности системы и числа кодируемых градаций сигнала.

2. Осуществить выбор объектива, типа и мощности источников подсветки.

3. Определение требуемого минимального контраста объекта с окружающим фоном.

Исходные данные:

1. Вероятность ложной тревоги $P_{Л.Т.} = 6 \cdot 10^{-4}$;
2. Вероятность правильного обнаружения $P_{П.О.} = 0,94$;
3. Минимальный размер обнаруживаемой детали $\Delta l = 4,0(мм)$;
4. Тип контраста – обратный;
5. Тип фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) – ФПЗС4М;
6. Разрядность аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) $m' = 6$;
7. Диапазон напряжений на входе АЦП $U_{Д} = 0 \div 3,0(В)$;
8. Верхняя граница частоты полного телевизионного сигнала $f_{В} = 3,5(МГц)$;
9. Расстояние до объекта $h = 0,9 м$;
10. Площадь обзора $S = 0,7 м^2$;
11. Коэффициент отражения «в белом» $\rho = 0,6$;
12. Максимальное отношение сигнала к шуму $\psi_{max} = 40$.

Параметры ФЭП [1].

число фоточувствительных элементов в секции накопления (по вертикали и горизонтали) 288/512 шт.;

размеры секции накопления (по вертикали и горизонтали)
 $h_m \times a_m = 6,9 \times 9,2(мм)$;

размеры фоточувствительного элемента (по вертикали и горизонтали)
24×18 мкм;

вольтовая чувствительность $S_v \geq 40(мВ / лк)$;

максимальная освещенность при времени кадра
 $T_K = 20(мс) E_{max} \geq 2(лк)$;

максимальное напряжение выходного сигнала $U_{max} \geq 100(мВ)$.

2. Определение требуемой разрешающей способности системы

Согласно заданию площадь обзора $S=0,7 \text{ м}^2$. Тогда в соответствии с рис. 1:

$$S = a_S \cdot h_S = 0,7(\text{м}^2),$$

$$\text{причем } \frac{a_S}{h_S} = K_\phi,$$

где a_S – ширина обзореваемой площади, h_S – высота обзореваемой площади, K_ϕ - коэффициент формы раstra, $K_\phi = 4/3$.

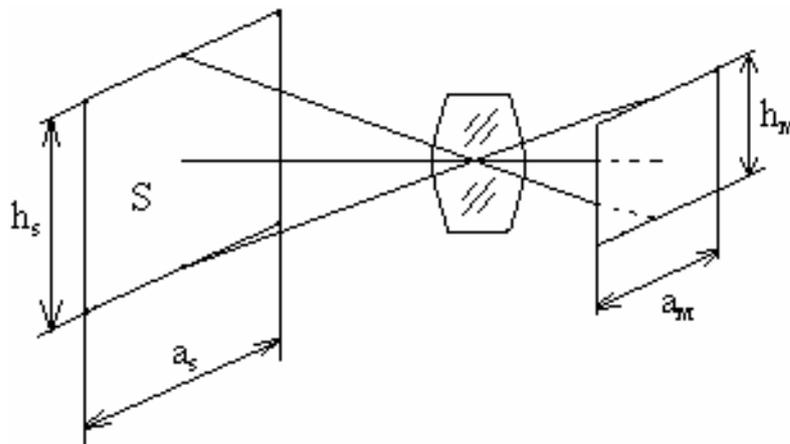


Рисунок 1

Из геометрических соображений следует:

$$h_S = \sqrt{S/K_\phi} = \sqrt{0,7 \cdot 3/4} = 0,73(\text{м}),$$

$$a_S = K_\phi \cdot h_S = 4/3 \cdot 0,725 = 0,97(\text{м}).$$

Требуемую разрешающую способность телевизионной системы можно определить по формуле:

$$m_P = \frac{a_S \cdot P_\delta}{K_\phi \cdot \Delta l} = \frac{0,97 \cdot 2}{4/3 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 364(\text{мвл}),$$

где P_δ – коэффициент, учитывающий число телевизионных линий приходящихся на горизонтальный размер детали Δl , примем $P_\delta = 2(\text{мвл})$. Требуемая разрешающая способность системы $m_P = 364(\text{мвл})$ обеспечивается заданным типом ФЭП, для которого число элементов по горизонтали, приведенное к высоте кадра равно

$$m_\Theta = m_\Gamma \cdot \left(\frac{1}{K_\phi}\right) = 512 \cdot 3/4 = 384$$

$m_{\text{э}}$ – количество элементов матрицы вдоль строки, приведённое к высоте растра, $m_{\text{Г}}$ – число фоточувствительных элементов ФЭП по горизонтали, значение $m_{\text{Г}} = 512$ [1].

3. Расчет частотно-контрастной характеристики матрицы типа ФПЗС4М

Частотно-контрастная характеристика (ЧКХ) матричного прибора с зарядовой связью (ПЗС) зависит от трех факторов: размера и шага фоточувствительных элементов, неэффективности переноса носителей зарядов и их диффузионного растекания [1].

Геометрическая составляющая ЧКХ матрицы ПЗС определяется из выражения:

$$K_{\text{Г}}(m) = \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot a_{\text{э}} \cdot m}{b \cdot p \cdot m_{\text{э}}}\right)}{\frac{\pi \cdot a_{\text{э}} \cdot m}{b \cdot p \cdot m_{\text{э}}}} = \frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot 24 \cdot m}{1,5 \cdot 24 \cdot 384}\right)}{\frac{\pi \cdot 24 \cdot m}{1,5 \cdot 24 \cdot 384}},$$

где m – число черных и белых штрихов оптической миры, отнесенной к высоте секции накопления (высоте кадра), $m_{\text{вл}}$; $a_{\text{э}}$ – размер фоточувствительного элемента в направлении переноса, равный 24 мкм ; p – шаг фоточувствительных элементов, $p = a_{\text{э}}$ – для матриц с кадровым переносом; b – коэффициент, учитывающий фазовый сдвиг между осями элементов и максимумами яркости полос миры, $b = 1,5$.

График зависимости $K_{\text{Г}}(m)$ приведен на рис. 2.

Составляющая ЧКХ матрицы ПЗС, учитывающая неэффективность переносов носителей зарядов, определяется из выражения:

$$K_{\text{П}}(m) = \exp[-n\varepsilon(1 - \cos(\pi m/m_{\text{э}}))] = \exp[-512 \cdot 2 \cdot 10^{-4}(1 - \cos(\frac{\pi m}{384}))] \text{ гд}$$

ε – коэффициент, учитывающий неэффективность переноса, $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-4}$, n – число трёхфазных переносов зарядовых пакетов, определяемое количеством элементов матрицы по горизонтали и равное $n = 512$.

График зависимости $K_{\text{П}}(m)$ приведен на рис. 2.

Диффузионная составляющая ЧКХ матрицы ПЗС определяется следующим образом [1]:

$$K_{\text{Д}}(N) = \frac{1 - \frac{e^{-\alpha \cdot d}}{(1 + \alpha \cdot L)}}{1 - \frac{e^{-\alpha \cdot d}}{(1 + \alpha \cdot L_0)}}$$

где $L = L_0 \sqrt{\frac{1}{1 + L_0^2 (2 \cdot \pi \cdot N)^2}}$; α – коэффициент поглощения

излучения в подложке, зависящий от длины волны λ , $\alpha = 0,15(1/\text{мкм})$; d – глубина области пространственного, примем $d=5(\text{мкм})$; L_0 – диффузионная длина носителей в подложке, $L_0 = 100(\text{мкм})$; N – пространственная частота штриховой миры, мм^{-1} . Значение коэффициента α принято для источника типа А [2], близкого по спектру источникам освещения в условиях цеха.

С учётом того, что $m = 2 \cdot N \cdot h_\phi$, где $h_\phi = 4,6 \cdot 10^3(\text{мкм})$ – высота секции накопления матрицы, формула (3) легко преобразуется к виду $K_D(m)$.

График зависимости $K_D(m)$ приведен на рис. 2.

Результирующая ЧКХ матрицы (рис. 2) имеет вид произведения

$$K_M(m) = K_\Gamma(m) \cdot K_\Pi(m) \cdot K_D(m).$$

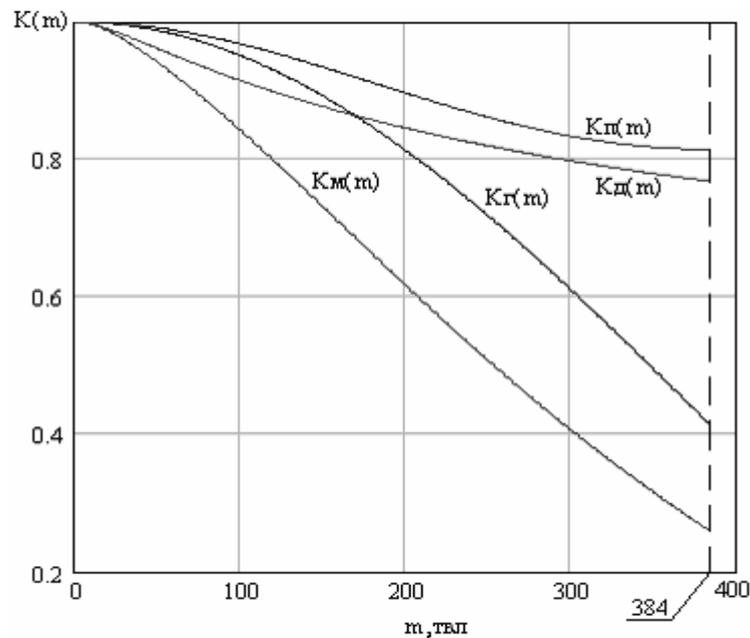


Рисунок 2

4. Расчет световой и контрастной чувствительности системы

Найдем отношение сигнал/шум $\psi_{ПОР}$, соответствующее передаче мелких деталей изображения.

Допустимая вероятность ложной тревоги связана со значением отношения сигнал/шум соотношением

$$P_{Л.Т.} = 0,5 \cdot [1 - \Phi(\psi_\phi)],$$

где $\Phi(\psi_\phi)$ – интеграл вероятности. Отсюда по заданному значению $P_{Л.Т.}$ можно находим ψ_ϕ :

$$\Phi(\psi_{\phi}) = 1 - \frac{P_{Л.Г.}}{0,5} = 1 - \frac{6 \cdot 10^{-4}}{0,5} = 0,9988,$$

и отсюда $\psi_{\phi} = 3$ [3].

Вероятность пропуска связана с вероятностью правильного обнаружения равенством $P_{Пр} = 1 - P_{Л.О.}$. Тогда

$$P_{Пр} = 1 - 0,94 = 0,06$$

Из уравнения

$$P_{Пр.} = 0,5 \cdot [1 - \Phi(\psi_0)],$$

находим

$$\Phi(\psi_0) = 1 - \frac{P_{Пр.}}{0,5} = 1 - \frac{0,06}{0,5} = 0,88,$$

откуда $\psi_0 = 1,2$.

Требуемое отношение сигнал/шум от мелкой детали на входе АЦП

$$\psi_{ПОР} = \psi_{\phi} + \psi_0 = 3 + 1,2 = 4,2.$$

Найти требуемое отношение сигнал/шум ψ от крупных деталей можно следующим образом. Определяем уровень отсчета соответствующий предельной разрешающей способности системы

$$\Delta = \psi_{ПОР} / \psi_{\max} = 4,2 / 40 = 0,1.$$

По графику ЧКХ системы, соответствующему $\psi = \psi_{\max}$ для уровня отсчета Δ находим $m_p^{Пр} = 384(мвл)$ (рис. 3). При этом учитываем, что ЧКХ всей системы ограничивается идеализированной ЧКХ видеотракта $K_{BT}(m)$ прямоугольной формы (рис. 3).

Далее из точки $m_p = 384(мвл)$, соответствующей требуемой разрешающей способности восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с ЧКХ $K_M(m)$. В соответствии с рекомендациями [1, с.24] через точку пересечения уровня отсчета Δ с перпендикуляром строим ЧКХ системы $K(m)$. Пересечение этого графика с вертикальной осью

позволяет найти отношение $\frac{\psi}{\psi_{\max}} = 0,4$, откуда по заданному значению

$\psi_{\max} = 40$ находим $\psi = 16$. Это отношение сигнал/шум соответствует передаче крупных деталей изображения ($m = 0$), что позволяет в дальнейшем по найденному значению шумов на выходе матрицы и табличному значению ее вольтовой чувствительности определить световую чувствительность системы.

Для этого вначале определим предельную чувствительность компаратора АЦП по формуле

$$\Delta U = \frac{U_D}{(2^{m'} - 1)} = \frac{3,0}{(2^6 - 1)} = 0,048(B).$$

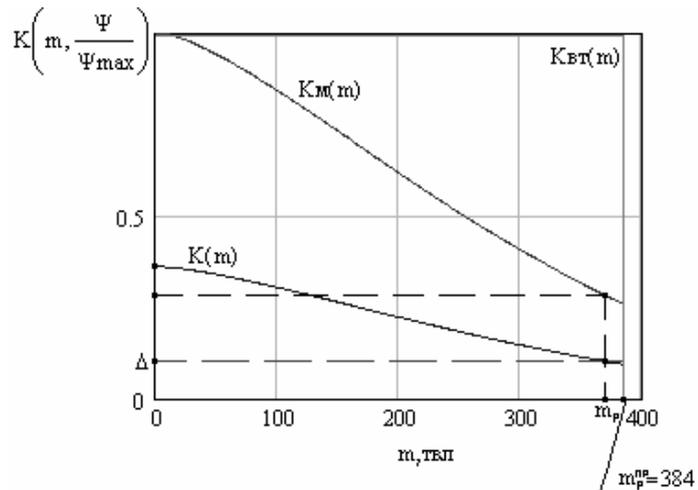


Рисунок 3

На рисунке 4 для обратного контраста обозначены: U_O^M – уровень сигнала от мелкой детали объекта, U_O^{Kp} – уровень сигнала от крупной детали, U_ϕ – уровень сигнала от фона, U_Π – пороговый уровень компаратора, U_D – динамический диапазон напряжений компаратора, 1 – ошибка ложной тревоги, 2 – ошибка пропуска сигнала, 3 – сигнал от мелкой детали, 4 – сигнал от крупной детали.

Далее последовательно определяем.

Напряжение сигнала от фона на входе АЦП (рис. 4)

$$U_\phi = U_D \cdot (1 - p_0) = 3 \cdot (1 - 0,5) = 1,5(B),$$

где U_D – диапазон напряжений на входе АЦП, $U_D = 0 \div 3,0(B)$; p_0 – коэффициент, необходимый для выбора напряжения сигнала от фона по условию $U_D > U_\phi$, примем $p_0 = 0,5$.

Допустимое напряжение шумов на входе АЦП

$$\bar{U}_{ш.пор.} = \Delta U / \psi_{пор} = 0,047 / 4,2 = 11,3(мВ).$$

Напряжение сигнала от мелкой детали объекта

$$U_O^M = U_\phi + \psi_{пор.} \cdot \bar{U}_{ш.пор.} = 1,5 + 4,2 \cdot 11,3 \cdot 10^{-3} = 1,55(B).$$

Напряжение сигнала от крупной детали объекта

$$U_O^{Kp} = U_\phi + \psi_{пор.} \cdot \bar{U}_{ш.пор.} = 1,5 + 16 \cdot 11,3 \cdot 10^{-3} = 1,68(B).$$

Собственные шумы матричного ПЗС складываются из нескольких составляющих, однако основную роль играют шумы переноса зарядов [1]:

$$\bar{U}_{ш.ПЗС} = \frac{30 \cdot q \cdot \sqrt{n_{\max}}}{C_{ВЫХ.}} = \frac{30 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot \sqrt{1100}}{0,1 \cdot 10^{-12}} = 1,6(мВ),$$

здесь $C_{ВЫХ.}$ – выходная ёмкость матричного ПЗС, $C_{ВЫХ.} = 0,1(nФ)$; q – заряд электрона, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}(Кл)$; n_{\max} – число переносов зарядовых пакетов,

определяемое количеством элементов матрицы по горизонтали и вертикали и равное $n_{\max} = 512 + 288 \cdot 2 = 1088$

$$\begin{aligned}\bar{U}_{ш.вс.}^2 &= 4 \cdot k_0 \cdot T \cdot R_{ш} \cdot f_B = \\ &= 4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \cdot 2800 \cdot 3,5 \cdot 10^6 = 1,6 \cdot 10^{-10} (B)\end{aligned}$$

где $R_{ш} = 2800(Ом)$ - шумовое сопротивление транзистора, k_0 – постоянная Больцмана, $k_0 = 1,38 \cdot 10^{-23} (Дж/К)$; T – абсолютная температура, $T = 300 (К)$; f_B – верхняя граница частоты полного телевизионного сигнала, $f_B = 3,5(МГц)$.

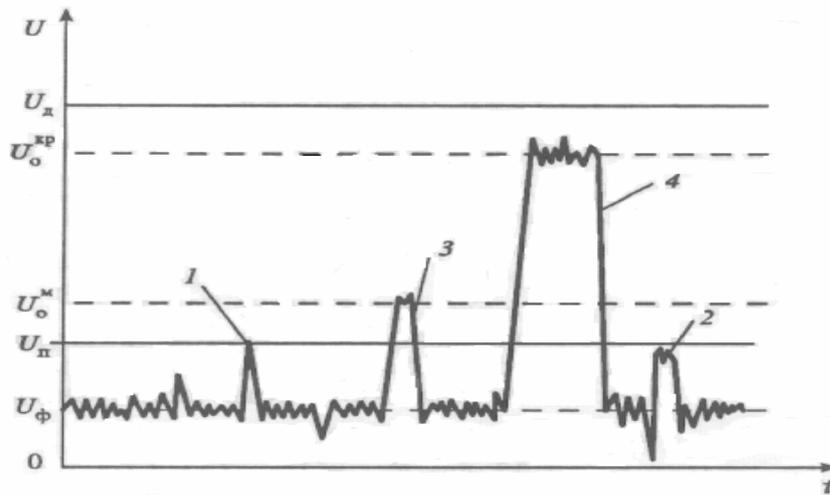


Рисунок 4

Уровень шума ПЗС:

$$\bar{U}_{ш} = \sqrt{\bar{U}_{вс.}^2 + \bar{U}_{ш.ПЗС}^2} = \sqrt{2,56 \cdot 10^{-6} + 2,56 \cdot 10^{-20}} = 1,6 \cdot 10^{-3} (B).$$

Требуемый коэффициент усиления видеотракта определяется соотношением

$$K_0 = \bar{U}_{ш.пор.} / \bar{U}_{ш} = 11,3 \cdot 10^{-3} / 1,6 \cdot 10^{-3} = 7,2.$$

Напряжение сигнала от мелкой детали объекта на выходе ПЗС

$$U_{о.ф.}^M = U_O^M / K_0 = 1,55 / 7,2 = 0,215 (B).$$

Напряжение сигнала от крупной детали объекта на выходе ПЗС

$$U_{о.ф.}^{Kp} = U_O^{Kp} / K_0 = 1,68 / 7,2 = 0,234 (B).$$

Напряжение сигнала от фона на выходе ПЗС

$$U_{ф.ф.} = U_{ф} / K_0 = 1,5 / 7,2 = 0,208 (B).$$

Входной контраст, определяющий контрастную чувствительность системы, равный для ПЗС контрасту сигналов,

$$K_{вх} = \frac{U_{о.ф.}^{Kp} - U_{ф.ф.}}{U_{о.ф.}^{Kp}} = \frac{0,234 - 0,208}{0,234} = 0,11.$$

Освещенность на входе ПЗС, определяющая световую чувствительность системы:

$$E_O = \frac{U_{O.Ф.}^{Kp}}{S_v} = \frac{0,234}{40 \cdot 10^{-3}} = 6(\text{лк}),$$

где S_v – вольтовая чувствительность матрицы, $S_v = 40(\text{мВ/лк})$.

Как видно из расчета, освещенность E_O оказалась настолько высокой, что вышла за пределы рабочего участка светосигнальной характеристики ПЗС, $E_{\max} = 2(\text{лк})$. Уменьшить значение E_O можно изменением коэффициента усиления K_0 видеотракта или коэффициента ρ_0 . Увеличив значение K_0 до 29, получим

$$\bar{U}_{Ш.ПОР.} = K_0 \cdot \bar{U}_{Ш} = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 29 = 0,046(\text{В}),$$

$$U_O^M = U_\Phi + \psi_{ПОР} \cdot \bar{U}_{Ш.ПОР.} = 1,5 + 4,2 \cdot 0,046 = 1,69(\text{В}),$$

$$U_O^{Kp} = U_\Phi + \psi_{ПОР} \cdot \bar{U}_{Ш.ПОР.} = 1,5 + 16 \cdot 0,046 = 2,24(\text{В}),$$

$$U_{O.Ф.}^{Kp} = 0,077(\text{В}),$$

$$E_O = \frac{U_{O.Ф.}^{Kp}}{S_v} = \frac{0,077}{40 \cdot 10^{-3}} = 1,9(\text{лк}),$$

$$U_{O.Ф.}^M = 0,058(\text{В}),$$

$$U_{\Phi.Ф.} = 0,052(\text{В}),$$

$$K_{BX} = \frac{U_{O.Ф.}^{Kp} - U_{\Phi.Ф.}}{U_{O.Ф.}^{Kp}} = \frac{0,077 - 0,052}{0,077} = 0,329.$$

Контрастная чувствительность системы:

$$\varepsilon_C = 1/K_{BX} = 1/0,329 = 3,042$$

Величина световой чувствительности находится как:

$$e_C = \frac{1}{E_O} = \frac{1}{1,9} = 0,53(1/\text{лк}).$$

5. Расчет числа кодируемых градаций сигнала

Число кодируемых градаций сигнала можно рассчитать по формуле

$$n = \frac{U_O^{Kp} - U_\Phi}{\psi_{ПОР} - \bar{U}_{Ш.ПОР.}} = \frac{2,24 - 1,50}{4,2 \cdot 0,046} = 4.$$

Для увеличения числа градаций необходимо увеличивать напряжение U_O^{Kp} . В предельном случае $U_O^{Kp} = U_D$ получаем $n=8$, что требует увеличения освещенности матрицы до величины $E_O = 2,6(\text{лк})$, превышающего, однако, допустимое значение.

6. Выбор типа объектива

Из геометрических соотношений находим угол зрения в вертикальной плоскости при расстоянии до объекта $h=0,9$ м.

$$\alpha_O = \arctg \frac{a_S/2}{h} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{0,725/2}{0,9} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 22^\circ$$

Аналогично в горизонтальной плоскости.

$$\beta_O = \arctg \frac{b_S/2}{h} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{0,966/2}{0,9} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 28^\circ$$

Фокусное расстояние объектива телевизионного датчика определяется соотношением

$$f = \frac{b_\phi}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta_O}{2}} = \frac{9,2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{28^\circ}{2}} = 8,6 \cdot 10^{-3} (\text{м}),$$

где b_ϕ – ширина изображения на фоточувствительном слое ПЗС.

По данным значениям выбираем объектив типа киносъёмочного любительского объектива [4] с параметрами:

$$f=8,6(\text{мм}); 2\beta_O = 56^\circ; D/f' = 1:1,8; \tau_0 = 0,8.$$

Угол резкого изображения равен [5]

$$\operatorname{tg} \beta_P = \frac{0,12}{(D/f') \cdot \sqrt{f/100}} = \frac{0,12}{(1/1,8) \cdot \sqrt{8,6 \cdot 10^{-3}/100}} = 23,$$
$$\beta_P = \frac{\arctg(23^\circ) \cdot 180^\circ}{\pi} = 87^\circ 30'.$$

7. Энергетический расчет системы

Выбираем осветительную систему с наклонно расположенным источником света (рис. 5), так как датчик расположен на фиксированном расстоянии от площади обзора.

Произведем выбор и расчет ее параметров.

Базу между объективом и излучателем из конструктивных соображений выбираем равной $b=0,2(\text{м})$. Тогда угол наклона излучателя

$$\psi = \arctg\left(\frac{b}{h}\right) = \arctg\left(\frac{0,2}{0,9}\right) = 0,22(\text{рад}) = 12^\circ 30'.$$

Угол между осью излучателя и направлением на объект, расположенный на краю поля зрения объектива (точка А рис. 5), т. е. при $\beta = \beta_O$

$$\alpha = \arctg \frac{h^2 \operatorname{tg} \beta_0}{b^2 + b \cdot h \cdot \operatorname{tg} \beta_0 + h^2} = \arctg \frac{0,81 \cdot \operatorname{tg} 28^\circ}{0,2^2 + 0,2 \cdot 0,9 \cdot \operatorname{tg} 28^\circ + 0,9^2} = 24^\circ 30'$$

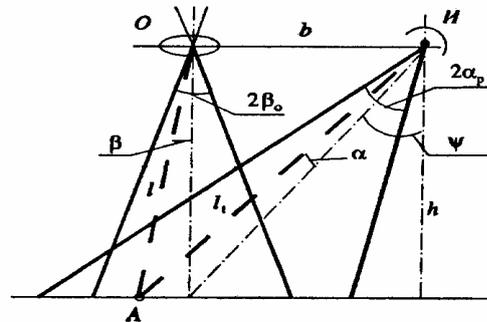


Рисунок 5

Угол раствора светового пучка примем с запасом 20%; $2\alpha_p = 30^\circ$.

Сила света источника освещения, обеспечивающая требуемую освещенность на краю поля зрения

$$I = E_0 \frac{4 \cdot (1 + V)^2 (h / \cos(\alpha + \psi))^2}{\tau \cdot \tau_0 \cdot \rho_0 \cdot k_\beta \cdot \cos^4(\beta_0) \cos(\alpha) (D / f')^2}$$

$$I = \frac{1,9 \cdot 4 \cdot (1 + 0)^2 (0,9 / \cos(37^\circ))^2}{1 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot \cos^4(28^\circ) \cos(24,5^\circ) (1/1,8)^2} = 120(\text{кд}),$$

где V – линейное увеличение объектива, равное отношению заднего отрезка к расстоянию от объекта до передающей камеры, $V \ll 1$; τ_0 – интегральное значение коэффициента пропускания оптической системы, примем $\tau_0 = 0,8$; D / f' – относительное отверстие объектива, $D / f' = 1:1,8$; k_β – коэффициент виньетирования, $k_\beta = 1$; ρ_0 – интегральный коэффициент отражения объекта, принятое значение которого $\rho_0 = 0,6$. (соответствует коэффициенту отражения белой бумаги [1]); τ – коэффициент пропускания среды, $\tau = 1$;

Телесный угол, в котором распространяется энергия источника:

$$\omega = 2\pi(1 - \cos(\alpha_p)) = 2\pi(1 - \cos(0,52)) = 0,84(\text{ср})$$

Тогда световой поток от источника подсветки будет найден как:

$$\Phi = I \cdot \omega = 120 \cdot 0,84 = 100(\text{лм})$$

Для обеспечения требуемого телесного угла находим коэффициент усиления оптической системы:

$$k_{\text{оп}} = \frac{4\pi}{\omega} = \frac{4\pi}{0,84} = 15.$$

Световой поток от источника подсветки в телесном угле 4π :

$$\Phi' = \frac{\Phi}{k_{OP}} = \frac{100}{15} = 7(\text{лм}).$$

Данный световой поток возможно обеспечить при использовании электрической лампы накаливания ОП 3-0,5 [6] с подводимой мощностью 1,5 Вт. Поскольку лампа накаливания с точностью достаточной для практических расчетов соответствует по спектру излучения источнику типа «А», производить пересчет чувствительности матрицы ПЗС и, следовательно, контрастной и световой чувствительности системы не требуется.

Требуемый минимальный контраст объекта с окружающим фоном вследствие малого расстояния наблюдения в условиях цеха практически равен контрасту на входе фотопреобразователя

$$K = K_{BX} = 0,329.$$

Результаты работы

В результате проведённых расчётов были получены следующие параметры телевизионной системы для визуального наблюдения за движущимся автотранспортом:

1. Величина требуемой разрешающей способности системы равна $364(\text{твл})$.
2. Величина световой чувствительности системы равна $0,53(1/\text{лк})$
3. Величина контрастной чувствительности системы равна $3,04$.
4. Число кодируемых градаций яркости 4 .
5. В соответствии с результатами проведённых расчётов из таблиц, приведённых в [4], был выбран объектив со следующими параметрами: $f=8,6(\text{мм})$; $2\beta_0 = 56^\circ$; $D/f' = 1:1,8$; $\tau_0 = 0,8$.
6. Требуемый по расчётам световой поток возможно обеспечить при использовании электрической лампы накаливания ОП 3-0,5 [6] с подводимой мощностью 1,5 Вт.
7. Минимальный контраст объекта с окружающим фоном составляет $0,329$.

Список литературы

1. Грязин Г.Н. Системы прикладного телевидения: Учеб. Пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2000. – 277 с.
2. Грязин Г.Н. К расчету частотных характеристик приборов с зарядовой связью. – Известия вузов. Приборостроение 2001, №3
3. Горяинов В.Т., Журавлев А.Г., Тихонов В.И. Примеры и задачи по статистической радиотехнике. – М.: «Советское радио», 1970, – 600с.
4. Справочник конструктора оптико-механических приборов./ Панов В.А., Кругер М.Я., Кулагин В.В. и др.; Под общ. ред. Панова В.А.. – Л.: Машиностроение, 1980. – 742 с.
5. Костыков Ю.В. Основы проектирования систем и аппаратуры прикладного телевидения. – М.; Л.: Энергия, 1964. – 256 с.
6. Вычислительная оптика: Справочник/ Русинов М.М., Грамматин А.П., Иванов П.Д. и др. Под общ. ред. Русинова М.М.. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1984 – 423 с.

В 2007 году СПбГУ ИТМО стал победителем конкурса инновационных образовательных программ вузов России на 2007–2008 годы. Реализация инновационной образовательной программы «Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий» позволит выйти на качественно новый уровень подготовки выпускников и удовлетворить возрастающий спрос на специалистов в информационной, оптической и других высокотехнологичных отраслях экономики.

КАФЕДРА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Кафедра создавалась в 1936-1939 годах как кафедра военных оптических приборов. Первым заведующим кафедрой был К.Е. Солодилов, до этого возглавлявший ЦКБ ВООМП. Преподавателями кафедры стали сотрудники этого ЦКБ - М.А. Резунов, М.Я. Кругер, С.Т. Цуккерман, В.А. Егоров, Б.М. Кулижнов. В годы Великой Отечественной войны кафедра была эвакуирована в Черепаново, где ее объединили с кафедрой оптико-механических приборов под руководством профессора А.И. Захарьевского. После возвращения в Ленинград кафедрой в 1945-46 годах по совместительству заведовал начальник КБ ГОИ М.А. Резунов.

В начале 1947 года кафедрой возглавил профессор С.Т. Цуккерман, который руководил ею до 1972 года. В 1958 году кафедра была реорганизована в кафедру специальных оптических приборов, а в 1967 году в кафедру оптико-электронных приборов (ОЭП). В предвоенные, военные и послевоенные годы С.Т. Цуккерман работал над созданием прицельных устройств для зенитной и авиационной артиллерии. Он был одним из создателей серийного авиационного гироскопического прицела АСП с автоматической выработкой поправки на упреждение, который устанавливался на истребителях МиГ, а также механического ракурсного прицела для мелкокалиберной зенитной артиллерии, широко применяемого во время войны во Вьетнаме.

В 1958 г. при кафедре была организована отраслевая лаборатория "Специальные оптические приборы" с достаточно сильной группой конструкторов-разработчиков. С.Т. Цуккерман и А.С. Гридин руководили разработкой приборов управления по лучу (ПУЛ-ов), предназначенных для управления движением различных подвижных объектов по прямой линии или по программе.

В начале 60-х годов Г.Г. Ишанин занимался разработкой фотометрической аппаратуры предназначенной для паспортизации оптико-электронных приборов и систем различного назначения. В 1965 году Г.Г. Ишаниным разработана теория, методы расчета и проектирования, технология и конструктивные решения приемников на основе термоупругого эффекта в кристаллическом кварце. Приемники на термоупругом эффекте внедрены в серийное производство. На основе этих приемников разработаны и внедрены в производство измерители параметров лазерного излучения. Научно-исследовательские работы, проведенные в указанном направлении, легли в основу учебной дисциплины «Источники и приемники излучения».

Значительное влияние на содержание подготовки специалистов и научных исследований оказало привлечение к работе на кафедре члена-корреспондента РАН, Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии профессора М.М. Мирошников, который работал на кафедре ОЭП с 1969 года по 1976 год в должности профессора по совместительству, поставил и читал курс «Теория оптико-электронных приборов».

С 1972 года по 1992 год кафедрой ОЭП заведовал Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор Л.Ф. Порфирьев, известный специалист в области автоматических ОЭПиС в комплексах навигации и управления авиационной и космической техникой. Соответственно тематика выполнения научно-исследовательских работ на кафедре приобрела новые направления, существенно увеличилось число тем, носящих поисковый фундаментальный характер. Были разработаны новый учебный план и программы учебных дисциплин.

Л.Ф. Порфирьев как руководитель проводил достаточно жесткую кадровую политику, при которой на кафедре оставались работать только те сотрудники, которые отличались преданностью делу. При этом он оказывал всемерную поддержку сотрудникам кафедры по разработке ими различных направлений теории и практики оптико-электронного приборостроения.

По результатам научно-исследовательских работ в этот период защитили диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Г.Н. Грязин (1984 г.), Е.Г. Лебедько (1985 г.), Э.Д. Панков (1986 г.), Г.Г. Ишанин (1988 г.), защищено много диссертаций на соискание ученой степени кандидата технических наук.

В этот период под руководством Э.Д. Панкова начали проводиться исследования по разработке новых оптико-электронных систем измерения взаимного положения разнесенных в пространстве объектов. Результаты указанных работ были использованы при постановке курса «Настройка и испытания оптико-электронных приборов».

Доцент Грязин Г.Н., перешедший на кафедру с радиотехнического факультета в 1972 году, продолжил свои работы в области прикладного телевидения, им были заложены основы телевидения быстропротекающих процессов.

С 1975 года заведующим отраслевой лабораторией стал А.Н. Тимофеев, который продолжил исследования по разработке методов и средств контроля пространственного положения объектов с помощью ОЭП с оптической равносигнальной зоной для машиностроения, энергетики, строительства, судостроения и железнодорожного транспорта.

С 1975 года, после увольнения в запас, из ЛВИКА им. А.Ф. Можайского на кафедру пришел работать в должности профессора С.П. Авдеев, известный специалист в области ОЭПиС космических аппаратов. Он поставил курсы и читал лекции по учебным дисциплинам «Оптико-электронные приборы», «Оптико-электронные приборы систем управления», «Оптико-электронные приборы для научных исследований».

Существенное влияние на содержание подготовки специалистов и научных исследований оказало привлечение к работе на кафедре лауреата Ленинской и Государственной премий профессора Б.А. Ермакова, известного специалиста в области физической оптики, и оптико-электронного приборостроения. Б.А. Ермаков работал на кафедре ОЭП с 1979 года по 1992 год в должности профессора по совместительству и поставил курс «Оптико-электронные приборы с лазерами».

В 70-80 годах под руководством Е.Г. Лебедько проводились исследования законов отражения лазерного излучения от нестационарных поверхностей и протяженных объектов, исследования в области теории идентификации объектов по их излучению в сложной фоновой ситуации. Создан комплекс для лазерной локации крупногабаритных морских объектов сложной конфигурации и водной поверхности. В этих работах принимали участие доценты О.П. Тимофеев и С.Б. Лукин. Результаты, полученные в рамках этих исследований, нашли применение в учебных курсах: «Оптико-электронные системы локации и связи», «Оптоэлектронные системы автоматизации технологических процессов» и «Прикладная оптика».

В 70-90 годах под руководством Л.Ф. Порфирьева был разработан ряд астродатчиков, систем астроориентации и космической навигации (В.И. Калинин, А.Л. Андреев, С.Н. Ярышев).

С 1992 года по 2007 год кафедрой ОЭП заведовал Заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор Э.Д. Панков. В 1992 году кафедра была переименована в кафедру оптико-электронных приборов и систем (ОЭПиС).

Под руководством Э.Д. Панкова в 70-90-х годах были проведены разработки ряда оптико-электронных приборов и систем специального и гражданского применения, нашедших практическое внедрение и

способствующих научно-техническому прогрессу и укреплению обороноспособности нашей страны. В частности исследования и разработки в области линейных и угловых измерений позволили приступить к решению общей проблемы согласования отсчетных баз на нестационарно деформируемых объектах с помощью оптико-электронных систем.

В рамках указанной проблемы И.А. Коняхиным проводились исследования, результаты которых можно классифицировать как разработку теории построения автоколлимационных систем с компонентами нарушенной типовой конфигурации.

В то же время В.В. Коротаевым разработан ряд поляризационных приборов и измерительных установок. Теоретическим результатом работ явилась разработка методологии анализа поляризационных свойств оптических систем с изменяющейся ориентацией элементов.

По результатам указанных работ В.В. Коротаев (в 1997 г.) и И.А. Коняхин (в 1998г.) защитили диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук.

Применение многоэлементных приемников в системах пеленгации дало толчок развитию телевизионных систем технического зрения, измерительных телевизионных систем и систем обработки изображений. Результаты этих исследований были использованы А.Л. Андреевым при постановке учебных курсов «Оптико-электронные системы с ЭВМ», «Специализированные аппаратные и программные средства ОЭП», «Автоматизированные телевизионные вычислительные комплексы», а также С.Н. Ярышевым при постановке им в 1993 году учебной дисциплины «Видеотехника».

В этот период Г.Н. Грязиным были подготовлены дисциплины: «Телевизионные системы», «Прикладное телевидение и телевизионно-вычислительные комплексы» (совместно с А.Л. Андреевым).

На основе обобщения методик расчета оптико-электронных систем различного назначения и принципа действия в 1981 году были развернуты работы по созданию элементов систем автоматизированного проектирования ОЭП. За период с 1981 по 1987 год под руководством Коняхина И.А. были разработаны оригинальные пакеты прикладных программ расчета параметров систем измерения пространственного положения объектов.

Развитие компьютерной техники и программного обеспечения общего назначения позволило создать проблемно-ориентированное программное обеспечение поддержки проектирования ОЭП на системотехническом уровне. Указанные материалы легли в основу лекционного курса и лабораторного практикума «Компьютерные технологии проектирования ОЭС».

В 1992 году было принято решение об организации филиала кафедры ОЭПиС на базе ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, который в 1997 году вырос в базовую кафедру экологического приборостроения и мониторинга. Совместными усилиями сотрудников кафедры ОЭПиС и базовой кафедры экологического приборостроения и мониторинга поставлен ряд учебных дисциплин, которые позволяют осуществлять экологическую подготовку как для выпускников кафедры ОЭПиС, так и для выпускников других кафедр университета. Для обеспечения экологической подготовки специалистов создана лаборатория «Оптико-электронные приборы и системы экологического мониторинга». Осуществляется совместный выпуск по специализации «Оптико-электронные методы и средства экологического мониторинга».

В связи с внедрением двухуровневой подготовки по схеме бакалавр-магистр кафедра ОЭПиС провела необходимую методическую работу и в настоящее время осуществляет подготовку бакалавров (с 1997 года) и магистров (с 1999 года).

Научно-педагогическая школа кафедры вошла в число победителей конкурса Санкт-Петербурга 2006 года.

С 2007 г. заведующим кафедрой является доктор технических наук, профессор В.В. Кортаев.

По инициативе В.В. Кортаева на кафедре ОЭПиС открыта подготовка:

- **инженеров** по специализации 200203.65.27 Оптико-электронные приборы и системы обработки видеoinформации (первый выпуск в 2008 году).
- **магистров** по программе 200200.68.15 Оптико-электронные методы и средства обработки видеoinформации (первый выпуск состоялся в 2007 году).

По результатам научных работ сотрудниками кафедры ОЭПиС выпущено в свет 15 монографий, 11 учебников и учебных пособий. На кафедре подготовлено 14 докторов наук, а также более 110 кандидатов наук. На разработки кафедры получены авторские свидетельства СССР и патенты Российской Федерации на более чем 200 изобретений. За все время существования кафедры подготовлено более 3000 инженеров.

Таким образом, трудом нескольких поколений сотрудников кафедры ОЭПиС в результате большой научно-исследовательской и научно-методической работы сформировалась современная система подготовки специалистов (инженеров) по специальности

200203.65.00 - "Оптико-электронные приборы и системы" по специализациям:

– 200203.65.01 - оптико-электронные информационно-измерительные и следящие приборы и системы;

– 200203.65.02 - оптико-электронные методы и средства экологического мониторинга;

– 200203.65.27 - Оптико-электронные приборы и системы обработки видеоинформации.

Кроме того, кафедра ведет подготовку бакалавров по направлению

55.19.00 - "Опtotехника"

а также магистров по программам:

– 200200.68.02 - Оптические и оптико-электронные приборы;

– 200200.68.15 - Оптико-электронные методы и средства обработки видеоинформации.

Сегодня кафедра ОЭПиС - это 7 учебных лабораторий, компьютерный класс, это, прежде всего, высококвалифицированный преподавательский коллектив, в котором 6 профессоров, докторов наук и 7 доцентов, кандидатов наук.

Геннадий Николаевич Грязин

**Основы и системы
прикладного телевидения**

Сборник домашних заданий

В авторской редакции

Подготовка оригинал-макета

Дизайн обложки

А.Н. Бычков, И.Д. Терещенков

А.Н. Бычков, Г.Н. Грязин

Редакционно-издательский отдел Санкт-Петербургского государственного
университета информационных технологий, механики и оптики

Зав. РИО «СПбГУ ИТМО»

Н.Ф. Гусарова

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99.

Подписано к печати

Отпечатано на ризографе. Тираж 100 экз. Заказ №

Редакционно-издательский отдел
Санкт-Петербургского государственного
университета информационных
технологий, механики и оптики
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

