УДК 681.327.68 : 778.38

В. А. ДОМБРОВСКИЙ, С. А. ДОМБРОВСКИЙ, Е. Ф. ПЕН
(Новосибирск)

ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ПРИ ПАРАФАЗНОМ КОДИРОВАНИИ ДАННЫХ

В [1] проанализирована эффективность применения корректирующих кодов в голографической памяти. Показано, что такие коды целесообразно применять тогда, когда характеристики голограммы достаточно высоки (контраст $K > 25$, сигнал/шум «единиц» $(С/Ш)_1 > 5$ и «нулей» $(С/Ш)_0 > 2$), а их случайные флуктуации меньше 2 %. В противном случае (флуктуации характеристик больше 2 %) из-за сильной корреляции ошибок эффективность применения корректирующих кодов невысока. Кроме того, недостатком такого кодирования является необходимость оптимальным образом подбирать режим фотосчитывания для каждой текущей голограммы.

В [2] для повышения качества записи и надежности считывания голограмм предложено использовать парафазное представление данных. Показано, что совместно с рандомизирующей фазовой маской такой способ кодирования позволяет снизить основные трудности формирования голограмм, связанные с переменным количеством «единиц» в записываемом изображении.

Предварительный анализ парафазного способа кодирования данных в голографической памяти показывает, что он дает ряд преимуществ:

постоянное количество «единиц» и их равномерное размещение по полю изображения резко снижает шумы, обусловленные интермодуляционными и перекрестными помехами;

инвариантность режима фотосчитывания к уровню принимаемого сигнала (нулевой порог различения парафазной «единицы» и «нуля» является оптимальным независимо от качества голограмм);

нечувствительность к синхронным помехам (например, таким, как неравномерность яркости оптических сигналов по полю изображения);

потенциально более высокая чувствительность парафазного приема по сравнению с однофазным.

Однако такое кодирование уменьшает емкость памяти в 2 раза. Поэтому возникает вопрос о том, оправдывается ли потеря емкости за счет существенного улучшения других системных характеристик, например, повышения достоверности считывания голограмм или снижения требований к аппаратным средствам автоюстировок и коррекций.

Цель данной статьи — дать ответ на этот вопрос путем оценки помехоустойчивости канала голографической памяти в случае применения парафазного кодирования данных.

При восстановлении голограммы, в которой записана двумерная страница данных, на фотоприемную матрицу поступают оптические сигналы. Примем, что оптический сигнал мощностью P_1 соответствует двоичной «единице», а сигнал мощностью P_0 — двоичному «нулю». Поскольку при парафазном представлении каждый символ кодируется парой сигналов: «01» или «10», то парафазная ошибка (событие A) может произойти только при совместном наступлении двух событий:

1) событие B_{ij}, заключающееся в том, что в восстановленном изображении в произвольных позициях имеются i ($i \neq 0$) «плохих» «единиц» и j ($j \neq 0$) «плохих» «нулей», мощности которых подчиняются соотношению $P_1 < P_0$;

2) событие A/B_{ij}, состоящее в том, что «плохие» «единица» и «нуль» попадут на парафазный элемент фотоматрицы. Следовательно, полная вероятность парафазной ошибки $N(A)$ определяется формулой

$$N(A) = \sum_{\substack{i \\ i,j \neq 0}} \sum_{j} N(B_{ij})\, N(A/B_{ij}), \tag{1}$$

где $N(B_{ij})$ — вероятность события B_{ij}; $N(A/B_{ij})$ — вероятность события A при условии, что событие B_{ij} произошло.

При малой вероятности события $N(B_{ij})$ в выражении (1) можно ограничиться первым членом суммы

$$N(A) \simeq N(B_{11}) N(A/B_{11}), \tag{2}$$

здесь $N(B_{11})$ — вероятность появления в произвольных позициях восстановленного изображения «единицы» и «нуля», мощности которых связаны соотношением $P_1 < P_0$; $N(A/B_{11})$ — вероятность того, что эти «единица» и «нуль» образуют парафазный символ при условии, что событие B_{11} произошло.

Определим связь условной вероятности $N(A/B_{11})$ с $N(B_{11})$. Пусть вероятность $N(B_{11})$ равна $2/L$. Это означает, что в странице, содержащей L информационных пучков, имеется в среднем одна «единица» и один «нуль», мощности которых удовлетворяют неравенству $P_1 < P_0$. Предположим, что мощности изображений «единиц» и «нулей» — взаимно некоррелированные случайные величины. Тогда условная вероятность $N(A/B_{11})$ того, что «слабая» «единица» и «сильный» «нуль» образуют парафазный символ, равняется

$$N(A/B_{11}) = \frac{LP_{L-2}}{P_L} = \frac{L(L-2)!}{L!} \simeq \frac{1}{2} N(B_{11}), \tag{3}$$

где P_{L-2} — число перестановок из $(L-2)$ элементов (LP_{L-2} — число благоприятных случаев; пара минимальная «единица» и максимальный «нуль» считается одним элементом); P_L — число перестановок из L элементов (общее число случаев).

Подставляя (3) в (2), находим

$$N(A) \simeq \frac{1}{2} N^2(B_{11}), \tag{4}$$

т. е. полная вероятность ошибки при парафазном кодировании приближенно равна половине квадрата вероятности появления в восстановленном изображении «единицы» и «нуля» таких, что $P_1 < P_0$.

Найдем вероятность $N(B_{11})$. Функция распределения $\rho_{10}(P_{10})$ плотности вероятности результирующей мощности P_{10} изображений «единицы» и «нуля», как показано в [3], подчиняется обобщенному распределению Рэлея — Райса и может быть записана в виде

$$\rho_{10}(P_{10}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma'_{10}\overline{P}_{10}^{3/4}P_{10}^{1/4}} \exp\left[-\frac{2}{\overline{P}_{10}\sigma'^2_{10}}\left(\sqrt{P_{10}} - \sqrt{\overline{P}_{10}}\right)^2\right], \tag{5}$$

где $\overline{P}_{10}$ и σ'_{10} — средние значения и коэффициенты вариаций мощностей изображений «единиц» и «нулей». Выражение (5) справедливо при $\sigma'^2_{10} \ll 1$, $(4/\sigma'^2_{10})(P_{10}/\overline{P}_{10})^{1/2} \gg 1$.

Вероятность появления события B_{11}, заключающегося в том, что случайная величина $y = (P_1 - P_0)$ меньше нуля, определяется из выражения, приведенного в [4]:

$$N_{\text{ош}}(y < 0) = \int_0^\infty \rho_1(P_1) \int_{P_1}^\infty \rho_0(P_0)\, dP_0\, dP_1. \tag{6}$$

Подстановка (5) в (6) дает

$$N_{\text{ош}}(y < 0) = \int_0^\infty \frac{\beta_1^{1/2}}{\sqrt{2\pi\alpha_1}} \exp\left\{-\frac{(\beta_1 - \alpha_1)^2}{2}\right\} \int_{\beta_\gamma}^\infty \frac{\beta_0^{1/2}}{\sqrt{2\pi\alpha_0}} \exp\left\{-\frac{(\beta_0 - \alpha_0)^2}{2}\right\} d\beta_0\, d\beta_1, \tag{7}$$

где $\alpha_{10} = \frac{2}{\sigma'_{10}}$; $\beta_{10} = \frac{2}{\sigma'_{10}}\left(\frac{P_{10}}{\overline{P}_{10}}\right)^{1/2}$; $\beta_\gamma = \frac{2}{\sigma'_0}\left(\frac{P_1}{\overline{P}_0}\right)^{1/2} = \beta_1\alpha'$; $\alpha' = \frac{\sigma'_1 K^{1/2}}{\sigma'_0}$; $K = \overline{P}_1/\overline{P}_0$ — контраст в изображении страницы.

В приближении $\alpha_0\beta_0 \gg 1$, $\beta_\gamma - \alpha_0 \gg 1$ второй интеграл в (7) согласно [5] преобразуется

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi\alpha_0}} \int\limits_{\beta_\gamma}^{\infty} \beta_0^{1/2} \exp\left\{-\frac{(\beta_0-\alpha_0)^2}{2}\right\} d\beta_0 \simeq \frac{\beta_\gamma^{1/2}}{\sqrt{2\pi\alpha_0}} \frac{\exp\left\{-\frac{(\beta_\gamma-\alpha_0)^2}{2}\right\}}{(\beta_\gamma-\alpha_0)}. \qquad (8)$$

С учетом (8) формула (7) приводится к виду

$$N_{\text{ош}}(y<0) \simeq \frac{\sqrt{\alpha'}}{2\pi\sqrt{\alpha_0\alpha_1}} \int^{\infty} \frac{\beta_1}{(\beta_1\alpha'-\alpha_0)} \exp\left\{-\frac{(\beta_1-\alpha_1)^2}{2} - \frac{(\beta_1\alpha'-\alpha_0)^2}{2}\right\} d\beta_1$$

где $\varphi(t) = \left(\frac{t+\sqrt{2}\,\xi/(\sigma_0'\sigma_1'\eta)}{t+\sqrt{2}\,\Delta\sigma_0'/(\sqrt{K}\,\sigma_1'\eta)}\right)\exp(-t^2)$; $\eta = \left(\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2\right)^{1/2}$; $\xi = \sigma_0'^2 + \sqrt{K}\,\sigma_1'^2$; $\Delta = \sqrt{K} - 1$.

Подынтегральная функция $\varphi(t)$ для типичных значений характеристик голограммы ($K = 30$, $\sigma_1' = 0{,}2$, $\sigma_0' = 0{,}4$ [6]) приведена на рис. 1. На этом же рисунке изображен вид функции $\psi(t) = \frac{\xi\sqrt{K}}{\sigma_0'^2\Lambda}\exp(-t^2)$. Численные расчеты показывают, что при изменении характеристик K, σ_0', σ_1' в широких пределах ($K = 10$—100, $\sigma_1' = 0{,}15 - 0{,}4$, $\sigma_0' = 0{,}2 - 0{,}7$, $\sigma_0' > \sigma_1'$) площади, ограниченные кривыми $\varphi(t)$ и $\psi(t)$, отличаются не более чем на 20 %. Поэтому для оценки вероятности $N_{\text{ош}}(y<0)$ в выражении (9) заменим функцию $\varphi(t)$ на $\psi(t)$. После взятия интеграла и некоторых преобразований получим выражение

$$N_{\text{ош}}(y<0) \simeq \frac{K^{1/4}\left(\sigma_0'^2 + \sqrt{K}\sigma_1'^2\right) e^{-\frac{2(\sqrt{K}-1)^2}{\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2}}}{4\sqrt{2\pi}\left(\sqrt{K}-1\right)\left(\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2\right)^{1/2}} \left\{1 + \Phi\left(\frac{2\left(\sigma_0'^2 + \sqrt{K}\sigma_1'^2\right)}{\sigma_0'\sigma_1'\sqrt{\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2}}\right)\right\}, \qquad (10)$$

где $\Phi(q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int\limits_{-q}^{q} e^{-t^2/2} dt$ — интеграл ошибок. Приняв во внимание, что функция $\Phi(q)$ близка к единице при любых реальных характеристиках голограммы (K, σ_{10}'), для вероятности $N_{\text{ош}}(y<0)$ имеем

$$N_{\text{ош}}(y<0) \simeq \frac{K^{1/4}\left(\sigma_0'^2 + \sqrt{K}\sigma_1'^2\right)}{\sqrt{2\pi}\left(\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2\right)} \times \frac{e^{-z_{\text{п}}^2/2}}{z_{\text{п}}}; \quad z_{\text{п}} = \frac{2\left(\sqrt{K}-1\right)}{\sqrt{\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2}}. \qquad (11)$$

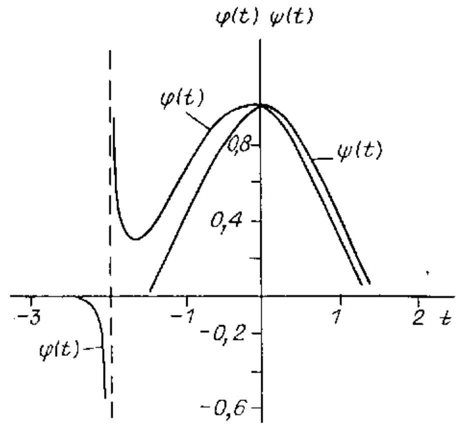
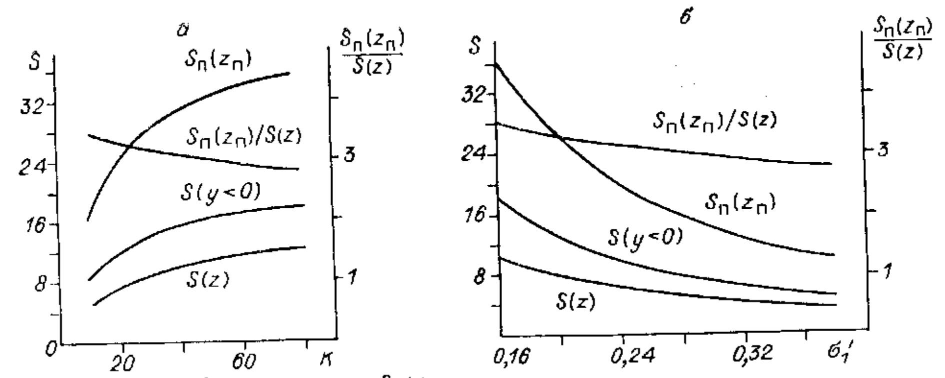


Рис. 1. Подынтегральные функции $\varphi(t)$ и $\psi(t)$

С учетом (4) достоверность считывания при парафазном кодировании



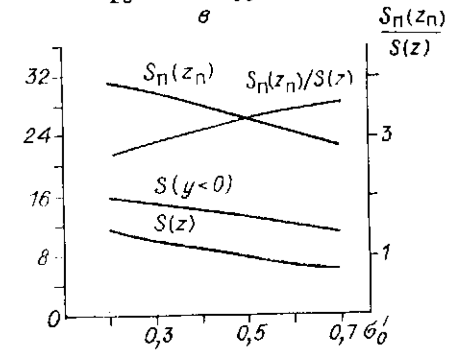


Рис. 2. Зависимости достоверностей $S(z)$, $S_п(z_п)$, $S(y<0)$ и отношения $S_п(z_п)/S(z)$ от контраста K $\left(\sigma_1' = 0{,}2,\ \sigma_0' = 0{,}4\right)$ (*а*) и коэффициентов вариации σ_1' $\left(K = 30,\ \sigma_0' = 0{,}5\right)$ (*б*), σ_0' $\left(K = 30,\ \sigma_1' = 0{,}2\right)$ (*в*)

данных запишется в виде

$$S_п(z_п) \simeq -\lg\left\{\frac{1}{2} N^2_{ош}(y<0)\right\}. \qquad (12)$$

Сравним полученное выражение с достоверностью считывания при безызбыточном кодировании информации в канале голографической памяти с постоянными параметрами. В [3] показано, что в этом случае полная достоверность считывания при оптимальном пороге различения «единиц» и «нулей» определяется как

$$S(z) = -\lg N(z), \qquad (13)$$

где $N(z) = \frac{\beta e^{-z^2/2}}{z}$; $\beta = \frac{(1+K^{1/4})}{2\sqrt{2\pi}}\left(\frac{\sigma_0' + \sigma_1'}{\sigma_0' + \sqrt{K}\sigma_1'}\right)^{1/2}$; $z = \frac{2(\sqrt{K}-1)}{\sigma_0' + \sqrt{K}\sigma_1'}$.

На рис. 2, *а* — *в* представлены зависимости $S(z)$, $S(y<0) = -\lg N_{ош}(y<0)$, $S_п(z_п)$ от характеристик голограммы (контраста, коэффициентов вариаций «единиц», «нулей»). Из рисунков видно, что достоверность $S(y<0)$, которая определяет полную достоверность $S_п(z_п)$ при парафазном кодировании, значительно выше $S(z)$. Это объясняется тем, что при обычном кодировании в аргумент экспоненциального множителя в выражении (13) входит величина $(\sigma_0' + \sqrt{K}\sigma_1')/2(\sqrt{K}-1)$, которую можно рассматривать как обобщенный коэффициент вариации некоторой эффективной случайной величины. При парафазном кодировании вероятность ошибки зависит от коэффициента вариации $\sqrt{\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2}/2(\sqrt{K}-1)$. Поскольку $(\sigma_0' + \sqrt{K}\sigma_1')^2 \geqslant \sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2 \Leftrightarrow \Leftrightarrow 2\sigma_1'\sigma_0'\sqrt{K} \geqslant 0$, то $S(z) \leqslant S(y<0)$. На рис. 2, *а* — *в* приведена также зависимость отношения $S_п(z_п)/S(z)$, которая показывает, что для практических значений характеристик голограмм достоверность считывания при парафазном представлении данных приблизительно в 3 раза превышает достоверность считывания при обычном кодировании.

С целью проверки правильности выражения для вероятности $N_{ош}(y<0)$ было проведено сравнение расчетных (вычисленных по формуле (11)) и экспериментальных результатов. Эксперименты проводились в устройстве [7]. Использовалась голограмма с исходными характеристиками $K = 34$, $\sigma_1' = 0{,}2$, $\sigma_0' = 0{,}5$. Качество голограммы намеренно ухудшалось путем смещения восстанавливающего пучка относительно

Δx, $\Delta\xi$	K	σ_1'	σ_0'	$S_р(z)$	$S_э(z)$	$S_р(y<0)$	$S_э(y<0)$
1	2	3	4	5	6	7	8
$\Delta x = 0$	34	0,2	0,5	8,4	—	27,7	—
$\Delta x = 72$	11,7	0,31	0,53	3	3	5,3	—
$\Delta x = 90$	9	0,32	0,54	2,4	2,9	4,3	4,2
$\Delta\xi = 160$	10,6	0,27	0,87	2,2	2,9	4,1	4,2

Примечание. Δx — смещение информационных пучков в плоскости фотоматрицы (мкм); $\Delta\xi$ — смещение восстанавливающего пучка в плоскости голограммы (мкм); $2\omega_б = 220$, $2\omega_в = 300$ мкм.

голограммы или информационных пучков относительно фотоматрицы. Для каждого смещения пучков устанавливался оптимальный порог $u_т$ считывания. Затем производилось циклическое считывание с диагностикой и подсчетом общего числа ошибок. Экспериментальное значение достоверности считывания находилось из соотношения

$$S_э(z) = -\lg \frac{\text{общее число ошибок}}{\text{емкость гол.} \times \text{число циклов считывания}}.$$

Далее для определенного смещения пучков последовательно изменялся порог $u_{тi}$ считывания вблизи оптимального. При этом для каждого значения порога производилось циклическое считывание и подсчитывалось число событий B_i, когда одновременно появлялись ложные «нуль» и «единица». Значение достоверности $S_э(y<0)$ находилось из соотношения

$$S_э(y<0) = -\lg \sum_i \frac{\text{число событий } B_i}{\text{емкость гол.} \times \text{число циклов считывания}}.$$

После этого производилось измерение характеристик голограммы (по методике [8]) и по формулам (13), (11) находились расчетные значения $S_р(z)$ и $S_р(y<0)$. Результаты экспериментов сведены в таблицу. Расчетные и экспериментальные данные (колонки 5—8) хорошо согласуются между собой, что свидетельствует о правильности оценок $S(z)$ и $S(y<0)$ по формулам (13), (11) соответственно.

Выражение (12) описывает достоверность считывания при парафазном способе кодирования данных в канале голографической памяти с постоянными параметрами. Однако, как показано в [9], в реальных условиях характеристики голограмм являются случайно изменяющимися величинами. Вероятность ошибки в канале с флуктуирующими параметрами может быть получена из выражения [9]

$$\overline{N}_{ош,п} = \int_0^{z_п} N_{ош,п}(z_п)\, W(z_п)\, dz_п, \tag{14}$$

где $W(z_п)$ — закон плотности распределения величины $z_п$. Найдем среднюю вероятность ошибки при парафазном представлении информации при условии, что изменения состояния канала голографической памяти ($z_п$) обусловлены случайными смещениями информационных ($t = x = \Delta x/\omega_б$) или восстанавливающего ($t = \xi = \Delta\xi/\omega_в$) пучков относительно фотоматрицы и голограммы соответственно. Здесь Δx, $\Delta\xi$, а также $2\omega_б$, $2\omega_в$ — абсолютные смещения и размеры информационного и восстанавливающего пучков соответственно. Искажения голограмм, вызванные случайными аберрациями пучков, являются основными и трудно устранимыми. Зависимость $z_п$ от x, рассчитанная из формулы (11) по экспериментальным данным, полученным в [9], приведена на рис. 3. Как видно из рисунка, эту зависимость можно представить в виде $z_п(x) = z_{п0}(1 - x^2)$ (на рисунке показана сплошной линией, точками обозначены экспери-

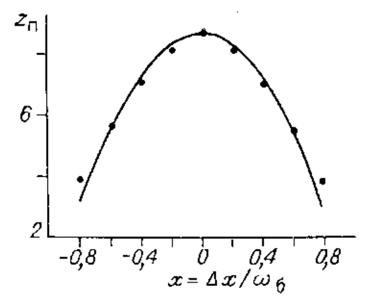


Рис. 3. Зависимость параметра $z_п$ от относительного смещения x информационных пучков в плоскости фотоматрицы

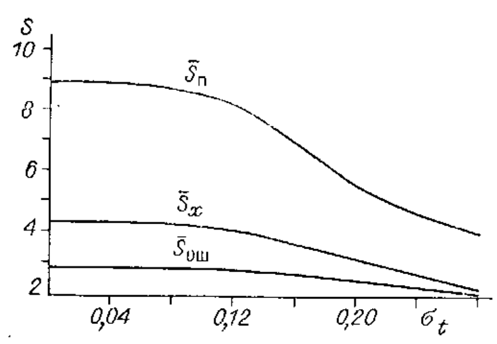


Рис. 4. Зависимости средней достоверности считывания от среднеквадратического отклонения величины смещения пучков σ_t

ментальные значения). Воспользовавшись результатами [9], функцию плотности вероятности величины $z_п$ запишем

$$W(z_п) \simeq \exp\left(-\frac{z_{п0} - z_п}{2\sigma_t^2 z_{п0}}\right) \Big| (2\sigma_t^2 z_{п0}), \tag{15}$$

где σ_t^2 — дисперсия случайной величины смещения информационного или восстанавливающего пучков; $z_{п0}$ — значение $z_п$ в отсутствие аберраций пучков. Учитывая (11), (12), (14), (15), для средней вероятности ошибки имеем

$$\bar{N}_{ош,п} \simeq \int\limits_0^{z_{п0}} \frac{K^{1/2}\left(\sigma_0'^2 + \sqrt{K}\sigma_1'^2\right)^2 e^{-z_п^2}}{4\pi\left(\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2\right) z_п^2} \frac{e^{-\frac{z_{п0}-z_п}{2\sigma_t^2 z_{п0}}}}{2\sigma_t^2 z_{п0}} dz_п. \tag{16}$$

После замены в подынтегральном выражении медленно меняющихся функций (перед экспоненциальными множителями) их средними значениями (например, $z_п = z_{п0}(1 - \sigma_t^2)$) и выполнения интегрирования для $\bar{N}_{ош,п}$ получим приближенное выражение

$$\bar{N}_{ош,п} \simeq \frac{K^{1/2}\left(\sigma_0'^2 + \sqrt{K}\sigma_1'^2\right)^2 e^{-\frac{8\sigma_t^2 z_{п0} - 1}{16\sigma_t^4 z_{п0}^2}}}{16\sqrt{\pi}\left(\sigma_0'^2 + K\sigma_1'^2\right)^2 z_{п0}^3 \sigma_t^2} \left\{\Phi\left(\frac{\sqrt{2}}{4\sigma_t^2 z_{п0}}\right) + \Phi\left(\left(z_{п0} - \frac{1}{4\sigma_t^2 z_{п0}}\right)\sqrt{2}\right)\right\}. \tag{17}$$

В последнем выражении учтено также, что $\sigma_t^2 \ll 1$.

На рис. 4 представлены зависимости средней достоверности считывания от среднеквадратического отклонения σ_t, характеризующего амплитуду случайных аберраций пучков ($\bar{S}_п$ — парафазное кодирование, $\bar{S}_x$ — кодирование данных в корректирующем коде Хэмминга (39,32) [1], $\bar{S}_{ош}$ — безызбыточное кодирование [9]). Сравнение результатов свидетельствует о том, что помехоустойчивость парафазного кода в ГП значительно превышает помехоустойчивость корректирующих кодов. Особенно наглядно это проявляется при низких исходных значениях характеристик голограмм ($K = 10$, $\sigma_1' = 0{,}3$, $\sigma_0' = 0{,}5$) и аберрациях $\sigma_t < 0{,}15$. Так, для $\sigma_t = 0{,}12$ (максимальное смещение информационного пучка $\Delta x = 36$ мкм для $2\omega_б = 200$ мкм) применение корректирующего кода Хэмминга (39,32) уменьшает вероятность ошибки только на порядок (с 10^{-3} до 10^{-4}), тогда как парафазный код позволяет снизить вероятность ошибки на 5 порядков (с 10^{-3} до 10^{-8}). Необходимо также отметить, что кодирование информации с помощью корректирующих кодов требует дополнительных средств для выбора оптимального режима фотосчитывания (порога различения «единиц» и «нулей», времени накопления), что ведет к усложнению аппаратуры и увеличению времени считывания.

Итак, в данной статье получены аналитические выражения для оценки достоверности считывания при парафазном представлении данных в канале голографической памяти с постоянными и флуктуирующими параметрами. На их основе установлено, что: 1) в канале голографической памяти с постоянными параметрами вероятность ошибки $N_п(z_п)$ при парафазном кодировании приближенно равна половине квадрата вероятности появления в массиве данных «единицы» и «нуля» таких, что $P_1 < P_0$, или третьей степени исходной вероятности ошибки при безызбыточном кодировании $(N_п(z_п) \sim N^3(z))$; 2) в канале голографической памяти с флуктуирующими параметрами парафазный способ представления информации остается эффективным при достаточно низком исходном качестве голограмм (контраст $K = 10$, $(С/Ш)_1 = 3$, $(С/Ш)_0 = 2$) и аберрациях пучков $\sigma_t < 0{,}15$. По сравнению с корректирующими кодами парафазный код позволяет снизить вероятность ошибки для таких голограмм на 3—5 порядков.

Таким образом, можно сделать вывод, что большая избыточность (50 %) парафазного способа кодирования в голографической памяти в полной мере компенсируется значительным повышением достоверности, а также снижением требований к аппаратуре фотосчитывания, системам автоюстировок и качеству голограмм.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Домбровский С. А.** Оценка эффективности применения корректирующих кодов в голографических ЗУ // Автометрия.— 1989.— № 2.
2. **Вербовецкий А. А., Федоров Б. В.** Запись на фазовые голограммы информации в парафазном коде // Оптика и спектроскопия.— 1972.— **33**, вып. 6.
3. **Домбровский В. А., Домбровский С. А., Пен Е. Ф.** Достоверность считывания информации в ГЗУ с постоянными параметрами при безызбыточном кодировании двоичных данных // Автометрия.— 1988.— № 6.
4. **Финк Л. М.** Теория передачи дискретных сообщений.— М.: Сов. радио, 1963.
5. **Rice S. O.** Mathematical analysis of random noise // Bell Syst. Techn. J.— 1944.— **23**, N 3.— P. 282.
6. **Блок А. А., Домбровский В. А., Домбровский С. А., Пен Е. Ф.** Экспериментальные исследования достоверности считывания данных в голографических ЗУ // Автометрия.— 1984.— № 3.
7. **Ванюшев Б. В., Волков А. В., Гибин И. С. и др.** Устройство хранения и считывания данных в голографической системе архивной памяти // Там же.
8. **Домбровский В. А., Домбровский С. А.** Измерение статистических характеристик двухградационных изображений с помощью фотоматрицы // ОМП.— 1987.— № 12.
9. **Домбровский С. А.** Достоверность считывания в канале голографического ЗУ с флуктуирующими параметрами // Автометрия.— 1989.— № 1.

Поступила в редакцию 14 июня 1988 г.

УДК 681.327.68

В. С. СОБОЛЕВ, И. В. ФИЛИМОНЕНКО

(Новосибирск)

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОТОПРИЕМНОГО ТРАКТА МАГНИТООПТИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

Оптические дисковые накопители (ОДН) считаются одним из перспективных запоминающих устройств. Предполагается, что реверсивная магнитооптическая память явится преемником традиционных накопителей на жестких магнитных дисках и магнитных лентах. Способ магнитооптической записи [1] заключается в локальном воздействии лазерного излучения на пленку ферромагнитного материала в присутствии внеш-