





Чтобы встроить метку, пиксельное изображение RGB делится на блоки размером 8×8 , к каждому блоку применяется дискретное косинус преобразование. Из каждого блока мы получаем матрицу 8×8 коэффициентов, для них выполняются следующие действия:

- 1) Выбор двух элементов $a_{i_1 j_1}$ и $a_{i_2 j_2}$
- 2) Скрытие бита $s \in \{0, 1\}$.

Необходимо изменить $a_{i_1 j_1}$ и $a_{i_2 j_2}$ так, чтобы

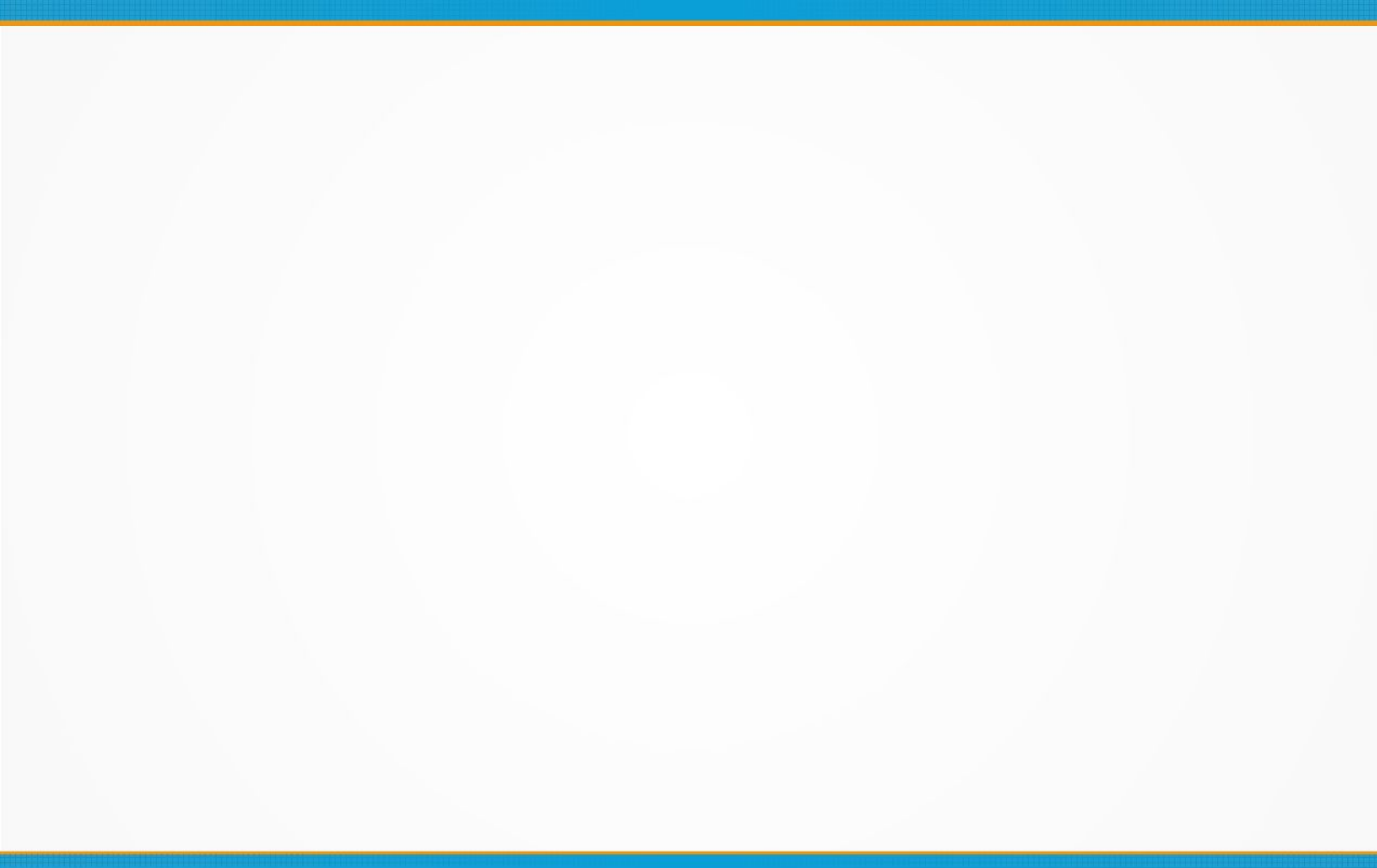
При $s = 0$ выполнялось $|a_{i_1 j_1}| - |a_{i_2 j_2}| > p$.

При $s = 1$ выполнялось $|a_{i_1 j_1}| - |a_{i_2 j_2}| < p$.

где p - параметр принимающий натуральные значения.

- 3) Выполняется обратное дискретное косинус преобразование.

Чтобы извлечь информацию, выполняют такие же шаги, только вместо пункта два смотрим, если $|a_{i_1 j_1}| > |a_{i_2 j_2}|$, $|a_{i_1 j_1}| < |a_{i_2 j_2}|$ полагают $s = 0$ и $s = 1$ соответственно. Стего-ключом будет набор выбранных i_1, j_1, i_2, j_2





Утверждение 1: $\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 \cos\left(\frac{(2j+1)j\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{16}\right) = 0 \forall i, j \in \{0 \dots 7\}$ и i, j не равны одновременно 0. А при $i = 0, j = 0$ она равна 64.

Теорема 1: Константная ошибка сохраняет встроенную метку, если индексы коэффициентов встраивания $(i, j) \neq (0, 0)$.

Доказательство: $(i_1, j_1) \neq (0, 0)$ и $(i_2, j_2) \neq (0, 0)$. Рассмотрим коэффициенты ДКП

$$|D'_{i_1 j_1}| = \left| \frac{1}{4} C_{i_1} C_{j_1} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (B_{xy}^b + \varepsilon) \cos\left(\frac{(2y+1)j_1\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i_1\pi}{16}\right) \right| =$$

$$= \left| \frac{1}{4} C_{i_1} C_{j_1} \left(\sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 (B_{xy}^b \cos\left(\frac{(2y+1)j_1\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i_1\pi}{16}\right) + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \varepsilon \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 \cos\left(\frac{(2y+1)j_1\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i_1\pi}{16}\right) \right) \right| \text{ по «утверждению 1» получаем, что}$$

$$|D'_{i_1 j_1}| = \left| \frac{1}{4} C_{i_1} C_{j_1} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 B_{xy}^b \cos\left(\frac{(2y+1)j_1\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i_1\pi}{16}\right) \right| = |D_{i_1 j_1}^b| \text{ аналогично}$$

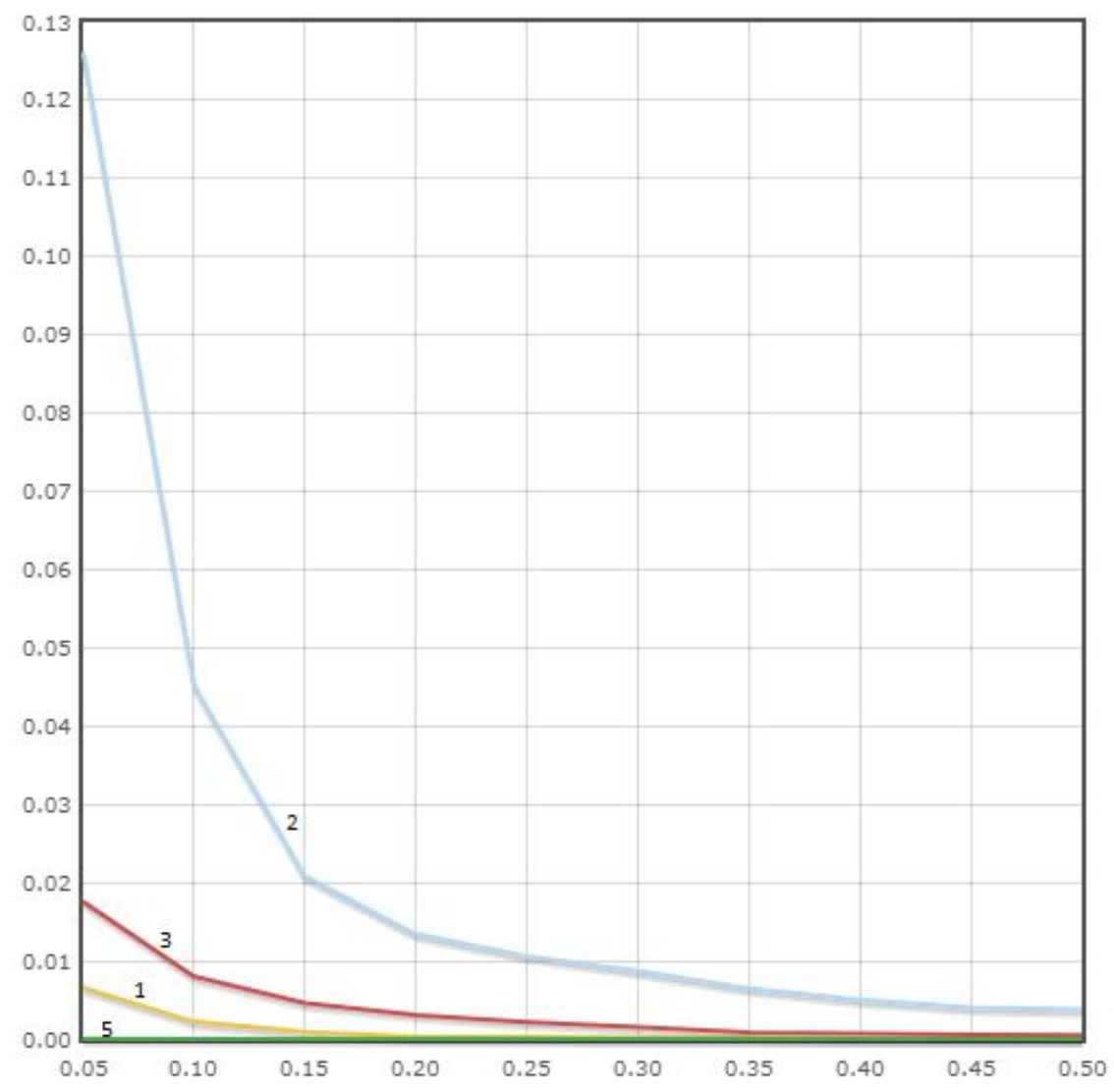
$$\text{но } |D'_{i_2 j_2}| = \left| \frac{1}{4} C_{i_2} C_{j_2} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 B_{xy}^b \cos\left(\frac{(2y+1)j_2\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i_2\pi}{16}\right) \right| = |D_{i_2 j_2}^b|, \text{ теперь}$$

надо заметить следующее:

Если в блок b был встроен бит, то есть выполнено $|D_{i_1 j_1}^b| > |D_{i_2 j_2}^b|$ либо $|D_{i_1 j_1}^b| < |D_{i_2 j_2}^b|$, то после добавления константной ошибки эти неравенства сохранятся. Значит эта ошибка не портит метку. \square



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	BER	Код 010101..									
2	изображение	P=5	P=10	P=15	P=20	P=25	P=30	P=35	P=40	P=45	P=50
3	1	0.00658762	0.00219587	0.000878349	0.000292783	0.000292783	0.000146391	0.000146391	0	0	0
4	2	0.126157	0.0452353	0.0208333	0.0134066	0.0106096	0.00868056	0.00646219	0.00501543	0.00405093	0.00376157
5	3	0.0175743	0.00798267	0.00457921	0.00309406	0.00216584	0.00154703	0.000804455	0.000680693	0.000556931	0.00049505
6	4	0.111406	0.11125	0.223438	0.111094	0.112344	0.11125	0.223594	0.223594	0.223438	0.223438
7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	PSNR										
9	1	42.4047	40.6918	39.0251	37.3604	35.9472	34.6326	33.5333	32.7974	31.9947	31.1946
10	2	42.6822	40.4083	38.555	36.9539	35.5708	34.3331	33.2795	32.3566	31.4896	30.7026
11	3	40.1283	38.8962	37.6251	36.6002	35.2301	33.8112	32.8011	32.3406	31.5016	30.7292
12	4	45.5242	42.7141	40.1909	38.4157	36.7558	35.2958	33.9819	33.4283	32.3689	31.4968
13	5	48.2079	44.3807	41.3465	39.2499	37.5232	35.6469	34.2315	33.6077	32.6758	31.7437
14	SSIM										
15	1	0.999571	0.99935	0.999042	0.998585	0.998034	0.997333	0.996562	0.995925	0.995098	0.994107
16	2	0.993806	0.989908	0.984839	0.97839	0.970642	0.961423	0.951415	0.940642	0.928493	0.915523
17	3	0.999428	0.999236	0.998972	0.998695	0.998206	0.997509	0.996855	0.996502	0.995757	0.994932
18	4	0.999844	0.999704	0.999473	0.999209	0.998842	0.998381	0.997811	0.997514	0.99683	0.996128
19	5	0.997523	0.992941	0.985133	0.975659	0.963842	0.944965	0.925084	0.914394	0.895891	0.873959

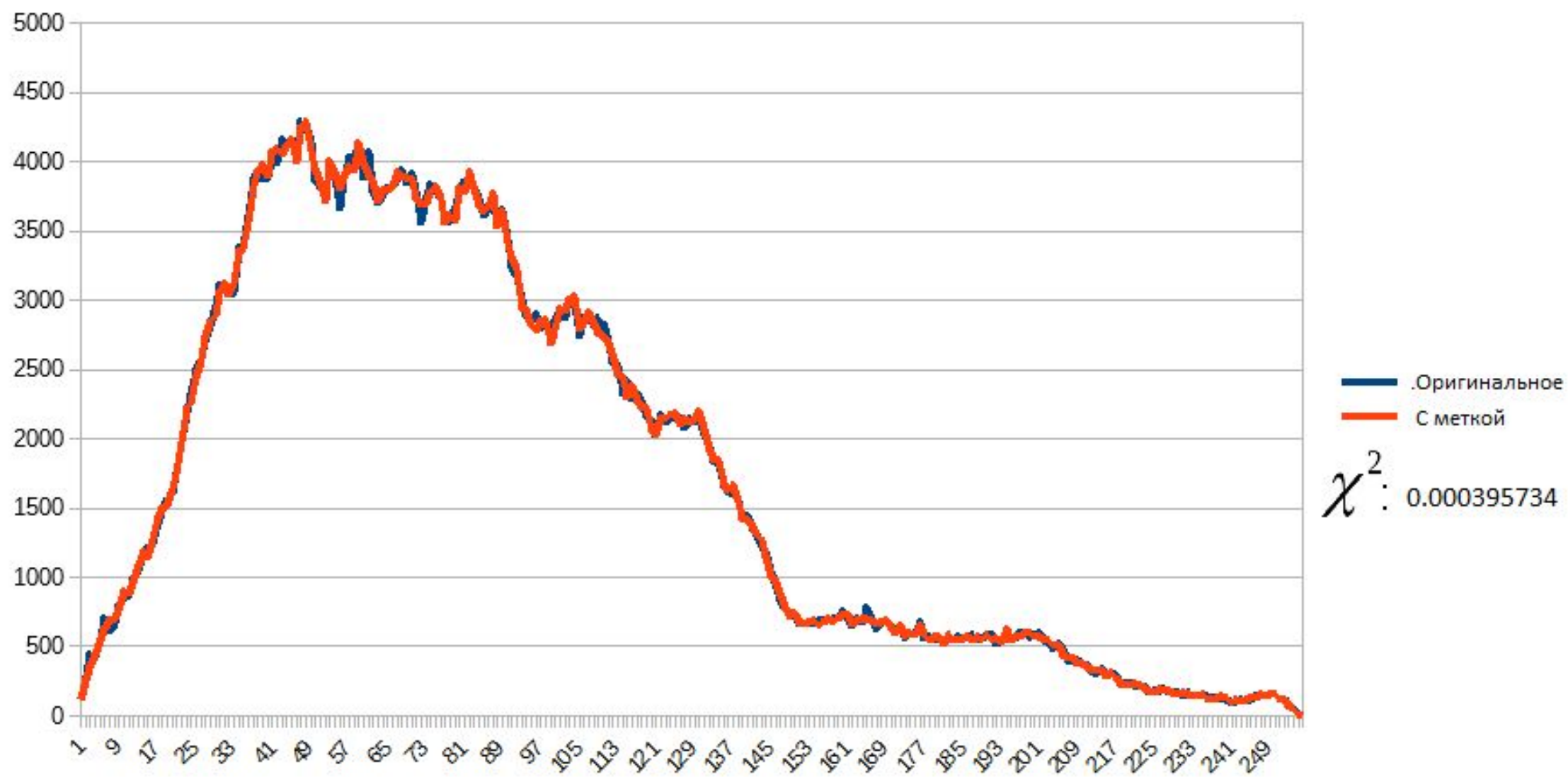


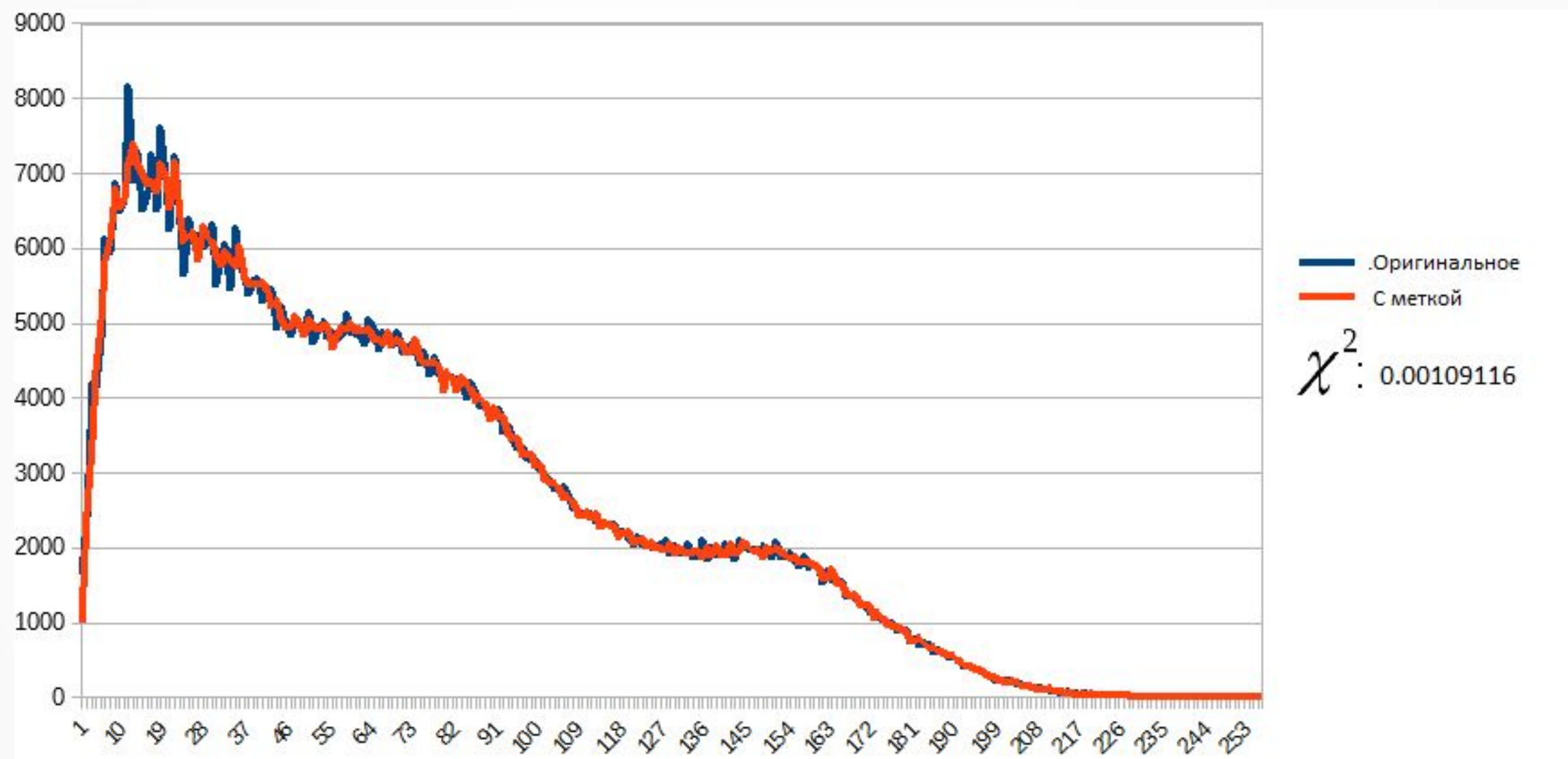
Слева 1 пиксель									
Код:010101...	BER	Код:00110011...	BER	Код:000111000111...	BER	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER
1	0.464646		0.447958	1	0.592446		0.466257		0.44342
2	0.487314		0.501798	2	0.494605		0.49198		0.492952
3	0.504764		0.502148	3	0.495797		0.502958		0.502273
4	0.497785		0.501741	4	0.503481		0.494937		0.499051
5	0.450221		0.405482	5	0.646154		0.448276		0.397701
Слева 2 пикселя									
Код:010101...	BER	Код:00110011...	BER	Код:000111000111...	BER	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER
1	0.0481628		0.0351339	1	0.498756		0.0458205		0.0395257
2	0.49616		0.493438	2	0.501507		0.495577		0.493147
3	0.493306		0.495299	3	0.498412		0.497852		0.497291
4	0.499842		0.499209	4	0.497785		0.500633		0.497468
5	0.00282935		0.00229885	5	0.500088		0.00247569		0.00194518
Слева 3 пиксель									
Код:010101...	BER	Код:00110011...	BER	Код:000111000111...	BER	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER
1	0.474016		0.395842	1	0.660665		0.481042		0.397599
2	0.491494		0.500243	2	0.50034		0.49723		0.49548
3	0.497478		0.500156	3	0.49891		0.503767		0.499844
4	0.497152		0.499525	4	0.503165		0.496203		0.503481
5	0.490009		0.352431	5	0.689302		0.490539		0.357737
Слева 4 пикселя									
Код:010101...	BER	Код:00110011...	BER	Код:000111000111...	BER	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER
1	0.495535		0.292051	1	0.325867		0.49656		0.279608
2	0.503743		0.498493	2	0.500535		0.501507		0.490328
3	0.502335		0.497789	3	0.49972		0.49835		0.50109
4	0.501741		0.501582	4	0.497943		0.498892		0.499051
5	0.49443		0.252874	5	0.262953		0.49443		0.254996

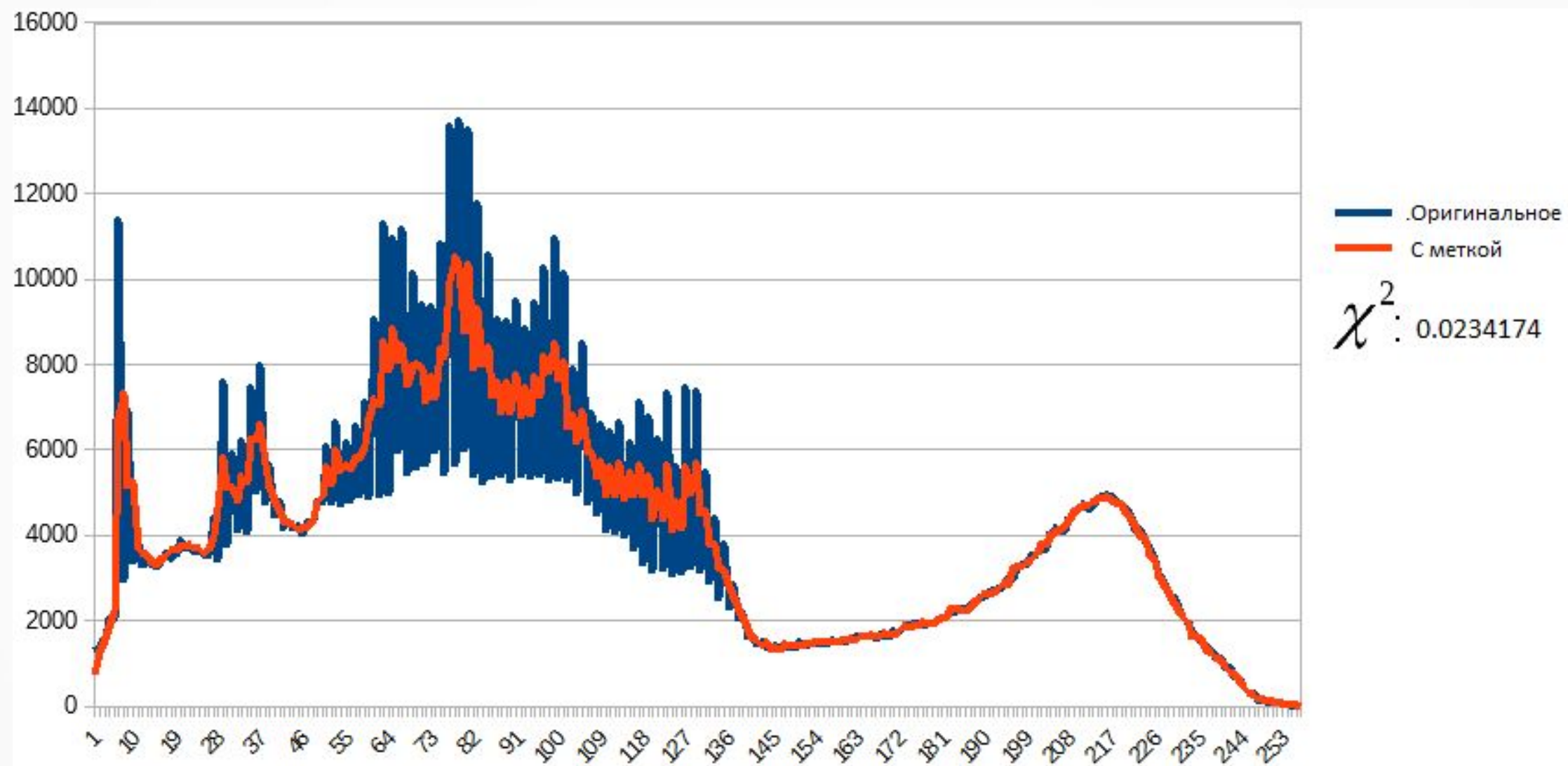
Слева 5 пикселей									
Код:010101...	BER	Код:00110011...	BER	Код:000111000111...	BER	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER
1	0.515737		0.412677	1	0.656712		0.512516		0.415752
2	0.493536		0.499077	2	0.505006		0.496743		0.494119
3	0.49754		0.503207	3	0.49424		0.503207		0.499969
4	0.493987		0.506171	4	0.498101		0.499842		0.502373
5	0.498748		0.498569	5	0.511628		0.500179		0.505367
Слева 6 пикселей									
Код:010101...	BER	Код:00110011...	BER	Код:000111000111...	BER	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER
1	0.946274		0.487484	1	0.499048		0.943932		0.488947
2	0.505006		0.497813	2	0.496355		0.503743		0.498785
3	0.502335		0.49891	3	0.502024		0.503518		0.502024
4	0.503797		0.502532	4	0.501108		0.501424		0.501741
5	0.506977		0.499642	5	0.500179		0.507513		0.5
Слева 7 пикселей									
Код:010101...	BER	Код:00110011...	BER	Код:000111000111...	BER	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER
1	0.540038		0.479725	1	0.596692		0.526131		0.481042
2	0.498299		0.497521	2	0.496452		0.492855		0.49966
3	0.502273		0.494551	3	0.500093		0.502896		0.497603
4	0.503481		0.506804	4	0.495253		0.495253		0.500633
5	0.499106		0.50322	5	0.495528		0.503041		0.50483

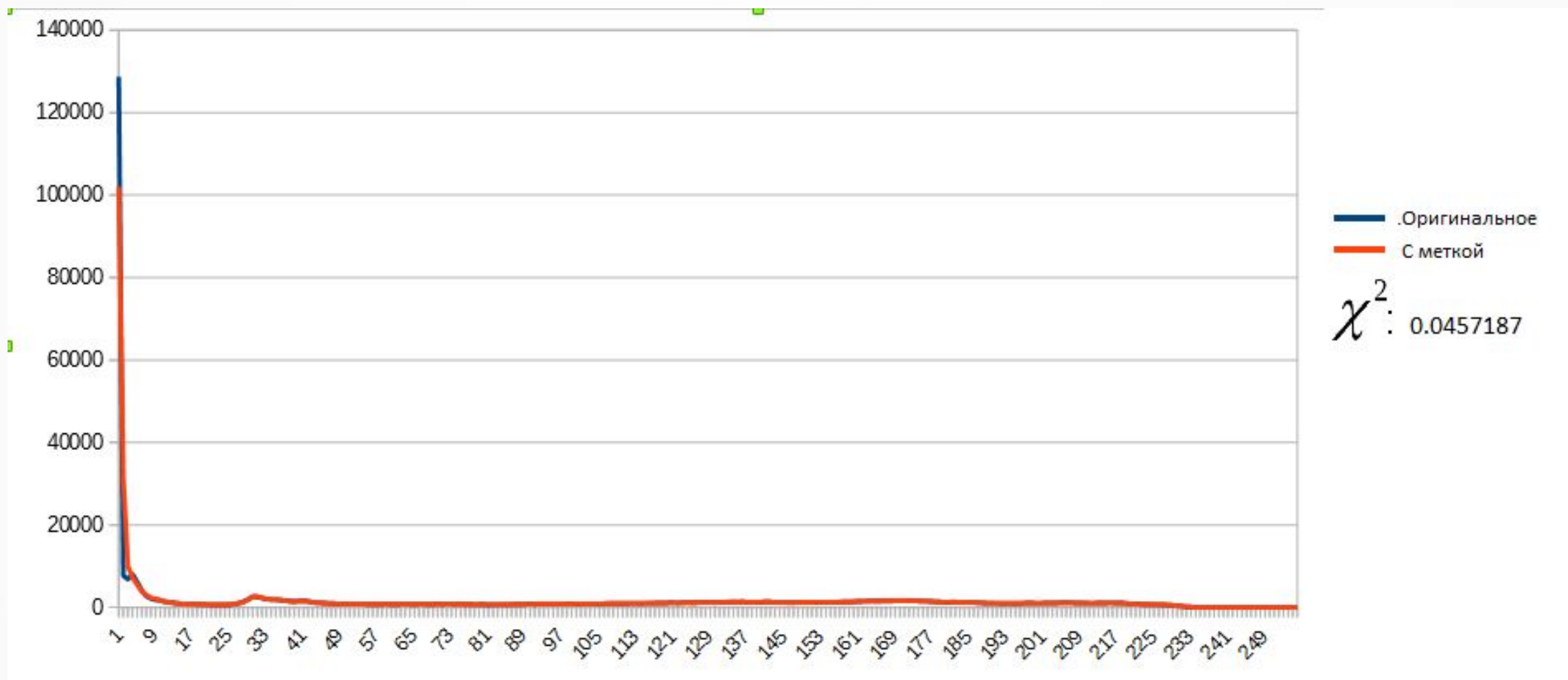
	A	B	C	D	E	F
1	Код:010101...	BER		BER	Код:000111000111...	BER
2	1	0	Код:00110011...	0	1	0
3	2	0.00578704		0.00646219	2	0.00646219
4	3	0.000680693		0.000804455	3	0.000804455
5	4	0.115156		0.105938	4	0.10625
6	5	0		0	5	0
7	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER		
8	1	0		0		
9	2	0.00655864		0.00588349		
10	3	0.000680693		0.000556931		
11	4	0.108125		0.117344		
12	5	0		0		

	A	B	C	D	E	F
1	Код:010101...	BER		BER	Код:000111000111...	BER
2	1	0.0122969	Код:00110011...	0.00936905	1	0.00936905
3	2	0.116802		0.121914	2	0.121817
4	3	0.0125		0.0117574	3	0.011695
5	4	0.131094		0.135313	4	0.135469
6	5	0.00229885		0.00371353	5	0.00371353
7	Код:101010...	BER	Код:11001100...	BER		
8	1	0.0086371		0.00731957		
9	2	0.127122		0.111208		
10	3	0.0118812		0.0129332		
11	4	0.135781		0.142031		
12	5	0.00229885		0.00318302		











Написанная программа позволяет наглядно продемонстрировать работу алгоритма Коха-Жао, исследовать динамику изменения встраиваемой метки при преобразованиях контейнера. Установлено, что метка безразлична к константным ошибкам, при выборе коэффициентов с индексами, отличными от нулевых. Получено, что невозможно гарантированно сохранить метку при корректировке только одного, либо двух пикселей в каждом блоке изображения. Проведены численные эксперименты. Рассмотрено действие алгоритма при анализе гистограммы.