

## ВІДПОВІДНІСТЬ МОДЕЛІ СИГНАЛІВ ВИТОКУ З ЕКРАНІВ МОНІТОРІВ НА РІДКОКРИШТАЛЕВИХ СТРУКТУРАХ ІСНУЮЧИМ ПОБІЧНИМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

*Дмитро Євграфов, Юрій Яремчук*

*Для отриманої раніше часової моделі витоку інформації з моніторів на рідкокристалевих структурах важливе підтвердження результатів на практиці. Обґрунтовано склад апаратури для досліджень спектрів сигналів витоку інформації на частотах від 46 до 84 МГц на базі SDR-приймача Eзсар EZTV645-DVD-T Digital TV USB 2.0 Dongl. Доведено, що для досліджень немає необхідності використовувати екрановані від радіовипромінювань кімнати. Крім того, показано як розрахувати спектр сигналів витоку інформації у вигляді біло-чорних смуг, горизонтальних та вертикальних бланк-імпульсів. Розрахунки подані для сигналів з відеокарт моніторів персональних обчислювальних машин у спрощеному двохвідтінковому вигляді статичного зображення, для нескінченного часу аналізу. Досліджено створення тестових зображень у вигляді 54, 56, 58, 60, 62 біло-чорних смуг і розрахунки спектрів сигналів витоку інформації для екрану монітору 1024 на 768 пікселів з частотами кадрової розгортки 60 Гц і тестових зображень з 54, 58 та 62 біло-чорними смугами. Здійснено сканування спектру сигналів витоку інформації з екранів моніторів на рідкокристалевих структурах і статистичне оброблення результатів вимірювань спектральних характеристик сигналів. Зроблено висновок про придатність прийнятої моделі сигналу для подальших досліджень побічних випромінювань від зображень на екрані монітору у вигляді текстів.*

**Ключові слова:** *побічні електромагнітні випромінювання, екрани моніторів на рідкокристалевих структурах, коефіцієнти Фур'є, SDR-приймачі, відносна похибка вимірювань.*

### ВСТУП

В роботі [2] розглянуто структуру сигналів побічних випромінювань з працюючих екранів моніторів персональних обчислювальних машин (ПЕОМ), побудованих на рідкокристалевих структурах (РКС). На основі аналізу в [3] побудовано модель сигналів витоку інформації і обґрунтовано спектр сигналів побічних електромагнітних випромінювань і наведень (ПЕМВІН) з екрану монітору ПЕОМ на РКС. На екран виводилося статичне зображення тестового сигналу з до-

статньою контрастністю (наприклад білі вертикальні смуги на чорному екрані), тобто такі, що мають лише два тони, а RGB сигнали – дві амплітуди. Обґрунтування спектрів сигналів витоку здійснювалося розрахунками коефіцієнтів Фур'є для нескінченно періодичної тривалості тестового сигналу у вигляді меандру з пікселів білого та чорного кольору у строчці, які складатимуться у вертикальні смуги шириною у піксель.

Подальші дослідження у цьому напрямі потребують порівняння коефіцієнтів Фур'є:

$$S(k) = \frac{1}{\pi k} \left[ \sum_{i=0}^{h-1} \sum_{m=0}^{w/2-1} \sin \left[ \frac{2\pi k (iT_c + \tau_c / 2 + 2m\tau_{\text{п}} + \tau_{\text{п}})}{T_k} \right] - \sin \left[ \frac{2\pi k (iT_c + \tau_c / 2 + 2m\tau_{\text{п}})}{T_k} \right] \right], \quad (1)$$

де  $k = 0, 1, 2, \dots, K$ ,  $K$  – максимальний індекс спектрального аналізу, для дискретних частот  $f_k = k/T_k$ ,  $T_k$  – період слідування кадрів,  $T_c = 1/f_{\text{hor}}$  – період слідування строк,  $\tau_{\text{п}} = 1/f_{\text{pic}}$  – тривалість пікселю,  $\tau_c$  – тривалість строкових бланк-імпульсів,  $h$  – кількість строк у кадрі,  $w$  – кількість пікселів у строчці, з результатами вимірювання спектрів побічних сигналів з екрану працюючого монітору на РКС. Лише після цього

можна зробити висновки про відповідність або невідповідність прийнятої у [4] моделі сигналів витоку, та оцінити важливість отриманих результатів і використання моделі у подальших дослідженнях.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Задача полягає в організації і постановці практичних досліджень, які в ідеалі мали би бути виконані з використанням сучасної техніки спектрального аналізу, розташованої разом з екраном

монітору на РКС в екранованому від зовнішніх електромагнітних випромінювань приміщенні. Насправді організувати подібні дослідження вкрай важко, оскільки, наприклад, у всьому Києві подібні кімнати є не більше ніж у десятка державних і приватних науково-дослідних установ, а оренда подібних кімнат разом із сучасною апаратурою спектрального аналізу є дороговартісним задоволенням. Набагато дешевше і простіше дослідити ПЕМВІН з екранів моніторів на РКС для частот від 46 МГц до 84 МГц за допомогою SDR-технологій. У табл. 1 подано залежність частоти кадрової синхронізації  $f_{ver} = 1/T_k$  від типорозмірів екрану і режимів VESA [3]. Для зазначеного діапазону частот необхідно дослідити розраховані відповідно до (1) коефіцієнти Фур'є починаючи з  $k = 5,4 \cdot 10^5 \div 7,6 \cdot 10^5$  (для нижньої частоти у 46 МГц) і до  $k = 9,9 \cdot 10^5 \div 1,4 \cdot 10^6$  (для верхньої частоти у 84 МГц), що на три порядки менше, ніж для усього спектру ПЕМВІН, і порівняти їх з вимірними безпосередньо з самого екрану монітору напруженостями полів випромінювання. При цьому можна застосувати неспрямовані антени, оскільки:

– для низьких частот ПЕМВІН будь яке розташування приймальної антени знаходиться у ближній зоні поширення радіохвиль і тому її просторово-частотні характеристики не впливатиме на спектри сигналів, що приймаються;

– розташування антенних датчиків безпосередньо на екрані монітору дає можливість нехтувати іншими сигналами від джерел випромінювання, оскільки напруженості полів ПЕМВІН є набагато більшими;

– у поєднанні з дешевими SDR-технологіями повністю розв'язується комплекс практичних досліджень, крім досліджень для більш інформативних частот ПЕМВІН (вище сотні мегагерц і до одиниць гігагерц).

Метою роботи є: уточнення виразу (1) для тестових сигналів у вигляді смуг білого та чорного кольору але шириною не у піксель (як у попередній роботі), а декілька пікселів, для зменшення інформативних частот ПЕМВІН.

Крім того, необхідно обґрунтувати склад апаратури та порівняти результати практичних досліджень з результатами розрахунків відповідно до моделі, що досліджується.

Таблиця 1

Залежності частот синхронізації від типорозміру екрану

Типорозмір	Режим VESA	$f_{ver}$ , Гц	$f_{hor}$ , кГц	$f_{pic}$ , МГц
640×480	VGA (60 Hz)	59,9	31,5	25,2
640×480	VGA (72 Hz)	72,8	37,9	31,5
640×480	VGA (85 Hz)	85,0	43,3	35,9
800×600	SVGA (60 Hz)	60,3	37,9	40,0
800×600	SVGA (85 Hz)	85,1	53,7	56,3
1024×768	XGA (60 Hz)	60,0	48,4	64,8
1024×768	XGA (85 Hz)	85,0	68,7	94,8
1280×1024	SXGA (60 Hz)	60,0	64,0	107,6
1280×1024	SXGA (75 Hz)	75,0	79,9	135

Розв'язання задачі розрахунку коефіцієнтів Фур'є при застосуванні тестових зображень у вигляді  $N$  чорних-білих смуг. Вираз (1) для  $N$  чорно-білих вертикальних смуг можна отримати, якщо замість тривалості пікселя  $\tau_{п}$  застосувати

в  $w/N$  разів більший інтервал часу, в якому  $2 \leq N \leq w$ .

Наприклад, коли  $N = 2$  екран монітору поділений навпіл вертикальними смугами чорного і білого кольору.

Для тестового сигналу у вигляді  $N/2$  білих смуг і  $N/2$  чорних смуг, де  $N = 2, 4, \dots, w$ , час на формування смуги становить:

$$\tau_N = \frac{\tau_n w}{N},$$

а замість індексу кількості пікселів у виразі (1) треба застосувати кількість смуг: формула 2. Так само, як і в роботі [3], остаточний результат можна отримати взявши кінцеві суми у (2) [4]: формула 3.

$$S(k) = \frac{1}{\pi k} \left| \sum_{i=0}^{h-1} \sum_{m=0}^{N/2-1} \sin \left[ \frac{2\pi k \left( iT_c + \frac{\tau_c}{2} + \frac{2m\tau_n w}{N} + \frac{\tau_n w}{N} \right)}{T_k} \right] - \sin \left[ \frac{2\pi k \left( iT_c + \frac{\tau_c}{2} + \frac{2m\tau_n w}{N} \right)}{T_k} \right] \right|, \quad (2)$$

$$S(k) = \frac{1}{\pi k} \left| \frac{\sin \left( \frac{h\pi k T_c}{T_k} \right) \sin \left( \frac{w\pi k \tau_n}{T_k} \right)}{\sin \left( \frac{\pi k T_c}{T_k} \right) \sin \left( \frac{2w\pi k \tau_n}{T_k N} \right)} \sin \left( \frac{\pi k}{T_k} \left( [h-1]T_c + w\tau_n + \tau_c \right) \right) - \frac{\sin \left( \frac{h\pi k T_c}{T_k} \right) \sin \left( \frac{w\pi k \tau_n}{T_k} \right)}{\sin \left( \frac{\pi k T_c}{T_k} \right) \sin \left( \frac{2w\pi k \tau_n}{T_k N} \right)} \sin \left( \frac{\pi k}{T_k} \left( [h-1]T_c + w\tau_n + \tau_c - \frac{2\tau_n w}{N} \right) \right) \right|. \quad (3)$$

На рис. 1-3 для логарифмічної вісі ординат і  $k = 7,67 \cdot 10^5 \div 1,4 \cdot 10^6$  проілюстровано результати розрахунку відповідно до (3) для  $w = 1024$ ,  $h = 768$  режиму XGA (60 Гц), при

яких [3]:  $T_k = 16,667$  мс,  $T_c = 20,661$  мкс,  $\tau_n = 0,0154$  мкс,  $\tau_c = 4,859$  мкс.

На рис. 1 розрахунки проведені для  $N = 54$ , рис. 2 – для  $N = 58$ , рис. 3 – для  $N = 62$ .

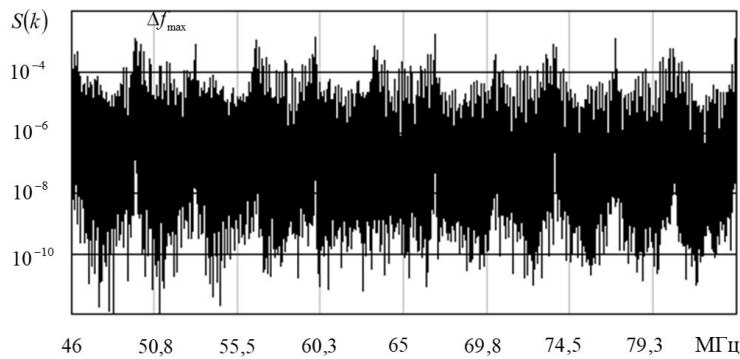


Рис. 1 Розрахунковий спектр сигналу витoku інформації для  $N = 54$

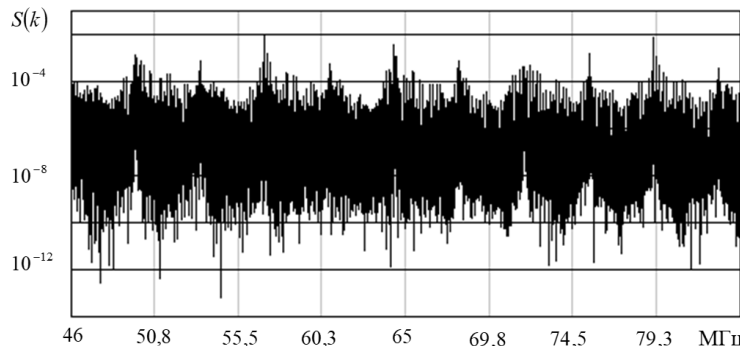
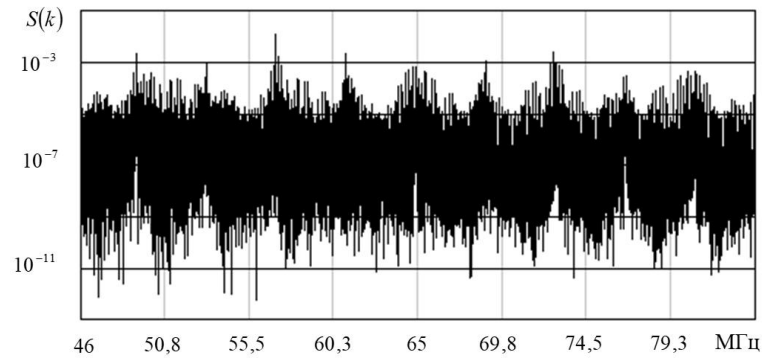


Рис. 2 Розрахунковий спектр сигналу витoku інформації для  $N = 58$

Рис. 3 Розрахунковий спектр сигналу витoku інформації для  $N = 62$ 

Як і слід було очікувати зі зростанням  $N$  відстані між максимумами гребенів ПЕМВІН  $\Delta f_{\max}$  зростають.

#### Опис обладнання та тестових програм для зняття побічних електромагнітних випромінювань з екрану монітору на рідкокришталевих структурах

Комплект апаратури для практичних досліджень має вартість не більше 10\$ (див. рис. 4). Оскільки задача полягає в отриманні спектрограм ПЕМВІН у смузі частот від 46 МГц до 84 МГц в якості базового приймача достатньо застосувати виріб Ezсар EZTV645-DVB-T Digital TV USB 2,0 Dongl на базі кристала RTL2832U.

В якості приймальної антени застосовується активна автомобільна антена типу Blanpunkt AutoFun Line, яка має вбудований підсилювач на 3 дБ. Схема живиться від джерела живлення 9 В (батарея типу Крона), а замість DIN-штекера застосовується звичайний ВЧ TV-штекер.

Вусики автомобільної антени і світлодіод індикації живлення відпаюються, а замість вусиків використовують індуктивну антену, намотану на пластмасову шпульку від швейної машини проводом ПЕЛШО 0,15. Зазвичай на шпульці розміщується від 750 до 850 витків.

В якості антени можна застосувати будь-які аналоги фірми Bosch, наприклад антену російського виробництва моделі R01A, яка за рекламаними характеристиками має, навіть, більший за 20 дБ коефіцієнт підсилення (реально – не більше 2 дБ). Корпус датчика з підсилювачем приклеюється до обрізаного гачка з присоскою, за допомогою якої приймальна антена кріпиться до екрану монітору (див. рис. 5).

Тестові зображення легко отримати на комп'ютері за допомогою офісних програм World, Paint, а зображення у вигляді чорно-білих смуг зберегти як графічні файли \*.jpeg. В якості тестових зображень використовувалися смуги з парною кількістю  $N = 54; 56; 58; 60; 62$ .

Після установки на комп'ютер усіх необхідних для роботи RTL SDR- радіо драйверів можна приступити до виконання експериментальних досліджень, в яких один комп'ютер використовується як інтерфейс спектроаналізатора, а інший – як джерело ПЕМВІН.

Але якщо застосувати панорамні програми сканування RTL SDR Scanner, які мають можливість записувати у вигляді файлів \*.rfs зображення спектрів і водоспаду, для досліджень достатньо одного комп'ютеру, після незначного доопрацювання програмного забезпечення експерименту.

Ще простіше провести експеримент за допомогою однієї ПЕОМ, на якій одночасно розкриті програми перегляду рисунків та інтерфейс управління SDR- приймачем.



Рис. 4 Комплект апаратури для практичних досліджень



Рис. 5 Зняття побічних випромінювань з екрану монітору

Після запуску приймача на обраній частоті сканування в режимі амплітудної модуляції (АМ), протягом 15-20 секунд розкривається вікно з тестовим зображенням, а потім знову повертається до інтерфейсу управління приймачем.

Типове зображення інтерфейсу при наявності сигналу витoku інформації подано на рис. 6. Воно отримано для тестового зображення з  $N = 58$ . Відстані між спектральними складовими сигналу мають становити  $f_{hor}$ , а між максимумами ПЕМВІН:

$$\Delta f_{max} = \frac{f_{pic} N}{w}. \quad (4)$$

При налаштуванні SDR- приймача на одну із частот ПЕМВІН в гучномовцях гарно прослуховується сигнал з частотою  $f_{ver}$ .

**Порівняння експериментальних спектрів зі спектрами моделі сигналів витoku ін-**

**формації з екрану моніторів на рідкокристалевих структурах.**

Кожне тестове зображення для  $N = 54; 56; 58; 60; 62$  досліджувалося в діапазоні частот 46-84 МГц з кроком налаштування на центральну частоту у 2 МГц (двадцять налаштувань на кожний тест).

У табл. 2 подано результати вимірювань усіх наявних ПЕМВІН, які мали максимальну потужність і відповідали випромінюванням максимуму гребінцю (див. рис. 1 – рис. 3), а у табл. 3 – розраховані відповідно до (4) з використанням даних табл. 1. Порівнянням останньої строки у табл. 2 з даними табл. 3 можна поррахувати відносну похибку обраної моделі сигналу ПЕМВІН реальним побічним випромінюванням з екрану монітору на рідкокристалевих структурах. На рис. 7 для порівняння розрахованих і реальних спектрів сигналів на водоспад з головною частотою ПЕМВІН у 63,068 МГц (виділено у табл. 2) накладено розрахований за виразом (3) спектр сигналу, який отримано для  $k = 1,03 \cdot 10^6 \div 1,07 \cdot 10^6$ . Можна побачити як при укрупненні розрахункового спектру чітко проглядається його гребінцевий з частотою у  $f_{hor}$  характер, що є запорукою створення надійного каналу витoku інформації шляхом оптимізації приймальних трактів спеціальних засобів розвідки противника [1]. Крім того бачимо, що розрахунковий спектр принаймні своїми максимумами співпадає з реальними ПЕМВІН.

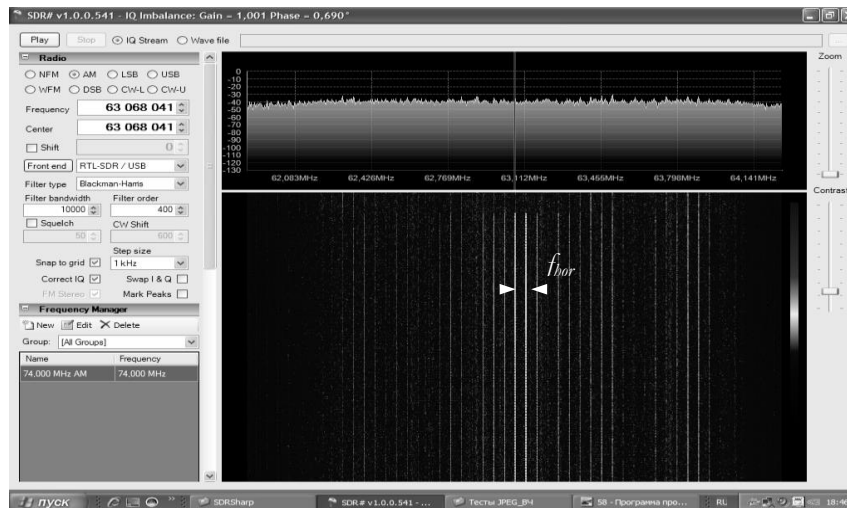


Рис. 6. Екран інтерфейсу SDR-приймача

Таблиця 2

Частоти ПЕМВІН з максимальною потужністю, МГц

$N = 54$	$N = 56$	$N = 58$	$N = 60$	$N = 62$
59,637113	59,443298	59,200000	59,010309	54,750515
63,216494	63,164948	<b>63,068041</b>	63,022680	58,861855
66,795876	66,841237	66,944329	66,989690	62,927835
70,375257	79,564948	70,762886	71,002061	67,039175
73,954639	74,292783	74,630927	75,022680	71,150515
77,534020		78,453608	78,985567	
		82,321649		
Усереднені значення $\Delta f_{\max}$				
3,579	3,712	3,854	3,995	4,1

Таблиця 3

Розраховані частоти  $\Delta f_{\max}$ , МГц

$N = 54$	$N = 56$	$N = 58$	$N = 60$	$N = 62$
3,417	3,544	3,67	3,797	3,923

У табл. 4 зведено усі видимі на екрані ПЕМВІН різниці частот для усіх тестових зображень. Усереднення значень дає можливість виміряти  $f_{hor}$ , порівняння якої зі значеннями, наданими у табл. 1, дозволяє оцінити інструмен-

тальні похибки вимірювань частот спектру за допомогою виробу Ezcap EZTV645-DVB-T Digital TV USB 2,0 Dongl [5] і усереднення результатів по 36 вимірам.

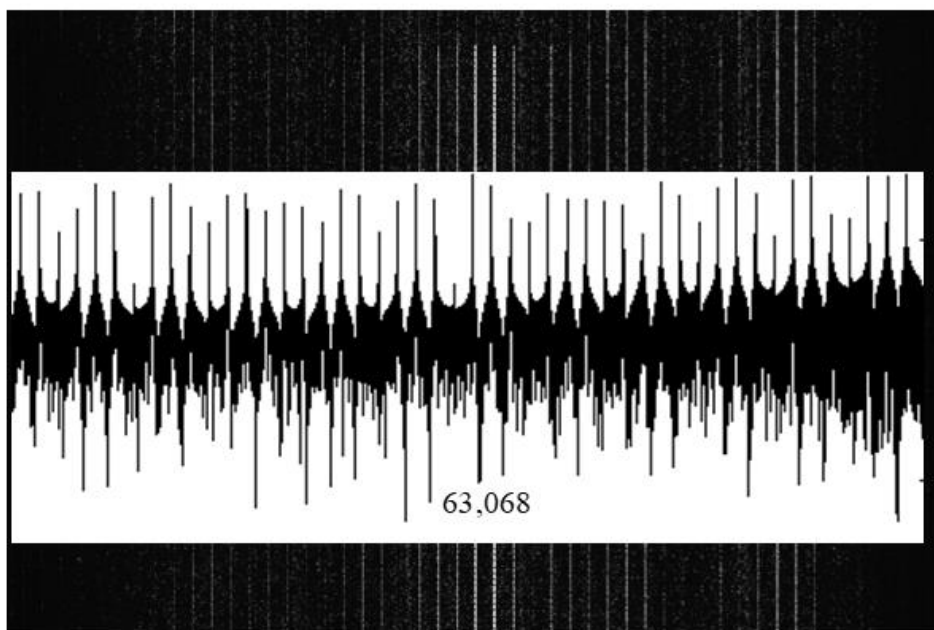


Рис. 7 Накладений на водоспад розрахунковий спектр з центральною частотою у 63,068 МГц

Таблиця 4

Різниці частот побічних випромінювань, кГц

53,608	49,485	52,484	49,484	45,361	45,360	45,361	49,485	49,485	49,485
49,485	53,815	53,608	49,484	45,360	45,361	53,608	53,608	53,608	45,361
49,485	45,361	49,484	45,361	49,484	49,484	49,485	49,185	49,485	45,361
49,485	45,360	45,361	49,481	49,484	45,361				
Усереднене значення $f_{hor} = 48,878$									

**ВИСНОВКИ**

1. Інструментальна відносна похибка вимірювань частот спектру за допомогою виробу Ezcap EZTV645-DVB-T Digital TV USB 2,0 Dongl на базі кристалу RTL2832U, оцінена обробленим 36 незалежних значень, не перевищує 0,98%.

2. Запропоновані в роботі [3] часові моделі сигналів витоків для моніторів ПЕОМ на рідкокристалевих структурах подають спектри тестових сигналів витоків з відносною похибкою, що не перевищує 4,77%. З урахуванням інструментальних похибок методу, невідповідність моделей сигналів витоків реальним ПЕМВІН не перевищуватиме 1%, оскільки в експерименті застосовувалися не професійні тестові зображення (у вигляді файлів \*.exe), а редактори рисунків, бокові смуги інтерфейсу яких сприймаються як додаткові смуги світлого тону (усі реально виміряні значення  $\Delta f_{\max}$  більші розрахованих на 3-4%).

3. Використання виробу Ezcap EZTV645-DVB-T Digital TV USB 2,0 Dongl з метою подальших досліджень текстових зображень можливо для шрифтів, більших за 36 кегель.

4. Для аналізу витоків текстової інформації з моніторів ПЕОМ на рідкокристалевих структурах, при використанні шрифтів, менших за 36 кегель, необхідно застосування екранованої кімнати і апаратури спектрального аналізу для частот від 50 кГц до 2 ГГц.

**ЛІТЕРАТУРА**

- [1] Євграфов Д.В. *Фізичні основи захисту інформації в радіоелектронній апаратурі*: навч. посіб. / Д.В. Євграфов. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – С. 170 – 172.
- [2] Наконечний Т.А., Євграфов Д.В. *Перехоплення сигналу витоків інформації з екрану монітора*. Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Радіотехнічний факультет НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського, 18-24 листопада 2018 року, м. Київ, Україна, 2018. – С. 86-88.
- [3] Євграфов Д.В., Яремчук Ю.Є. *Розрахункові спектри сигналів витоків інформації з екранів моніторів на рідкокристалевих структурах*. К.: Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, № 2, Том 23, 2021. – С. 3-12.
- [4] Прудников А. П. Интегралы и ряды / А. П. Прудников, Ю. А. Брычков, О. И. Маричев. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 797 с.
- [5] Some Measurements on DVB-T Dongles with E4000 and R820 Tuners: Image Rejection, Intermodulation. URL: [http://f6fvy.free.fr/rtl\\_sdr/Some\\_Measurements\\_on\\_E4000\\_and\\_R820\\_Tuners.pdf](http://f6fvy.free.fr/rtl_sdr/Some_Measurements_on_E4000_and_R820_Tuners.pdf).

**СООТВЕТСТВИЕ МОДЕЛИ СИГНАЛОВ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ С ЭКРАНОВ МОНИТОРОВ НА РЕДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ СУЩЕСТВУЮЩИМ ПОБОЧНЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ИЗЛУЧЕНИЯМ**

Для полученной раньше временной модели утечки информации с мониторов на рідкокристаллических структурах важно подтверждение результатов на практике. Обосновано состав аппаратуры для исследования спектров сигналов утечки информации на частотах от 46 до 84 МГц на базе SDR-приемника Ezcap EZTV645-DVD-T Digital TV USB 2.0 Dongl. Доказано, что для исследований нет необходимости использовать экранированные от радиоизлучений комнаты. Кроме того, показано как рассчитать спектр сигналов утечки информации в виде бело-черных полос, горизонтальных и вертикальных бланк-импульсов. Расчеты представлены для сигналов с видеокарт мониторов персональных вычислительных машин в упрощенном двуканальном виде статического изображения, для бесконечного времени анализа. Исследовано создание тестовых изображений в виде 54, 56, 58, 60, 62 бело-черных полос и расчеты спектров сигналов утечки информации для экрана монитора 1024 на 768 пикселей с частотами кадровой развертки 60 Гц и тестовых изображений с 54, 58 та 62 бело-черными полосами. Осуществлено сканирование спектра сигналов утечки информации с экранов мониторов на рідкокристаллических структурах и статистическая обработка результатов измерений спектральных характеристик сигналов. Сделано вывод про состоятельность принятой модели сигнала, для дальнейших исследований побочных излучений от изображений на экране монитора в виде текстов.

**Ключевые слова:** побочные электромагнитные излучения, экраны мониторов на редкокристаллических структурах, коэффициенты Фурье, SDR- приемники, относительная ошибка измерений.

**CONFORMITY OF THE MODEL OF INFORMATION LEAKAGE SIGNALS FROM MONITOR SCREENS ON RARE CRYSTAL STRUCTURES WITH EXISTING SIDE ELECTROMAGNETIC RADIATIONS**

For the previously obtained temporary model of information leakage from monitors based on crystal structures, it is important to confirm the results in practice. The composition of the equipment for studying the spectra of information leakage signals at frequencies from 46 to 84 MHz based on the Ezcap EZTV645-DVD-T Digital TV USB 2.0 Dongl SDR- receiver has been substantiated. It has been proven that there is no need to use radio-

shielded rooms for research. In addition, it is shown how to calculate the spectrum of information leakage signals in the form of white-black stripes, horizontal and vertical blank impulses. The calculations are presented for signals from video cards of personal computer monitors in a simplified two-tone form of a static image, for an infinite analysis time. The creation of test images in the form of 54, 56, 58, 60, 62 white-black stripes and calculations of the spectra of information leakage signals for a monitor screen of 1024 by 768 pixels with a vertical frequency of 60 Hz and test images with 54, 58 and 62 white-black stripes. The scanning of the spectrum of signals of information leakage from the screens of monitors on the crystal structures and statistical processing of the results of measurements of the spectral characteristics of the signals is carried out. A conclusion is made about the consistency of the adopted signal model for further studies of spurious emissions from images on the monitor screen in the form of texts.

**Keywords:** spurious electromagnetic radiation, monitor screens based on rare crystal structures, Fourier coefficients, SDR - receivers, relative measurement error.

**Євграфов Дмитро Вікторович**, здобувач наукового ступеня доктор технічних наук Вінницького національного технічного університету.

**DOI:** [10.18372/2410-7840.23.16405](https://doi.org/10.18372/2410-7840.23.16405)

**УДК** 004.056.5(045)

E-mail: ramgraf@bigmir.net.

Orcid ID: 0000-0001-9651-1558.

**Євграфов Дмитрий Викторович**, соискатель научной степени доктор технических наук Винницкого национального технического университета.

**Yevgrafov Dmutro Viktorovych**, applicant for a scientific degree, Doctor of Technical Sciences, Vinnytsia National Technical University.

**Яремчук Юрій Євгенович**, директор Центру інформаційних технологій та захисту інформації, професор кафедри менеджменту та безпеки інформаційних систем Вінницького національного технічного університету.

E-mail: yurevyar@vntu.edu.ua.

Orcid ID: 0000-0002-6303-7703.

**Яремчук Юрий Евгеньевич**, директор Центра информационных технологий и защиты информации, профессор кафедры менеджмента и безопасности информационных систем Винницкого национального технического университета.

**Yaremchuk Yuri**, Director of the Center for Information Technologies and Information Protection, Professor of the Department of Management and Security of Information Systems, Vinnytsia National Technical University.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФИЗИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЗЛОМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

*Борис Журиленко, Кирилл Николаев, Любовь Рябова*

*В данной работе представлена математическая модель физического процесса взлома технической защиты информации (ТЗИ). Математическая модель базируется на работах Б.Журиленко, в которых используются: вложенное в защиту финансирование, коэффициент эффективности защиты и направление взлома. Математическая модель строилась с учетом распределения Пуассона, используемого в теории массового обслуживания. Распределение Пуассона позволяет учесть вероятность появления той или иной попытки и ее времени взлома защиты информации. Проведенные исследования показали, что, в случае отсутствия финансирования в защиту, вероятность взлома будет определяться только распределением Пуассона и вероятностью взлома применяемой защиты. При наличии финансирования в защиту информации, наблюдаются различия между распределениями вероятности и максимума вероятности взлома, причем распределение вероятности взлома имеет максимальное значение в определенной точке, а распределение максимумов вероятности взлома носит экспоненциальный характер. Кроме того, эти распределения имеют остронаправленный характер с максимальным значением вероятности по направлению линии взлома. Значения вероятностей падают при удалении от линии направления взлома, увеличении координат взлома и времени. В случае отличия реального направления взлома от проектируемого вероятность максимального значения возможного взлома ТЗИ изменяется. Показано, что в этом случае вероятность возможного взлома падает, так как уменьшается площадь пересекающихся поверхностей вероятностей реального и возможного взломов. В математическую модель физического процесса взлома ТЗИ введено выражение, определяющее вероятность взлома предполагаемой защиты. Таким образом, в результате выполненной работы получена математическая модель физического процесса взлома ТЗИ, которая описывается такими параметрами: вложенным в защиту финансированием, эффективностью вложенного в защиту финансирования, направлением попыток взлома и их интенсивностью, вероятностью появления той или иной попытки взлома и вероятностью взлома предполагаемой ТЗИ.*