

УДК 621.391:004.382.7]:004.056

**ЗАГРОЗИ ПЕРЕХОПЛЕННЯ ПОБІЧНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ
ВИПРОМІНЮВАНЬ ПЕРСОНАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРІВ,
ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ЦИФРОВІ ІНТЕРФЕЙСИ**

Санжарова А. К.

e-mail: alina.sanzharova@nure.ua

Науковий керівник – ст. викладач Олейнікова О.І.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. КРiCTЗi
м. Харків, Україна

This work is devoted to analyzing the threats of intercepting side electromagnetic emissions (SEME) from personal computers that use digital video interfaces. The mechanisms of SEME formation and their impact on the security of displayed information are examined. Special attention is paid to methods of image reconstruction based on intercepted signals and to the factors affecting text readability.

Інформаційна безпека є однією з ключових проблем сучасних інформаційних систем. Одним із критичних аспектів є захист даних від несанкціонованого перехоплення через побічні електромагнітні випромінювання (ПЕМВ). Особливо вразливими є системи відеовідображення, що використовують цифрові інтерфейси, такі як DVI (Digital Visual Interface) та HDMI (High Definition Multimedia Interface), які передають дані за допомогою високошвидкісної послідовної технології TMDS (Transition Minimized Differential Signaling).

Передача імпульсних сигналів через відеокабелі супроводжується випромінюванням електромагнітних хвиль. Роль випадкових антен при випромінюванні ПЕМВ персональних комп'ютерів виконують провідники, що з'єднують вихід цифроаналогового перетворювача відеоадаптера з роз'ємом DVI, та кабель, що з'єднує системний блок з монітором. Діапазон побічних випромінювань тягнеться від десятків кГц до 2000 МГц і визначається частотою тактового генератора комп'ютера. Для стандартного сучасного комп'ютерного монітора перехоплення інформації можливе на частотах аж до 1000-ї гармоніки тактової частоти, а рівень випромінювання, що становить у ближній зоні до десятків дБ, дозволяє приймати сигнали на відстані до кількох сотень метрів [1]. ПЕМВ можуть бути перехоплені засобами технічної розвідки та використані для відновлення зображення, що виводиться на екран. При зміні кольору пікселів зображення змінюються і амплітуди «піксельних» імпульсів (групи імпульсів, що передають кодівий колір пікселя). Амплітудні характеристики випромінювань залежать від кольору пікселів, що передаються, оскільки різні кольорові комбінації формують унікальні спектральні характеристики сигналу.

Розбірливість тексту на зашумленому зображенні залежить від відносини сигнал/шум зображення, при цьому під сигналом зазвичай розуміють-

ся різниця середніх яскравостей білого та чорного пікселів, а під шумом – середньоквадратичне відхилення яскравості пікселів зображення, спричинене шумами приймача засобу розвідки [2]:

$$q_c = 20 \lg[(L_b - L_q) / \sigma_{ш}] = 20 \lg(L_b - L_q) - 20 \lg(\sigma_{ш}), \quad (1)$$

де q_c – відношення сигнал/шум зображення, дБ;

L_b – середня яскравість білих пікселів, градації яскравості;

L_q – середня яскравість чорних пікселів, градації яскравості;

$\sigma_{ш}$ – середньоквадратичне відхилення яскравості пікселів зображення, викликане шумами приймача засобу розвідки, градації яскравості.

При перехопленні зображення, виведеного на екран монітора, необхідно враховувати, що воно залишається стабільним протягом певного часу (T_a), і може варіюватися від кількох секунд (під час введення тексту) до кількох хвилин (під час читання тексту) в залежності від характеру дій оператора ПЕОМ. Цей факт дозволяє використовувати методи накопичення (усереднення) кадрів, що суттєво підвищує відношення сигнал/шум. Накопичення (усереднення) N зображень збільшує відношення сигнал/шум у $k = \sqrt{N}$ разів.

Вважаючи, що яскравість кожного пікселя перехопленого зображення прямо пропорційна відповідній напрузі на вході розвідувального приймача, і враховуючи лише шуми на вході приймального пристрою засобу розвідки, з урахуванням накопичення кадрів відношення сигнал/шум зображення ($q_{c.N}$) розраховується за формулою [2]:

$$q_{c.N} = 20 \lg(U_b - U_q) - 20 \lg(\sigma_u) + 10 \lg(N), \quad (2)$$

де: U_b – напруга на вході приймального пристрою засобу розвідки, що відповідає напруженості електричної (магнітної) складової побічного електромагнітного випромінювання (ПЕМВ), яке виникає при передачі по інтерфейсу імпульсів білого кольору, мкВ;

U_q – напруга на вході приймального пристрою засобу розвідки, що відповідає напруженості електричної (магнітної) складової ПЕМВ, яке виникає при передачі по інтерфейсу імпульсів чорного кольору, мкВ;

σ_u – середньоквадратичне відхилення напруги шумів на вході приймального пристрою засобу розвідки, мкВ.

Для оцінки загроз перехоплення ПЕМВ персонального комп'ютера використовується інструментально-розрахунковий метод, що передбачає вимірювання рівнів електричних складових ПЕМВ (E), розрахунок їхнього затухання на трасі «ЗОТ – засіб розвідки» (Vr) і визначення напруги сигналу на вході приймача.

Випромінювання ПЕМВ ПК відбувається переважно через кабелі відеоадаптера (DVI) та монітора, причому електрична складова поля E_s у ближній зоні спадає як $\sim 1/r^3$, у середній – $\sim 1/r^2$, а у дальній – $\sim 1/r$. Границею дальньої зони приймається відстань $r = 6\lambda$ [2].

Перехоплення текстової інформації з екрану здійснюється через

відновлення її змісту засобами розвідки. Оцінка ймовірності перехоплення базується на розбірливості перехопленого тексту (W), яку визначає формула:

$$W \approx \Phi(Q_1 \cdot q_c - Q_2), \quad (3)$$

де $\Phi(x) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) \cdot dt$ – інтеграл ймовірності;

Q_1 і Q_2 – коефіцієнти, що залежать від розміру шрифту та особливостей сприйняття оператором.

Небезпечна зона $R2$ визначається як область, у межах якої співвідношення сигнал/шум перевищує порогове значення δ , що дозволяє здійснювати перехоплення ПЕМВ та відновлення тексту, що виводиться на екран монітора, з достатньою якістю. Її розрахунок здійснюється за допомогою порівняння значень $(q_{c.N.j})$ для кожного частотного інтервалу із пороговим значенням δ . Мінімальні значення $\{r_j\}$, при яких $(q_{c.N.j}) \leq \delta$, визначають максимальну небезпечну відстань.

Словесна та фразова розбірливості перехопленого тексту залежать від відношення інформативний сигнал/шум на вході розвідувального приймача. Основним показником оцінки загрози перехоплення текстової інформації є визначення небезпечної зони $R2$, яка залежить від рівнів ПЕМВ, їхнього затухання, рівнів шумів у приймачі засобу розвідки та порогового значення сигнал/шум. Інструментально-розрахунковий метод дозволяє оцінити ефективність захисту інформації, а також встановити критерії приховування тематики або змісту тексту, що виводиться на екран.

Список використаних джерел:

1. Вім ван Ейк. Електромагнітне випромінювання відеодисплейних модулів: ризик перехоплення інформації. URL: <https://bit.mephi/index.php/bit/article/view/831> (дата звернення: 09.02.2025).

2. Хорев О.О. Деякі підходи до оцінки можливостей перехоплення побічних електромагнітних випромінювань засобів обчислювальної техніки, що використовують цифрові інтерфейси. URL: <https://info-secur/index.php/ojs/article/view/376/336> (дата звернення: 20.02.2025).