



НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕРЕХВАТА ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЦИФРОВЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ

В статье в качестве показателей защищенности текстовой информации, выводимой на экран монитора СВТ, от перехвата средствами разведки побочные электромагнитных излучений (ПЭМИ), предложено использовать количество правильно распознанных ключевых слов и фраз в перехваченном тексте. Предложен методический подход к определению пороговых значений правильно распознанных ключевых слов и фраз в перехваченном тексте, которые зависят как от словесной и фразовой разборчивости текста, так и от его объема и характера. Получены аналитические соотношения для расчета словесной и фразовой разборчивости текста в зависимости от отношения информативный сигнал/шум на входе разведывательного приемника. Обоснованы пороговые значения отношений информативный сигнал/шум на входе разведывательного приемника для решения задач защиты текстовой информации, выводимой на экран монитора СВТ, от перехвата средствами разведки ПЭМИ.

Ключевые слова: технический канал утечки информации, средство вычислительной техники, цифровой интерфейс, побочные электромагнитные излучения (ПЭМИ), перехват ПЭМИ, текстовая информация, разборчивость речи.

SOME APPROACHES TO ASSESSING THE POSSIBILITIES OF INTERCEPTING SIDE ELECTROMAGNETIC RADIATION OF COMPUTER EQUIPMENT USING DIGITAL INTERFACES

In the article, it is proposed to use the number of correctly recognized keywords and phrases in the intercepted text as indicators of the security of textual information displayed on the screen of the SVT monitor from interception Transient ElectroMagnetic Pulse Emanation (TEMPE). A methodological approach is proposed to determine the threshold values of correctly recognized keywords and phrases in the intercepted text, which depend both on the verbal and phrasal intelligibility of the text, and on its volume and nature. Analytical relations are obtained for calculating the verbal and phrasal intelligibility of the text, depending on the ratio of the informative signal/noise at the input of the intelligence receiver. The threshold values of the informative signal/noise ratio at the input of the intelligence receiver are justified to solve the problems of protecting text information displayed on the screen of the SVT monitor from interception by means of the intelligence of the TEMPE.

Keywords: technical channel of information leakage, computer equipment, digital interface, Transient ElectroMagnetic Pulse Emanation (TEMPE), interception of TEMPE, text information, speech intelligibility.

Одним из наиболее опасных технических каналов утечки информации, обрабатываемой средствами вычислительной техники (СВТ), является канал утечки информации, возникающий вследствие побочных электромагнитных излучений (ПЭМИ) видеосистемы монитора [1].

В СВТ для передачи видеоданных широко используются цифровые интерфейсы DVI (Digital Visual Interface) и HDMI (High Definition Multimedia Interface), которые выполнены по стандарту последовательной передачи данных PanelLink с использованием технологии высокоскоростной передачи цифровых потоков TMDS [2].

При прохождении импульсных сигналов по видеокабелю вокруг последнего возникает побочное электромагнитное излучение (ПЭМИ).

Учитывая, что данные по интерфейсу TMDS передаются в последовательном виде,

существует реальная возможность перехвата ПЭМИ и восстановления выводимого на экран монитора изображения.

Проведенные исследования показали, что если цвет пикселей изображения отличается, то и отличаются амплитуды «пиксельных» импульсов (группы импульсов, передающих цветовой код пикселя).

На рис. 1 и 2 приведены спектры ПЭМИ видеосистемы с интерфейсом DVI при выводе на экран монитора тестовых изображений: белый экран и черный экран, а на рис. 3 – осциллограмма видеосигнала ПЭМИ на выходе анализатора спектра в режиме нулевой полосы при выводе экран монитора тестового изображения в виде чередующиеся групп черных и белых полос.

Возможная упрощенная структурная схема средства перехвата ПЭМИ СВТ представлена на рис. 4.

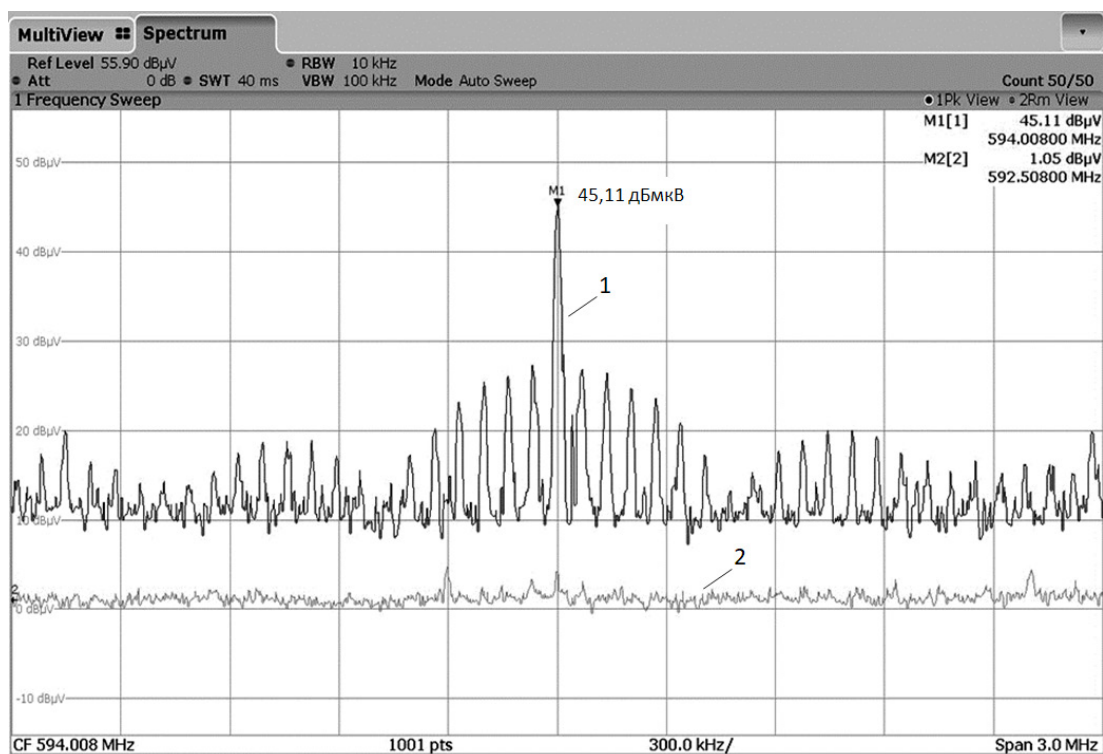


Рис. 1. Спектр ПЭМИ видеосистемы с интерфейсом DVI при выводе на экран монитора тестового изображения «белый» экран (1) и отключенной видеосистеме (2)

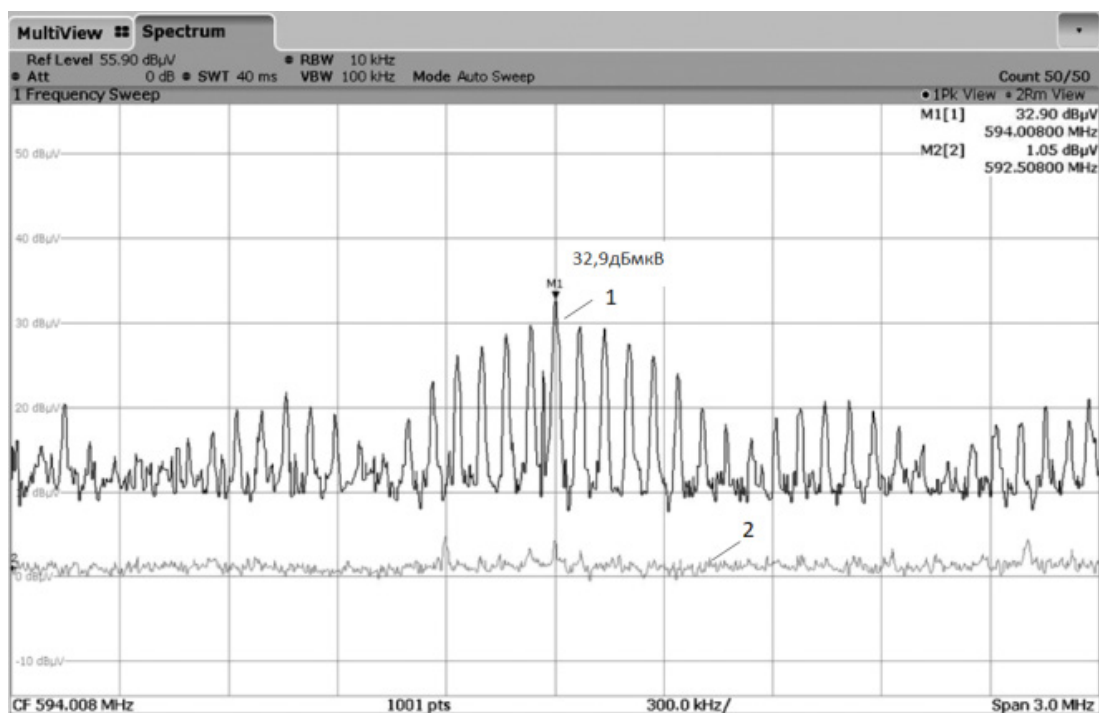


Рис. 2. Спектр ПЭМИ видеосистемы с интерфейсом DVI при выводе на экран монитора тестового изображения «черный» экран (1) и отключенной видеосистеме (2)

В качестве радиоприемного устройства средства перехвата ПЭМИ может использоваться, например, цифровой анализатор спектра R&S® FSW с широкополосной антен-

ной R&S® HE600, а в качестве блока обработки – система обработки сигналов «NIGHTWATCH» [3].

СБТ часто используются для обработки

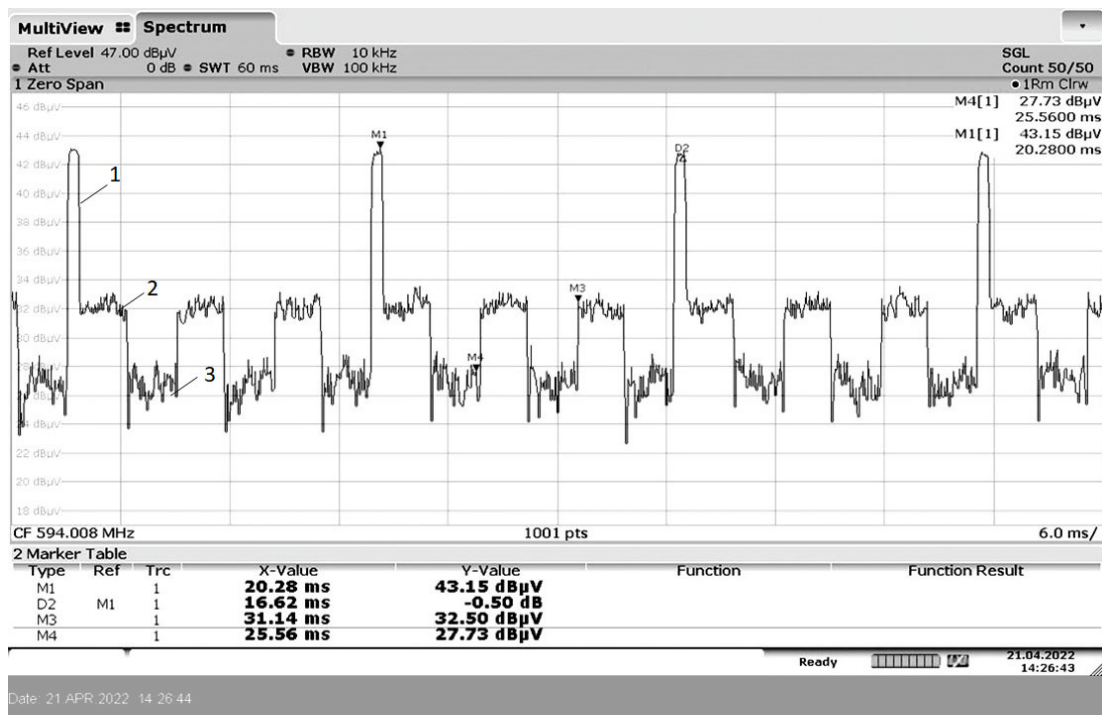


Рис. 3. Осциллограмма видеосигнала ПЭМИ видеосистемы с интерфейсом DVI на выходе анализатора спектра в режиме нулевой полосы (тест – чередующиеся группы черных и белых полос): 1 – синхроимпульс кадра, 2 – строки белого цвета, 3 – строки черного цвета

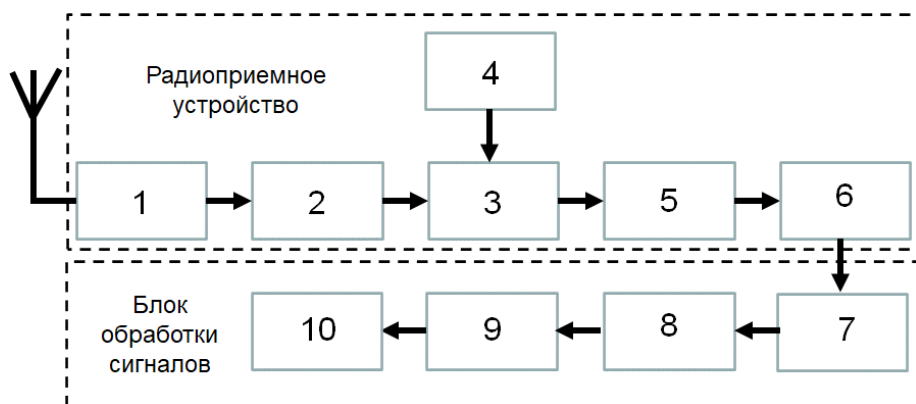


Рис. 4. Упрощенная структурная схема средства перехвата ПЭМИ СВТ:

- 1 – перестраиваемый полосовой фильтр высокой частоты; 2 – усилитель высокой частоты; 3 – смеситель;
- 4 – управляемый генератор (гетеродин); 5 – перестраиваемый полосовой фильтр промежуточной частоты;
- 6 – усилитель промежуточной частоты; 7 – видеодетектор; 8 – аналого-цифровой преобразователь;
- 9 – блок цифровой обработки сигналов; 10 – ЖК-монитор

текстовых документов, содержащих сведения ограниченного доступа.

Возможность перехвата ПЭМИ видеосистемы с интерфейсом DVI и восстановления текстового изображения, выводимого на экран монитора, подтверждена экспериментально (см. рис. 5) [4]. При этом для перехвата ПЭМИ использовался лабораторный комплекс, моделирующий работу комплекса перехвата ПЭМИ, схема которого приведена на рис. 3, в состав которого вошли:

- антенна измерительная дипольная АИ-5.0 (диапазон частот от 9 кГц до 2 ГГц);
- анализатор спектра R&S@FSW (диапазон частот от 1 Гц до 8 ГГц, полоса пропускания сигнала от 1 Гц до 80 МГц);
- цифровой запоминающий осциллограф R&S RTO 1022 (полоса частот до 2 ГГц, максимальная частота дискретизации сигналов 10 ГГц);
- система обработки сигналов на базе ноутбука.

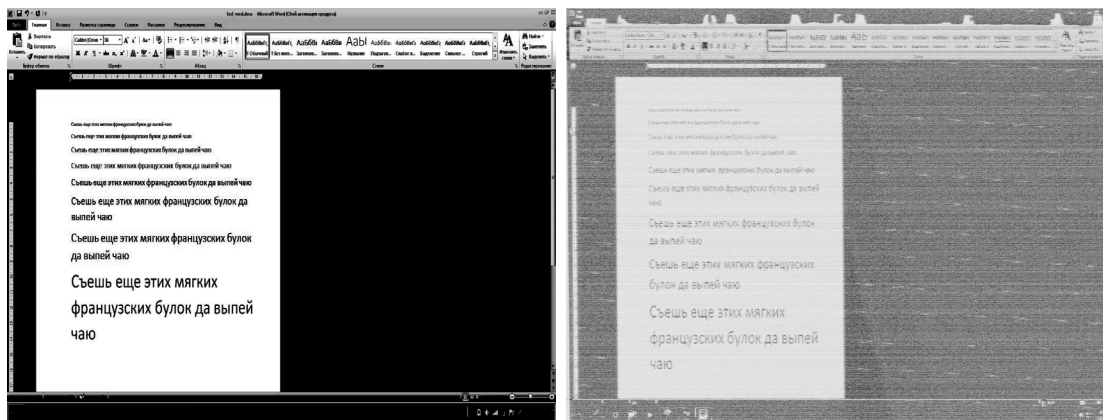


Рис. 5. Исходное текстовое изображение, выведенное на экран монитора (а), и восстановленное текстовое изображение (б)

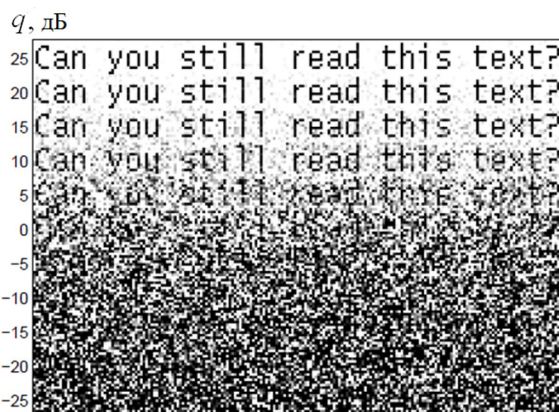


Рис. 6. Текстовое изображение, полученное при различных отношениях сигнал/шум q , дБ

Экспериментально установлено, что разборчивость текста на зашумленном изображении зависит от отношения сигнал/шум изображения (рис. 6) [5].

Под отношением сигнал/шум текстового изображения обычно понимается разность средних яркостей белого и черного пикселей, а под шумом – среднеквадратическое отклонение яркости пикселей изображения, вызванное шумами приемника средства разведки:

$$q_c = 20 \lg \left[\frac{(L_6 - L_4)}{\sigma_{\text{ш}}} \right] = 20 \lg(L_6 - L_4) - 20 \lg(\sigma_{\text{ш}}), \quad (1)$$

где q_c – отношение сигнал/шум изображения, дБ;

L_6 – средняя яркость белых пикселей, гр. ярк.;

L_4 – средняя яркость черных пикселей, гр. ярк.;

$\sigma_{\text{ш}}$ – среднеквадратическое отклонение яркости пикселей изображения, вызванное шумами приемника средства разведки, гр. ярк.

При перехвате изображения, выводимого на экран монитора, необходимо учиты-

вать, что оно стабильно в течение некоторого времени (T_a), которое зависит от характера действий оператора ПЭВМ и может варьировать от нескольких секунд (при наборе текста) до нескольких минут (при чтении текста). Данный факт позволяет использовать методы накопления (усреднения) кадров, что существенно повышает отношение сигнал/шум (см. рис. 7) [5], [6]. Например, система обработки сигналов «NIGHTWATCH» способна усреднять до 65536 кадров [3].

Проведенные исследования показали, что накопление (усреднение) N изображений увеличивает отношение сигнал/шум в раз (рис. 8) [6].

С учетом накопления (усреднения) кадров отношение сигнал/шум изображения (q_{cN}) будет равно:

$$q_{cN} = q_c + 10 \lg(N) = 20 \lg(L_6 - L_4) - 20 \lg(\sigma_{\text{ш}}) + 10 \lg(N), \quad (2)$$

где q_c – отношение сигнал/шум изображения для одного кадра ($N=1$), дБ;

$N = T_a \cdot F_k$ – количество кадров, перехваченных за время T_a ;

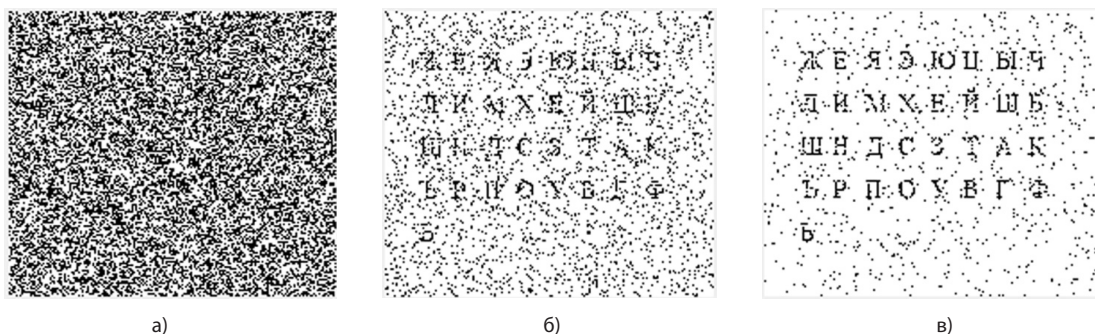


Рис. 7. Результаты усреднения битовых изображений при исходном отношении сигнал/шум $q_c = 2,56$ дБ:
а) – исходное изображение ($N_k = 1$); б) – изображение, полученное усреднением пятидесяти кадров ($N_k = 50$);
в) – изображение, полученное усреднением ста кадров ($N_k = 100$)

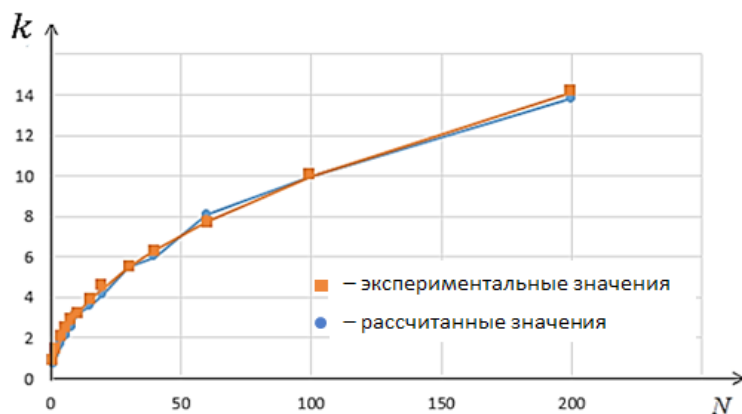


Рис. 8. Графики зависимости коэффициента улучшения отношения сигнал/шум (k) от количества усредняемых кадров (N)

T_a – время, в течении которого изображение на экране монитора не меняется, с;

F_k – частота обновления экрана монитора, Гц.

Полагая, что яркость каждого пикселя перехваченного изображения прямо пропорциональна соответствующему напряжению на входе разведывательного приемника, и учитывая только шумы на входе приемного устройства средства разведки, отношение сигнал/шум можно рассчитать по формуле:

$$q_{cN} = q_c + 10\lg(N) = 20\lg(U_6 - U_q) - 20\lg(\sigma_U) + 10\lg(N), \quad (3)$$

где U_6 – напряжение на входе приемного устройства средства разведки, соответствующие напряженности электрической (магнитной) составляющей побочного электромагнитного излучения (ПЭМИ), возникающего при передаче по интерфейсу импульсов белого цвета, мкВ;

U_q – напряжение на входе приемного устройства средства разведки, соответствующие напряженности электрической (магнитной) составляющей ПЭМИ, возникающего при передаче по интерфейсу импульсов черного цвета, мкВ;

σ_U – среднеквадратическое отклонение напряжения шумов на входе приемного устройства средства разведки, мкВ.

Значения напряжений U_6 и U_q определяются инструментально-расчетным методом, предполагающим для каждого частотного интервала измерение уровней напряженностей электрической (магнитной) составляющей электромагнитного излучения информативных составляющих ПЭМИ (Е), расчета затухания ПЭМИ на трассе СВТ – средство разведки (V_r) и расчета U_6 и U_q на входе приемного устройства с учетом значений калибровочных коэффициентов антенны средства разведки (k_a). Подробно данный метод описан в работах [1], [7], [8].

Учитывая, что спектр ПЭМИ дискретный, для каждого частотного интервала значения напряжений U_{6j} и U_{qj} могут быть рассчитаны по формулам:

$$U_{6j} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (U_{6,j,i})^2} \approx \sqrt{\frac{1}{V_{r,j}} \cdot \sum_{i=1}^{N_j} \left(\frac{E_{6,j,i}}{k_{a,j,i}} \right)^2} \approx \sqrt{\frac{1}{\frac{\sum_{i=1}^{M_j} V_{r,j,i}^2}{M_j}} \cdot \sum_{i=1}^{N_j} \left(\frac{E_{6,j,i}}{k_{a,j,i}} \right)^2}; \quad (4)$$

$$U_{\text{ч},j} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (U_{\text{ч},j,i})^2} \approx \sqrt{\frac{1}{V_{r,j}} \cdot \sum_{i=1}^{N_j} \left(\frac{E_{\text{ч},j,i}}{k_{a,j,i}} \right)^2} \approx \sqrt{\frac{1}{\frac{\sum_{i=1}^{M_j} V_{r,j,i}^2}{M_j}} \cdot \sum_{i=1}^{N_j} \left(\frac{E_{\text{ч},j,i}}{k_{a,j,i}} \right)^2}, \quad (5)$$

где $U_{\text{б},j,i}$ – напряжение информативного сигнала на входе приемного устройства на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала (тест – «белый экран»), мкВ;

$U_{\text{ч},j,i}$ – напряжение информативного сигнала на входе приемного устройства на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала (тест – «черный экран»), мкВ;

N_j – количество частотных составляющих в j -м частотном интервале;

$E_{\text{б},j,i}$ – напряженность поля информативной составляющей ПЭМИ на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала (тест – «белый экран»), измеренная на расстоянии 1 м от СВТ, мкВ/м;

$E_{\text{ч},j,i}$ – напряженность поля информативной составляющей ПЭМИ на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала (тест – «черный экран»), измеренная на расстоянии 1 м от СВТ, мкВ/м;

$k_{a,j,i}$ – калибровочный коэффициент антенны средства разведки на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала, 1/м;

$V_{r,j}$ – среднее затухание ПЭМИ в j -м частотном интервале в точке размещения средства разведки на расстоянии r ;

$V_{r,j,i}$ – затухание ПЭМИ на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала, в точке размещения средства разведки на расстоянии r ;

M_j – количество частот, на которых проводился расчет затухания ПЭМИ в j -м частотном интервале.

Учитывая, что роль случайных антенн при излучении ПЭМИ СВТ выполняют проводники, соединяющие выход цифроаналогового преобразователя видеоадаптера с разъемом DVI, и кабель, соединяющий системный блок с монитором, будем полагать, что в излучении ПЭМИ доминирует электрическая составляющая электромагнитного поля E_c , которая в ближней зоне убывает обратно пропорционально кубу расстояния ($\sim 1/r^3$), а дальней – обратно пропорционально расстоянию ($\sim 1/r$). Предположим, что в средней зоне электрическая составляющая электро-

магнитного поля E_c убывает обратно пропорционально квадрату расстояния ($\sim 1/r^2$). Границей начала дальней зоны будем полагать расстояние $r = 6\lambda$. Тогда затухание $V_{r,j,i}$ можно рассчитать по формулам []:

1) Для частоты сигнала ПЭМИ ниже $f_i \leq 47,75 \text{ МГц}$

$$V_{r,j,i} \approx \begin{cases} r^3 \text{если } r \leq \frac{47,75}{f_i}; \\ \frac{47,75 \cdot r^2}{f_i} \text{если } \frac{47,75}{f_i} < r \leq \frac{1800}{f_i}; \\ \frac{8,59 \cdot 10^4 \cdot r}{f_i^2} \text{если } r > \frac{1800}{f_i}; \end{cases} \quad (6)$$

2) Для частоты сигнала ПЭМИ $47,75 \text{ МГц} < f_i \leq 1800 \text{ МГц}$

$$V_{r,j,i} \approx \begin{cases} r^2 \text{если } r \leq \frac{1800}{f_i}; \\ \frac{1800 \cdot r}{f_i} \text{если } r > \frac{1800}{f_i}; \end{cases} \quad (7)$$

3) Для частоты сигнала ПЭМИ $f_i > 1800 \text{ МГц}$

$$V_{r,j,i} \approx r, \quad (8)$$

где f_i – i -я частота сигнала, МГц;

r – расстояние от СВТ до средства разведки, м.

Среднеквадратическое отклонение напряжения шумов на входе приемного устройства средства разведки в j -м частотном интервале зависит от уровня собственных шумов приемника и шумов антенны:

$$\sigma_U = \sqrt{\sigma_{\text{ш.п.},j}^2 + \sigma_{\text{ш.а.},j}^2}, \quad (9)$$

где $\sigma_{\text{ш.п.},j}^2$ – среднеквадратическое отклонение напряжения собственных шумов приемного устройства средства разведки в j -м частотном интервале, мкВ;

$\sigma_{\text{ш.а.},j}^2$ – среднеквадратическое отклонение напряжения шумов антенны, приведенных ко входу приемного устройства средства разведки в j -м частотном интервале, мкВ.

Среднеквадратическое отклонение напряжения собственных шумов приемного устройства средства разведки в j -м частотном интервале рассчитаем по формуле:

$$\sigma_{\text{ш.п.},j}^2 \approx \sqrt{\frac{\Delta F_j \cdot Z \cdot \sum_{i=1}^{M_j} N_{\text{ш.п.},j,i}}{M_j}}, \quad (10)$$

где $N_{\text{ш.п.},j,i}$ – спектральная плотность мощности собственных шумов приемника средства разведки, измеренная на i -й частоте при полосе пропускания $\Delta F = 1 \text{ Гц}$ и отношении сигнал/шум $q = 1$ в j -м частотном интервале, Вт/Гц;

ΔF_j – ширина j -го частотного интервала, Гц;

M_j – количество частот, на которых проводилось измерение спектральной плотности мощности собственных шумов приемника средства разведки в j -м частотном интервале;

Z – входное сопротивление приемника средства разведки, Ом.

Среднеквадратическое отклонение напряжения шумов антенны, приведенных ко входу приемного устройства средства разведки в j -м частотном интервале, может быть рассчитано через спектральную чувствительность антенны $E_{ш.а}(f)$ и ее калибровочный коэффициент $k_{а,j}(f)$:

$$\sigma_{ш.а,j}^2 \approx \sqrt{\frac{\Delta F_j \sum_{i=1}^{M_j} (E_{ш.а,j,i}/k_{а,j,i})^2}{M_j}}, \quad (11)$$

где $E_{ш.а,j,i}$ – спектральная чувствительность антенны, измеренная при полосе пропускания $\Delta F = 1$ Гц и отношении сигнал/шум $q = 1$ на i -й частоте в j -м частотном интервале, мкВ/м·Гц;

$k_{а,j,i}$ – спектральный калибровочный коэффициент антенны средства разведки, измеренный при полосе пропускания на i -й частоте в j -м частотном интервале, 1/м;

ΔF_j – ширина j -го частотного интервала, Гц;

M_j – количество частот, на которых проводилось измерение спектральной чувствительности антенны в j -м частотном интервале.

Подставляя (5), (6), (10), (11) в (3) получим

$$q_{с.Н,j} = 20 \lg \left(\sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (E_{6,j,i}/k_{а,j,i})^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (E_{ч,j,i}/k_{а,j,i})^2} \right) - 10 \lg \left(\frac{\sum_{i=1}^{M_j} V_{r,j,i}^2}{M_j} \right) - 10 \lg \left(\frac{\Delta F_j \sum_{i=1}^{M_j} (E_{ш.а,j,i}/k_{а,j,i})^2}{M_j} \right) + 10 \lg(N). \quad (12)$$

На практике, как правило, уровень шумов антенны, приведенных ко входу приемника средства разведки, много больше уровня собственных шумов приемника. С учетом этого допущения формулу (12) можно записать в виде:

$$q_{с.Н,j} \approx 20 \lg \left(\sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (E_{6,j,i}/k_{а,j,i})^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (E_{ч,j,i}/k_{а,j,i})^2} \right) - 10 \lg \left(\frac{\sum_{i=1}^{M_j} V_{r,j,i}^2}{M_j} \right) - 10 \lg \left(\frac{\Delta F_j \sum_{i=1}^{M_j} (E_{ш.а,j,i}/k_{а,j,i})^2}{M_j} \right) + 10 \lg(N). \quad (13)$$

На практике напряженность поля, калибровочные коэффициенты антенн и чувствительность антенны измеряются в дБ. С учетом этого формулу (13) запишем в виде

$$q_{с.Н,j} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} 10^{0,1(E_{ч,j,i}-k_{а,j,i})}} - 20 \lg \left(\sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} 10^{0,1(E_{6,j,i}-k_{а,j,i})}} - \sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} 10^{0,1(E_{ч,j,i}-k_{а,j,i})}} \right) - 10 \lg \left(\frac{\sum_{i=1}^{M_j} V_{r,j,i}^2}{M_j} \right) -$$

$$- 10 \lg \left(\frac{\Delta F_j \sum_{i=1}^{M_j} 10^{0,1(E_{ш.а,j,i}-k_{а,j,i})}}{M_j} \right) + 10 \lg(N), \quad (14)$$

где $E_{6,j,i}$ – напряженность поля информативной составляющей ПЭМИ на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала (тест – «белый экран»), измеренная на расстоянии 1 м от СВТ, дБ(мкВ/м);

$E_{ч,j,i}$ – напряженность поля информативной составляющей ПЭМИ на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала (тест – «черный экран»), измеренная на расстоянии 1 м от СВТ, дБ(мкВ/м);

$k_{а,j,i}$ – калибровочный коэффициент антенны средства разведки на i -й частоте, входящей в состав j -го частотного интервала, дБ(1/м);

$E_{ш.а,j,i}$ – спектральная чувствительность антенны, измеренная при полосе пропускания $\Delta F = 1$ Гц и отношении сигнал/шум $q = 1$ на i -й частоте в j -м частотном интервале, дБ(мкВ/м·Гц);

Целью перехвата текстового изображения, выводимого на экран монитора, является получение смыслового содержания этого текста, поэтому в качестве показателя оценки возможности перехвата ПЭМИ СВТ техническим средством разведки (ТСР) используем словесную и фразовую разборчивость перехваченного текста.

Под словесной разборчивостью текста понимается отношение количества правильно распознанных слов к общему количеству слов в перехваченном тексте, а под фразовой разборчивостью – соответственно отношение количества правильно распознанных фраз к общему количеству фраз в перехваченном тексте.

Разборчивость текста отображает качественную область понятности, которая выражается в категориях подробности составляемой справки о перехваченном тексте.

Исходя из оценок качества перехваченного текста можно сформулировать цели защиты текстовой информации, выводимой на экран монитор, и критерии их достижения (табл. 1).

Проведенные исследования показали, что разборчивость текста (W), выводимого на экран монитора, можно рассчитать по формуле [6], [9]:

$$W \approx \Phi(Q_c \cdot q_c - Q_2), \quad (15)$$

где $\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$ – интеграл вероятности;

q_c – отношение сигнал/шум изображения, дБ;

Цели защиты текстовой информации, при ее обработке СВТ, и критерии их достижения

Цели защиты текстовых документов при их обработке СВТ	Критерии эффективности защиты текстовых документов при их обработке СВТ
Скрытие тематики текста	Количество правильно распознанных слов не позволяет установить тематику текста
Скрытие содержания текста	Количество правильно распознанных фраз не позволяет составить аннотацию перехваченного текста (краткую справку о содержании перехваченного текста).

Q_1 и Q_2 – коэффициенты, зависящие от размера шрифта и особенностей восприятия оператором букв (цифр) на зашумленном изображении.

Значения Q_1 и Q_2 , определенные по результатам экспериментальных исследований, приведены в табл. 2 [6].

Задаваясь пороговым (требуемым) значе-

Таблица 2

Значения коэффициентов Q_1 и Q_2 , определенные по результатам экспериментальных исследований

Показатель распознавания текста	Значение коэффициента Q_1	Значение коэффициента Q_2
Словесная разборчивость W_c	0,89	8,58
Фразовая разборчивость W_ϕ	1,65	14,74

нием разборчивости текста, из формулы (15) легко найти пороговое отношение сигнал/шум (δ)

$$\delta \approx [\Phi^{-1}(W_n) + Q_2]/Q_1, \quad (16)$$

где W_n – пороговое значение разборчивости текста;

$\Phi^{-1}(x)$ – функция, обратная $\Phi(x)$.

Однако не все распознанные слова или фразы относятся к ключевым, по которым можно установить тематику текста и составить его аннотацию.

Одним из методов определения ключевых фраз и слов в тексте является метод экспертных оценок.

С целью определения относительного количества ключевых фраз и слов в тексте были проведены экспериментальные исследования [9]. Для исследования были выбраны 10 текстов научного стиля технической тематики (статьи из научных журналов) объемом 1300 – 2300 слов (80 – 150 фраз) и 10 текстов публицистического стиля (статьи в блогах, журналах, различного рода новостные статьи) объемом 600 – 1000 слов (60 – 100 фраз).

В результате проведенных исследований было установлено, что количество ключевых фраз, необходимое для составления аннотации текста составило: в текстах научного стиля технической тематики составляет от 9 до 13% (среднее значение 10,9%), а в текстах публицистического стиля – от 7 до 12% (среднее значение 8,5%) от общего количества фраз;

Аналогичные исследования были проведены в работе [10]. Для исследования были выбраны 4 текста разной тематики, объемом от 800 до 2500 слов (110 – 500 фраз). В результате проведенных исследований было установлено, что количество ключевых фраз, необходимое для составления аннотации текста составило от 9,5 до 14,1% (среднее значение 11,8%) от общего количества фраз в тексте.

Проведенный анализ показал, что для определения тематики текста необходимо от 5 до 10 ключевых слов. При этом по результатам экспериментальных исследований [10] установлено, что количество ключевых слов составляет от 2,8 до 3,9% (среднее значение 3,2%) от общего количества слов в тексте. А для составления аннотации текста достаточно 25 – 35 ключевых фраз.

Количество распознанных ключевых слов ($N_{с.кл}$) и фраз ($N_{ф.кл}$) в перехваченном тексте можно рассчитать по формулам:

$$N_{с.кл} = N_c \cdot W_c \cdot N_{с.ср}; \quad (17)$$

$$N_{ф.кл} = N_\phi \cdot W_\phi \cdot N_{ф.ср}; \quad (18)$$

где N_c – общее количество слов в перехваченном тексте;

N_ϕ – общее количество фраз в перехваченном тексте;

$N_{с.ср}$ – относительное количество ключевых слов в перехваченном тексте;

$N_{ф.ср}$ – относительное количество ключевых фраз в перехваченном тексте;

W_c – словесная разборчивость перехваченного текста;

W_ϕ – фразовая разборчивость перехваченного текста.

Задаваясь пороговым значением ключевых слов ($N_{c,n}$), необходимых для установления тематики текста, и пороговым значением ключевых фраз ($N_{\phi,n}$), необходимых для составления аннотации текста, из уравнений (16) и (17) легко получить пороговые значения словесной ($W_{c,n}$) и фразовой ($W_{\phi,n}$) разборчивости текста

$$W_{c,n} = N_{c,n} / (N_c \cdot N_{c,cr}); \quad (19)$$

$$W_{\phi,n} = N_{\phi,n} / (N_\phi \cdot N_{\phi,cr}). \quad (20)$$

Следовательно, в качестве показателя эффективности защиты текстовой информации при ее обработке СВТ целесообразно использовать количество правильно распознанных ключевых слов ($N_{c,kl}$) и фраз ($N_{\phi,kl}$) в перехваченном тексте, которые зависят как от словесной и фразовой разборчивости текста, так и от его объема и характера.

Учитывая, что словесная и фразовая разборчивости текста зависят от отношения сигнал/шум, можно установить критерии эффективности защиты текстовых документов, выводимых на экран монитора (см. табл. 3).

Допустим, для текста, состоящего из 270

Таблица 3

Показатели и критерии эффективности защиты текстовой информации, при ее обработке СВТ

Цели защиты текстовых документов	Условия достижения цели защиты	Показатель эффективности защиты текстовых документов	Критерии эффективности защиты текстовых документов
Скрытие тематики текста	Количество правильно распознанных слов не позволяет установить тематику текста	Отношение информативный сигнал/шум на входе разведывательного приемника (q)	$q \leq \delta_c$; $\delta_c \approx [\Phi^{-1}(W_{c,n}) + 8,58] / 0,89$; $W_{c,n} = N_{c,n} / (N_c \cdot N_{c,cr})$.
Скрытие содержания текста	Количество правильно распознанных фраз не позволяет составить аннотацию перехваченного текста (краткую справку о содержании перехваченного текста)	Отношение информативный сигнал/шум на входе разведывательного приемника (q)	$q \leq \delta_\phi$; $\delta_\phi \approx [\Phi^{-1}(W_{\phi,n}) + 14,74] / 1,65$; $W_{\phi,n} = N_{\phi,n} / (N_\phi \cdot N_{\phi,cr})$.

фраз, объемом в 1500 слов, достаточно 5 ключевых слов и 25 ключевых фраз, а $N_{c,cr} = 0,028$ и $N_{\phi,cr} = 0,095$. Тогда:

$$W_{c,n} = 5 / (1500 \cdot 0,028) \approx 0,12;$$

$$W_{\phi,n} = 25 / (270 \cdot 0,095) \approx 0,97.$$

Подставляя значения пороговой разборчивости в формулу (16) получаем пороговые значения отношения сигнал/шум:

– для фразовой разборчивости текста:

$$\delta_\phi \approx [\Phi^{-1}(0,97) + 14,74] / 1,65 \approx 10,1 \text{ дБ};$$

– для словесной разборчивости текста:

$$\delta_c \approx [\Phi^{-1}(0,12) + 8,58] / 0,89 \approx 8,3 \text{ дБ}.$$

Для оценки возможностей средств разведки по перехвату ПЭМИ СВТ часто используют такое понятие, как опасная зона R2, под которой понимается пространство вокруг СВТ, в пределах которого отношение информативный сигнал/шум для ПЭМИ СВТ на входе разведывательного приемника (q) превышает допустимое (нормированное) значение (δ). То есть, это пространство вокруг СВТ, в пределах которого возможен перехват ПЭМИ и вос-

становление текста, выводимого на экран монитора, с требуемым для решения задач разведки качеством.

Расчет опасной зоны R2 осуществляется в следующей последовательности:

– на основе измеренных значений спектральных составляющих ПЭМИ СВТ для расстояния $r = 1 \text{ м}$ ($V_r = 1$) для каждого j -го частотного интервала по формулам (12) - (14) рассчитываются отношения сигнал/шум ($q_{c,nj}$) и сравниваются с пороговым значением (δ);

– если для j -го частотного интервала $q_{c,nj} > \delta$, то с шагом $\Delta r = 1 \text{ м}$ по формулам (6) – (8) рассчитывается затухание ПЭМИ и по формулам (12) - (14) рассчитываются отношения сигнал/шум ($q_{c,nj}$) с учетом затухания и сравниваются с пороговым значением (δ). Для каждого частотного интервала расчет проводится до тех пор, пока $q_{c,nj} \leq \delta$. Минимальные значения r_j , при которых выполняется условие $q_{c,nj} \leq \delta$, фиксируются;

– за значение R2 принимается максималь-

ное значение из $\{r_j\}$ для всех частотных интервалов, то есть $R2 = \max\{r_j\}$.

Выводы

– в качестве обобщенного показателя эффективности защиты текстовой информации, выводимой на экран монитора СВТ, от перехвата средствами разведки ПЭМИ, целесообразно использовать количество правильно распознанных ключевых слов и фраз в перехваченном тексте;

– предложен методический подход к определению пороговых значений правильно распознанных ключевых слов и фраз в перехваченном тексте, которые зависят как от словесной и фразовой разборчивости текста, так и от его объема и характера;

– экспериментально установлено, что словесная и фразовая разборчивости перехваченного текста зависят от отношения информативный сигнал/шум на входе разведывательного приемника. Получены аналитические соотношения для расчета словесной и фразовой разборчивости текста в зависимости от отношения информативный сигнал/шум на входе разведывательного приемника;

– обоснованы пороговые значения отношений информативный сигнал/шум на входе разведывательного приемника для решения задач защиты текстовой информации, выводимой на экран монитора СВТ, от перехвата средствами разведки ПЭМИ.

Литература

1. Хорев А.А. Техническая защита информации: учеб. пособие для студентов вузов. В 3-х т. Т. 1. Технические каналы утечки информации. – М.: НПЦ «Аналитика», 2010. – 436 с.
2. DVI (Digital Visual Inter face). – URL: [https://ru.bmstu.wiki/DVI_\(Digital_Visual_Interface\)#.D0.92.D0.B8.D0.B4.D1.8B_DVI](https://ru.bmstu.wiki/DVI_(Digital_Visual_Interface)#.D0.92.D0.B8.D0.B4.D1.8B_DVI) (дата обращения: 28.08.2022).
3. ANT product data. – URL: <https://habr.com/ru/post/209746/> (дата обращения: 28.08.2022).
4. Хорев А.А., Феизов С.А. Экспериментальные исследования возможности перехвата текстовых изображений, выводимых на экран монитора// Международная конференция «Радиоэлектронные устройства и системы для инфотелекоммуникационных технологий – РЭУС-2020». Доклады. – М.: РНТОРЭС имени А.С. Попова. 2020. – С. 259. – 264. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45676396> (дата обращения: 28.08.2022).
5. Kuhn G. Compromising emanations: eavesdropping risks of computer displays. This technical report is based on a dissertation submitted June 2002 by the author for the degree of Doctor of Philosophy to the University of Cambridge, Wolfson College. – URL: <https://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-577.pdf> (дата обращения: 28.08.2022).
6. Хорев А.А. Методика оценки вероятности распознавания текстовых символов на зашумленных изображениях// Вестник УрФО «Безопасность в информационной сфере». – Челябинск, УрФО. – 2019. – № 4(34) – С. 5. – 14. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41879982> (дата обращения: 28.08.2022).
7. Хорев А.А. Контроль защищенности средств вычислительной техники от утечки информации по техническим каналам. Часть 1// Специальная техника. – М.: 2015. – № 1. – С. 53 – 63.
8. Хорев А.А. Контроль защищенности средств вычислительной техники от утечки информации по техническим каналам. Часть 2// Специальная техника. – М.: 2015. – № 2. – С. 36 – 63.
9. Прохоренко Л.А. Экспериментальные исследования распознавания оператором текстовой информации на зашумленных изображениях: магистерская диссертация: 10.04.01. – М.: МИЭТ, 2018. – 67 с.
10. Чеботарева А.Д. Методика оценки необходимого количества фраз из перехваченного сообщения для составления аннотации к тексту//Международная конференция «Радиоэлектронные устройства и системы для инфотелекоммуникационных технологий – РЭУС-2019». Доклады. – М.: РНТОРЭС имени А.С. Попова. 2019. – С. 345. – 350. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39137570&pff=1> <https://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-577.pdf> (дата обращения: 28.08.2022).

References

1. Khorev A.A. Tekhnicheskaya zashchita informatsii: ucheb. posobiye dlya studentov vuzov. V 3-kh t. T. 1. Tekhnicheskiye kanaly utechki informatsii. – M.: NPTS «Analitika», 2010. – 436 p.
2. DVI (Digital Visual Inter face). - URL: [https://ru.bmstu.wiki/DVI_\(Digital_Visual_Interface\)#.D0.92.D0.B8.D0.B4.D1.8B_DVI](https://ru.bmstu.wiki/DVI_(Digital_Visual_Interface)#.D0.92.D0.B8.D0.B4.D1.8B_DVI) (data obrashcheniya: 28.08.2022).
3. ANT product data. – URL: <https://habr.com/ru/post/209746/> (data obrashcheniya: 28.08.2022).

4. Khorev A.A., Feizov S.A. Eksperimental'nyye issledovaniya vozmozhnosti perekhvata tekstovykh izobrazheniy, vyvodymykh na ekran monitora// Mezhdunarodnaya konferentsiya «Radioelektronnyye ustroystva i sistemy dlya infotelekkommunikatsionnykh tekhnologiy – REUS-2020». Doklady. – M.: RNTORES imeni A.S.Popova. 2020. – P. 259. – 264. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45676396> (data obrashcheniya: 28.08.2022).

5. Kuhn G. Compromising emanations: eavesdropping risks of computer displays. This technical report is based on a dissertation submitted June 2002 by the author for the degree of Doctor of Philosophy to the University of Cambridge, Wolfson College. – URL: <https://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-577.pdf> (дата обращения: 28.08.2022).

6. Khorev A.A. Metodika otsenki veroyatnosti raspoznavaniya tekstovykh simvolov na zashumlennykh izobrazheniyakh// Vestnik UrFO «Bezopasnost' v informatsionnoy sfere». – Chelyabinsk, UrFO. – 2019. – № 4(34) – P. 5. – 14. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41879982> (data obrashcheniya: 28.08.2022).

7. Khorev A.A. Kontrol' zashchishchennosti sredstv vychislitel'noy tekhniki ot utechki informatsii po tekhnicheskim kanalams. Chast' 1// Spetsial'naya tekhnika. – M.: 2015. – № 1. – P. 53–63.

8. Khorev A.A. Kontrol' zashchishchennosti sredstv vychislitel'noy tekhniki ot utechki informatsii po tekhnicheskim kanalams. Chast' 2// Spetsial'naya tekhnika. – M.: 2015. – № 2. – P. 36–63.

9. Prokhorenko L.A. Eksperimental'nyye issledovaniya raspoznavaniya operatorom tekstovoy informatsii na zashumlennykh izobrazheniyakh: masterskaya dissertatsiya: 10.04.01. – M.: MIET, 2018. – 67 p.

10. Chebotareva A.D. Metodika otsenki neobkhodimogo kolichestva fraz iz perekhvachennogo soobshcheniya dlya sostavleniya annotatsii k tekstu//Mezhdunarodnaya konferentsiya «Radioelektronnyye ustroystva i sistemy dlya infotelekkommunikatsionnykh tekhnologiy – REUS-2019». Doklady. – M.: RNTORES imeni A.S.Popova. 2019. – S. 345 – 350. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39137570&pff=1> <https://www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-577.pdf> (data obrashcheniya: 28.08.2022).

ХОРЕВ Анатолий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность», «Национальный исследовательский университет «МИЭТ». 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, МИЭТ. E-mail: horev@miee.ru

HOREV Anatoly Anatolevich, doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department «Information security», National Research University of Electronic Technology. 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin square, house 1, MIET. E-mail: horev@miee.ru.