

МОДЕЛЬ ИСТОЧНИКА ОПАСНОГО СИГНАЛА В КАНАЛЕ УТЕЧКИ ИНФОРМАЦИИ, ОБРАЗОВАННОГО ПОБОЧНЫМИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ МОНИТОРА

Введение

Одним из возможных каналов утечки информации в информационных системах является побочное электромагнитное излучение (ПЭМИ), создаваемое техническими средствами, например персональными компьютерами и линиями связи. Принимая и декодируя эти излучения, можно получить сведения об информации, обрабатываемой в данном техническом средстве.

Оценочно, по каналу ПЭМИ может быть перехвачено не более 1-2 % данных, хранимых и обрабатываемых на персональных компьютерах и других технических средствах передачи информации (ТСПИ) [1]. На первый взгляд может показаться, что этот канал действительно менее опасен чем, например, акустический, по которому может произойти утечка до 100 % речевой информации, циркулирующей в помещении. Однако в настоящее время практически вся информация, содержащая государственную тайну или коммерческие секреты, проходит этап обработки на персональных компьютерах. Специфика канала ПЭМИ такова, что те самые два процента информации, уязвимые для технических средств перехвата, – это данные, вводимые с клавиатуры компьютера или отображаемые на мониторе, т.е. значительная часть сведений, подлежащих защите, может оказаться перехваченной злоумышленником.

Наиболее опасными устройствами вычислительной техники, с точки зрения утечки информации по ПЭМИ, являются мониторы с разверткой изображения телевизионного типа. Поэтому, если персональные компьютеры (ПК) используются в качестве средств обработки информации с ограниченным доступом (ИСОД) – их мониторы должны в обязательном порядке подвергаться проверке на наличие в них ПЭМИ и соответствие их существующим нормам.

Постановка задачи

На сегодняшний день актуальна задача обеспечения безопасности распространения ИСОД, которая обрабатывается средствами вычислительной техники (СВТ). Качество и полнота обеспечения выполнения данной задачи требуют особого подхода к каждому случаю выполнения мероприятий по защите ИСОД от утечки по каналу ПЭМИ.

Защита информации от ее утечки за счет электромагнитных излучений, прежде всего, включает в себя мероприятия по предотвращению возможности выхода этих сигналов за пределы контролируемой зоны.

Мероприятия по защите должны планироваться еще на этапе строительства (реконструкции) объекта информационной деятельности, на котором обрабатывается ИСОД. Только такой подход может обеспечить наиболее полную защиту объекта и гарантировать достаточно высокую защищенность информации, обрабатываемой на СВТ. Для этого должна быть разработана модель канала утечки информации позволяющая проводить предварительный расчет дальности канала и оценку эффективности средств защиты. В работах [1 - 10] показана возможность съема информации с монитора по каналу ПЭМИ, а также предложены методики поиска опасных сигналов, однако в них отсутствует модель данного канала утечки информации.

Цель данной статьи – разработка модели источника опасного сигнала в канале утечки информации образованного ПЭМИ монитора, которая может позволить прогнозировать как частоты побочного излучения, так и их вероятный источник – блок видеотракта ПК.

Основные положения

Технический канал утечки информации (ТКУИ) – это совокупность источника информации (ИИ), технического средства разведки (ТСР), с помощью которого добывается информация, и физической среды, в которой распространяется информационный сигнал (рис. 1). Под ТКУИ можно понимать способ получения с помощью ТСР разведывательной информации об объекте. Под разведывательной информацией обычно понимаются сведения или совокупность данных об объектах разведки независимо от формы их представления [8].

Рассмотрим основные составляющие ТКУИ. Сигналы являются материальными носителями информации. По физической природе сигналы могут быть электрическими, электромагнитными, акустическими и т.д. То есть сигналами, как правило, являются электромагнитные, механические и другие виды колебаний, причем информация содержится в их изменяющихся параметрах. В зависимости от природы сигналы распространяются в определенных физических средах. В общем случае средой распространения могут быть газовые (воздушные), жидкостные (водные) и твердые среды. Например, воздушное пространство, конструкции зданий, соединительные линии и токопроводящие элементы, грунт и т. п. [8].

Технические средства разведки служат для приема и измерения параметров сигналов. Информация, отображенная на экране монитора, может быть восстановлена с помощью ТВ-приемника. Он обрабатывает лишь небольшую часть спектра шириной около 8 МГц на частотах в диапазонах метровых и дециметровых волн.

В работе используется косвенный метод оценки защищенности информации, обрабатываемой СВТ, от возможной ее утечки за счет ПЭМИ. Он не использует проведение фактического обнаружения сигнала и основывается на применении в информационных излучающих цепях СВТ тестовых сигналов в виде периодической последовательности информационных импульсов (рис. 2).



Рис. 1

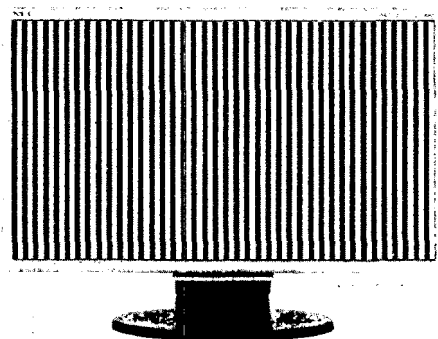


Рис. 2

Модель источника ПЭМИ монитора

Для составления модели источника ПЭМИ монитора необходимы следующие исходные данные: знание принципа работы монитора; сведения о структуре видеосигнала; параметры тестового сигнала.

Для исследования ПЭМИ применяется тестовый сигнал, который выводится на экран монитора ПК в виде последовательности черно-белых вертикальных полос, называемой мирой (рис. 2).

Аналитический вид данного сигнала во временной области описывается выражением (1), а его спектр выражением (2).

$$s(t) = \sum_{i=1}^{N_{\text{строк}}} \left[\sum_{n=0}^{N_{\text{лин}}} \Phi [t - t_1 \cdot n - (i-1) \cdot T_{\text{строк}}] - \left[\sum_{n=0}^{N_{\text{лин}}} \Phi [t - \tau_i - t_1 \cdot n - (i-1) \cdot T_{\text{строк}}] \right] \right], \quad (1)$$

где t_1 – время запаздывания между двумя импульсами, соответствующими двум соседним вертикальным полосам изображения; Φ – функция включения; $N_{\text{строк}}$ – количество строк, равное разрешающей способности монитора по вертикали; $N_{\text{лин}}$ – количество черных линий тестового сигнала; $T_{\text{строк}}$ – период строчной развертки; τ_i – длительность участка изображения, соответствующая вертикальной полосе тестового сигнала;

$$|S(f)| = E \cdot \tau_i \frac{\sin(\pi \cdot f \cdot \tau_i)}{\pi \cdot f \cdot \tau_i} \frac{\sin(N_{\text{лин}} \cdot \pi \cdot f \cdot \tau_i \cdot T_{\text{строк}})}{\sin(\pi \cdot f \cdot \tau_i \cdot T_{\text{строк}})} \quad (2)$$

Частота первой гармоники определяется по выражению

$$F_1 = \frac{1}{T_{\text{ч_лин}}} = \frac{N_{\text{лин}}}{\tau_a} = \frac{N_{\text{лин}}}{T_{\text{строк}} - \tau_{\text{сги}}} = \frac{N_{\text{лин}}}{\left(\frac{1}{N_{\text{строк}} \cdot N_{\text{кадров}}} \frac{\tau_{\text{кги}}}{N_{\text{строк}}} - \tau_{\text{сги}} \right)}, \quad (3)$$

где $T_{\text{ч_лин}}$ – период следования вертикальных полос тестового сигнала; $N_{\text{ч_лин}}$ – количество черных линий тестового сигнала; τ_a – длительность активной части строки; $N_{\text{строк}}$ – количество строк раstra изображения, равное разрешающей способности монитора по вертикали; $N_{\text{кадров}}$ – количество кадров в секунду; $T_{\text{строк}}$ – период строчной развертки; $\tau_{\text{сги}}$ – длительность обратного хода строчной развертки; $\tau_{\text{кги}}$ – длительность обратного хода кадровой развертки.

Основной задачей данного тестового сигнала является обеспечение максимального уровня побочных электромагнитных излучений.

На рис. 3 изображена осциллограмма тестового сигнала, а на рис.4 – его спектр.

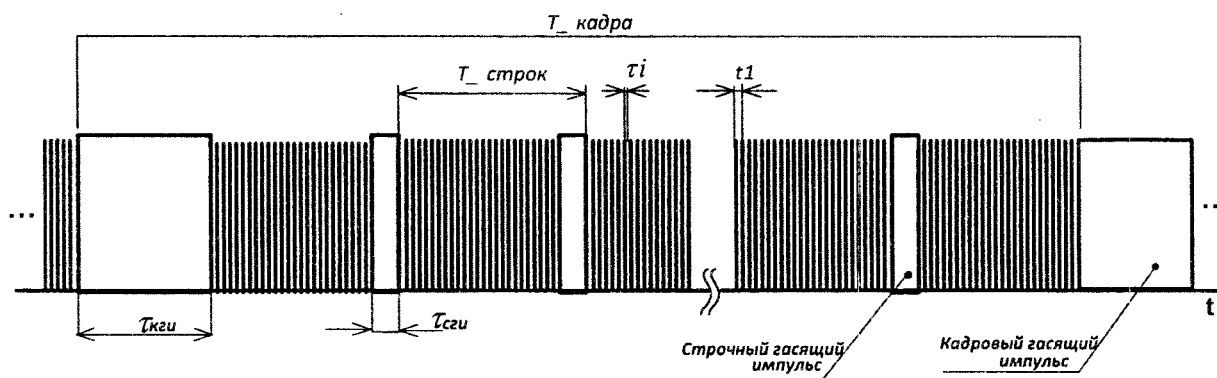


Рис. 3



Рис. 4

На рис. 5 и 6 приведены амплитудные спектры информативного сигнала, обрабатываемого монитором для некоторых режимов его работы.

На рис. 5 – результаты моделирования ПЭМИ для режима 800x600 60 Гц (тестовый сигнал №4 – чередование черных и белых линий толщиной в четыре пикселя).

На рис. 6 – результаты моделирования ПЭМИ для режима 1280x1024 75 Гц (тестовый сигнал №1 – чередование черных и белых линий толщиной в один пиксель).

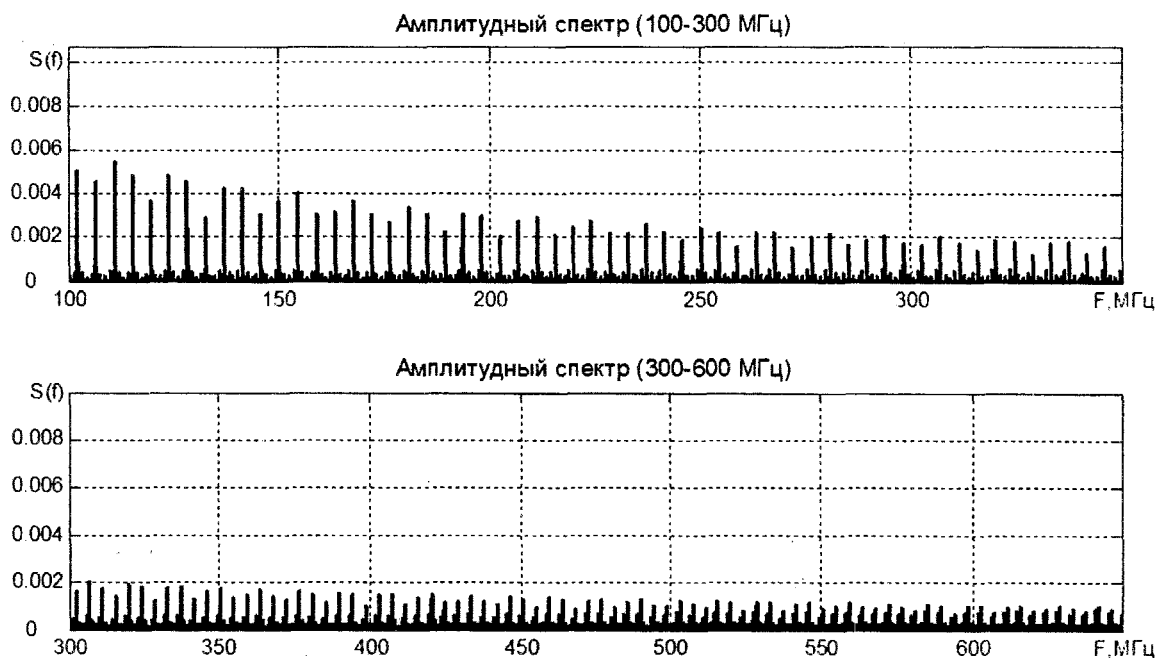


Рис. 5

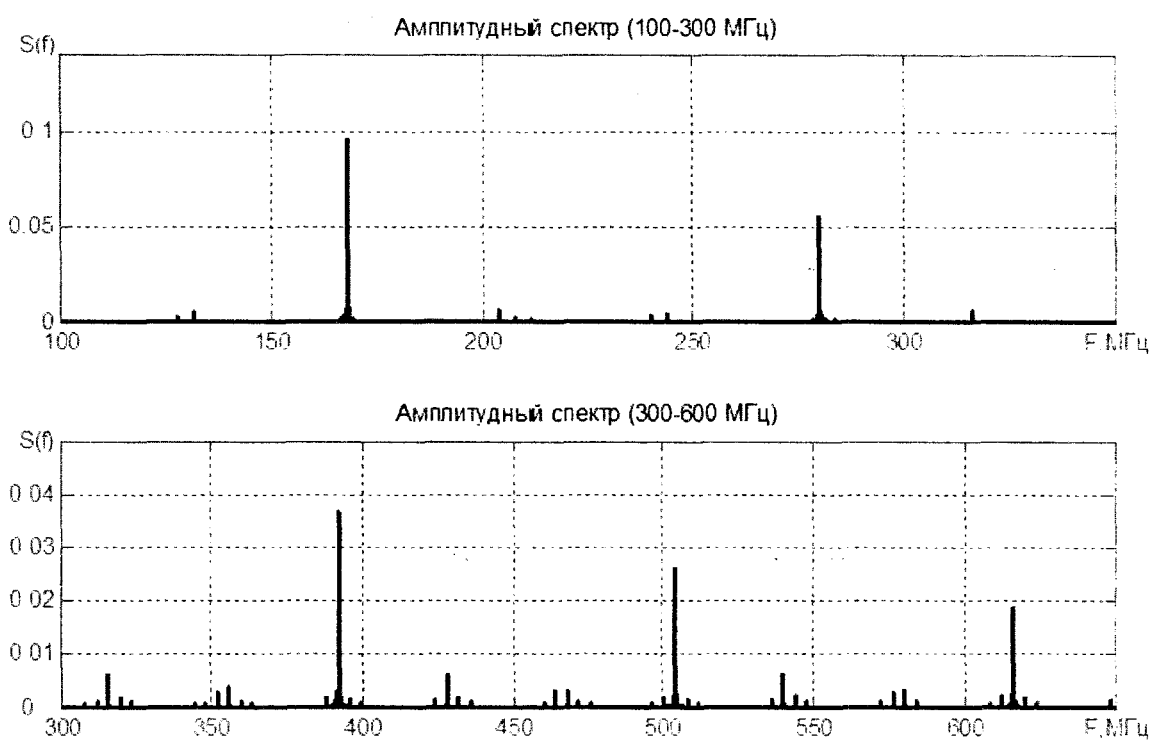


Рис. 6

Из рис. 5 и 6 видно, что с увеличением разрешающей способности и частоты кадровой развертки количество спектральных составляющих (соответствующее возможному количеству ПЭМИ) уменьшается, при этом амплитуды гармоник возрастают.

Идентифицировать источник побочного излучения и его излучаемую способность можно по частотной зависимости КНД случайной антенны – видеокабеля (на локальные максимумы частотной зависимости приходится излучение видеокабеля, на минимумы – излучение видеоусилителя).

В качестве модели видеокабеля можно использовать модель проволочного излучателя, частотная зависимость КНД которого определяется выражением (4) и (5) [11]:

$$Ri(f) = 60 \int_0^\pi \frac{\left(\cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \cos(\Theta)}{\lambda(f)}\right) - \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\lambda(f)}\right) \right)^2}{\sin(\Theta)} d\Theta, \quad (4)$$

$$D(f) = 120 \cdot \frac{\left(1 - \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\lambda(f)}\right) \right)^2}{Ri(f)}, \quad (5)$$

где D – коэффициент направленного действия антенны; f – частота; λ – длина волны; L – длина антенны; Θ – угол между осью антенны и направлением на источник сигнала; Ri – сопротивление излучения антенны;

На рис. 7 приведены результаты моделирования ПЭМИ для режима 1024x768 85 Гц (тестовый сигнал №4): a – амплитудный спектр информативного сигнала в видеокабеле для режима работы монитора 1024x768 85 Гц; b – частотная характеристика КНД антенны, в роли которой выступает видеокабель; $в$ – амплитудный спектр сигнала излучаемого видеокабелем.

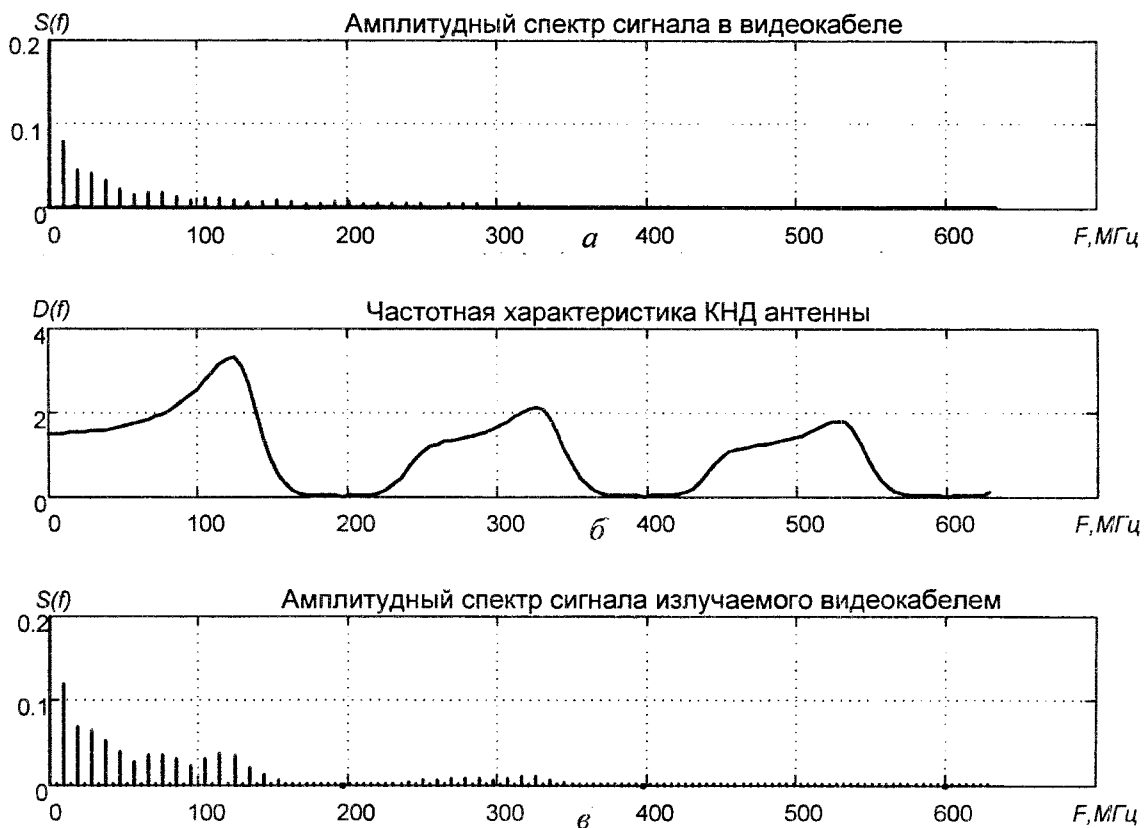


Рис. 7

Следовательно, по частотной зависимости КНД излучателя (видеокабеля) с учетом результатов расчета (табл.1), частоты на которых будут обнаружены ПЭМИ, можно прогнозировать источник ПЭМИ (монитор, либо видеокабель).

Для различных тестовых сигналов и режимов работы монитора проведено математическое моделирование ПЭМИ. Полученные результаты сведены в табл. 1.

Таблица 1

Суммарный уровень ПЭМИ монитора, уровень которых превышает условное пороговое значение $U_{пор} = 0.015$ В, в диапазоне частот 110 – 600 МГц

Тестовый сигнал*	Суммарный уровень ПЭМИ					
	800x600 60 Гц	1024x768 60 Гц	1024x768 85 Гц	1280x1024 75 Гц	1440x900 60 Гц	1680x1050 60 Гц
№1	0,17335	0,17868	0,37857	0,11450	0,29234	0,131649
№2	0,15116	0,16053	0,18005	0,16763	0,10971	0,163338
№3	0,091875	0,09777	0,10421	0,14626	0,17842	0,13318
№4	0,031237	0,06629	0,09023	0,08534	0,11546	0,11879

*Тестовый сигнал №1 – чередование черных и белых линий толщиной в один пиксель;

Тестовый сигнал №2 – чередование черных и белых линий толщиной в два пикселя;

Тестовый сигнал №3 – чередование черных и белых линий толщиной в три пикселя;

Тестовый сигнал №4 – чередование черных и белых линий толщиной в четыре пикселя

Результаты экспериментального подтверждения разработанной модели источника ПЭМИ монитора

Для исследования ПЭМИ использовалась методика, описанная в [10].

Состав измерительного оборудования:

1) антенны DP3 (300 – 1000 МГц), DP1 (80 – 300 МГц).

2) селективный микровольтметр SMV 8.5;

Общий вид измерительной установки приведен на рис. 8.

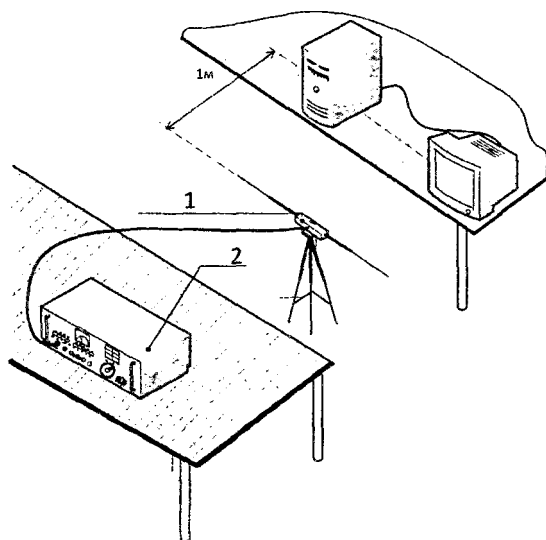


Рис. 8

Эксперимент проводился в учебной лаборатории кафедры основ радиотехники Харьковского национального университета радиозлектроники.

Для того чтобы определить наиболее вероятный источник ПЭМИ в персональном компьютере (ПК), проведены экспериментальные исследования его видеотракта (рис. 9).

С помощью селективного микровольтметра SMV – 8.5 выполнялся поиск сигналов, излученных всеми блоками видеотракта при включенном тестовом сигнале в диапазоне частот.

Для исследования ПЭМИ отдельных блоков ПЭВМ применялась следующая методика:

1. Измерялось общее излучение видеотракта при всех подключенных его составляющих U_{Σ} ;

2. Измерялся уровень сигнала с отключенным монитором U' ;

3. Измерялся уровень сигнала с отключенным монитором и кабелем U'' .
 Далее рассчитываются уровни излучения отдельных составляющих видеотракта:

$$U_{\Sigma}^2 = U_{vy}^2 + U_{vk}^2 + U_a^2,$$

$$U_{vy} = \sqrt{U_{\Sigma}^2 - (U_{vk}^2 + U_a^2)},$$

$$U_{vk}^2 = (U')^2 - (U'')^2,$$

$$U_a = U'';$$

где U_{Σ} – уровень общего излучения видеотракта; U_{vy} – уровень излучения видеоусилителя; U_{vk} – уровень излучения видеокабеля; U_a – уровень сигнала видеоадаптера.

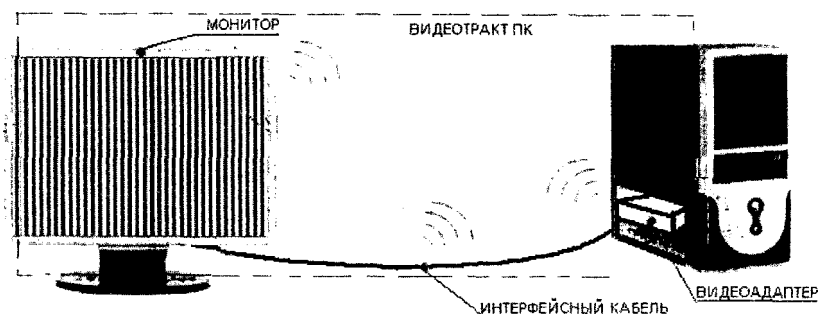


Рис. 9

Результаты исследований занесены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты экспериментального исследования ПЭМИ отдельных блоков ПЭВМ

Блок видеотракта	Модели монитора											
	Samsung 765MB (17",CRT)*		LG 575 (15",CRT) *		Samsung 940 NW(19",TFT) *		LG W2242T (22",TFT)**		Packard Bell A520 (15")*		Packard Bell A727/P*	
Напряжение на входе селективного микровольтметра, мкВ												
Частота, МГц	190	142	140	220	133	168	174	390	130	292	118	426
Видеоадаптер U_a	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Видеокабель U_{vk}	4,51	6,92	1,99	1,67	1,99	0	0	2,88	1	2,51	15,8	1,58
Видеоусилитель U_{vy}	27,8	39,17	6,96	6,79	2,63	5	6,45	0	99,9	13,06	7,97	8,76
Общее излучение U_{Σ}	28,2	39,8	7,244	7	3,98	5	6,45	2,88	100	13,3	17,7	8,91

*подключение по аналоговому интерфейсу (VGA)

**подключение по цифровому интерфейсу (DVI)

Согласно результатам исследований видеотракта, на определенных частотах основным источником излучения (ПЭМИ) является либо видеокабель, либо видеоусилитель монитора. Соотношение количества их ПЭМИ приблизительно одинаковое. Но по уровню излучений монитор можно считать основным источником опасного сигнала.

Проведено подробное исследование видеотракта монитора Packard Bell A727/P (17", ЭЛТ). Результаты сведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследования видеотракта монитора Packard Bell A727/P

F, МГц	118	119	142	166	178	189	212	238	260	282	308	332	356	379	403	425	450	478	535	595
Ус, мкВ	46	11	51	23,5	2,1	25	4	19	3	3	3	3	13	11	22	27	3,6	2	8,00	13
Источник ПЭМИ	к	к	к	к	к	м	м	м	м	к	к	м	м	м	м	м	м	к	к	м

к – основной источник ПЭМИ – видеокабель;

м – основной источник ПЭМИ – видеоусилитель.

Частоты, на которых основным источником сигнала является видеокабель, хорошо согласуются с частотной зависимостью КНД проволочного излучателя (рис. 7, б) с длиной, равной длине видеокабеля. На частотах минимума КНД основным источником излучения являются высоковольтные блоки монитора (видеоусилители).

В табл. 4 приведен суммарный уровень ПЭМИ нескольких моделей мониторов, которые исследовались в эксперименте.

Таблица 4

Суммарный уровень обнаруженных ПЭМИ в диапазоне частот 110 – 600 МГц

Модель монитора	Режим работы монитора	Тест № 1	Тест № 2	Тест № 3	Тест № 4
SAMSUNG 765 MB (17",CRT)	800x600x60	66,728	28,201	15,848	6,826
	1280x1024x75	109,872	26,392	32,939	21,308
LG 575C (15",CRT)	800x600x60	279,832	256,984	86,128	89,376
	1024x768x85	211,064	188,048	59,808	58,016
Packard Bell A 520 (15",CRT)	1024x768x60	1170,064	1057,84	331,632	307,048
Packard Bell A 727/P (17", CRT)	800x600x60	91,952	107,8	58,576	24,136
	1024x768x85	135,24	160,72	47,768	49,056
SAMSUNG 940 NW (19",TFT)	1440x900x60	10,309	19,6	9,688	10,416
LG W2242T (22",TFT)	1680x1050x60	55,44	784,56	193,928	198,184
Notebook MSI VR 610X	1440x900x60	0	0	0	0

Результаты эксперимента (табл. 4) хорошо согласуются с результатами моделирования (табл. 1).

По уровням обнаруженных ПЭМИ можно сделать вывод, что в основном с повышением разрешающей способности монитора увеличивается их уровень. Максимальные уровни побочных излучений получены для 1-го и 2-го тестовых сигналов, поэтому они и будут наиболее оптимальными для поиска ПЭМИ.

Следует также отметить, что частоты ПЭМИ, полученные в результате моделирования не являются частотой несущего колебания, образованной в результате паразитной генерации в видеотракте. Поэтому не представляют интерес для злоумышленника, так как не несут информативной составляющей и присутствуют лишь для конкретного сигнала в конкретном режиме работы монитора. О наличии такой, действительно опасной частоты ПЭМИ, можно судить по следующим признакам:

- наличие излучения на данной частоте данной частоты при всех тестовых сигналах и режимах работы монитора;
- несовпадение ее значения с результатами моделирования;
- ее относительной нестабильности.

Выводы

1. Проведены натурные эксперименты по исследованию ПЭМИ различных типов мониторов. Полученный экспериментальный материал подтверждает наличие побочного излучения, как мониторов ПЭВМ, так и его отдельных блоков.

2. Экспериментально определено, что из исследуемых мониторов самым низким уровнем излучений обладают некоторые модели TFT-мониторов, а также ноутбуки.

3. Разработана методика прогнозирования частот ПЭМИ, а также вероятный источник излучения на конкретной частоте. Наиболее вероятными источниками ПЭМИ видеотракта ПК являются видеокабель и видеоусилители монитора.

4. Полученные результаты могут быть полезны для составления общей модели канала утечки информации через ПЭМИ и предварительного расчета зоны защищенности на этапе строительства (реконструкции) объекта информационной деятельности, на котором обрабатывается ИСОД.

Список литературы: 1. *Wim van Eck, I. Neessen and P. Rijdsdijk*; On the electromag-fields generated by video display units. Proc. symp. EMC.Zurich, March 1985. 2. *Wim van Eck*: Electromagnetic Radiation from Video Display Units: An Eaves-dropping Risk? Computers & Security, Vol.4, pp. 269–286, 1985. 3. *Tanaka Hidema, Takizawa Osamu*: A Trial of the Interception of Display Image Using Emanation of Electromagnetic Wave. Journal of the Institute of Image Electronics Engineers of Japan (S0815A), 2005. ISSN:0285-9831, Vol 34; No.2; pp.147-155. 4. *Markus G. Kuhn*: Electromagnetic Eaves dropping Risks of Flat-Panel Displays. 4th Work shop on Privacy Enhancing Technologies, 23–25 May 2004, Toronto, LNCS3424, Springer. 5. *Markus G. Kuhn*: Compromising emanations: eaves dropping risks of computer displays. Technical Report UCAM-CL-TR-577, University of Cambridge, Computer Laboratory, December 2003. 6. *N.N. Gorobets, A.V. Trivaylo* Compromising emanations: overview and system analysis // Вісник Харк. нац. ун-ту ім. В.Н.Каразіна. Серія “Радіофізика та електроніка”. – 2009. – № 883, вип. 15. – С. 83-88. 7. *Суворов П.А.* Некоторые особенности поля побочного электромагнитного излучения технических средств, обрабатывающих конфиденциальную информацию // Специальная техника. – 2004. – №2. 8. *Хорев А.А.* Способы и средства защиты информации. – М. : МО РФ, 2000. – 316с. 9. Терминология в области защиты информации: Справочник. – М. : ВНИИ "Стандарт", 1993. – 110 с. 10. *Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мецераков Р.В.* Технические средства и методы защиты информации. – М. : ООО «Издательство Машиностроение», 2009. – 508с. 11. *Лавров Г.А., Князев А.С.* Приземные и подземные антенны. – М. : Сов. радио, 1965. – 472с.