

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВЕРЖЕННОСТИ ТЕЛЕФОННОГО АППАРАТА «ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ НАКАЧКЕ»

В статье приведены результаты экспериментальных исследований возможности перехвата акустической речевой информации из выделенного помещения методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата. Установлено, что телефон подвержен «высокочастотной накачке» в диапазоне частот 168–270 МГц. Получены зависимости отношения «сигнал/шум» (по напряженности поля излучаемого сигнала) от мощности ВЧ-генератора и уровня акустического давления для частоты накачки 230 МГц. По показателю словесная разборчивость речи установлено, что методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата в реальных условиях перехват речевой информации из выделенного помещения не возможен.

Ключевые слова: технический канал утечки акустической речевой информации, высокочастотное навязывание, высокочастотное облучение, высокочастотная накачка.

Khorev A. A., Chachillo T. V.

INVESTIGATION OF THE TELEPHONE'S EXPOSURE TO "HIGH-FREQUENCY PUMPING"

The article presents the results of experimental studies of the possibility of intercepting acoustic speech information from a dedicated room using the "high-frequency pumping" method of a telephone device. It was found that the phone is subject to "high-frequency pumping" in the frequency range of 168-270 MHz. The dependences of the signal-to-noise ratio (in terms of the field strength of the emitted signal) on the power of the RF generator and the acoustic pressure level for the 230 MHz pumping frequency are obtained. According to the indicator of verbal intelligibility of speech, it has been established that the method of "high-frequency pumping" of a telephone in real conditions is not possible to intercept speech information from a dedicated room.

Keywords: technical channel of acoustic speech information leakage, high-frequency imposition, high-frequency irradiation, high-frequency pumping.

Введение

Наряду с традиционными методами перехвата акустической речевой информации из выделенных помещений (ВП) в настоящее время все более широко стали использоваться такие методы перехвата, такие как «высокочастотное навязывание» (ВЧН) и «высокочастотное облучение» (ВЧО) [1 – 3].

Использование данных методов перехвата основано на том, что в некоторые вспомогательные технические средства и системы (ВТСС), устанавливаемые в ВП, входят акустоэлектрические преобразователи модуляторного типа (АЭПМТ). Такие ВТСС часто называют ВТСС, обладающие микрофонным эффектом [1].

Принцип работы АЭПМТ основан на их свойстве изменять свои параметры (емкость, индуктивность или сопротивление) под действием акустического поля, создаваемого источником акустических колебаний [1]. Изменение их параметров незначительное, поэтому при протекании через них электрического тока его амплитуда также меняется незначительно. Но если такие акустоэлектрические преобразователи входят в состав высокочастотного колебательного контура, то даже незначительное изменение их параметров приводит к существенному изменению амплитуды высокочастотного сигнала I на частоте резонанса f_p этого контура (см. рисунок 1) [4]:

$$I = \frac{U_c}{|Z|}. \quad (1)$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}. \quad (2)$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}. \quad (3)$$

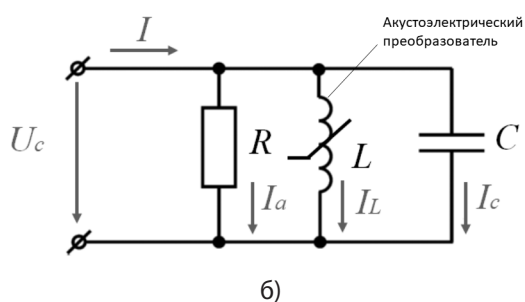
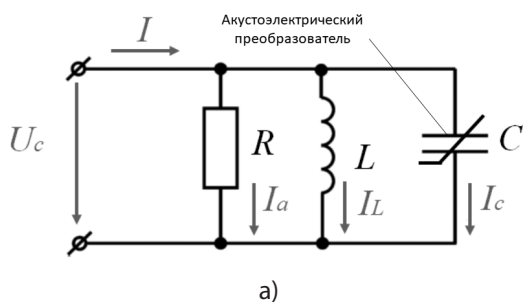


Рис. 1. Резонансный контур с нелинейной емкостью (а) и нелинейной индуктивностью (б)

Для создания канала утечки информации в ВТСС или подают гармонический высокочастотный сигнал по соединительным линиям, или облучают ВТСС высокочастотным гармоническим сигналом [1].

В первом случае высокочастотный сигнал проходя через нелинейный контур модулируется по закону изменения звукового давления, воздействующего на нелинейный элемент. «Отраженный» от нелинейного контура сигнал принимается и демодулируется приемным устройством средства разведки, гальванически подключенным к соединительной линии ВТСС. Такой метод перехвата называется методом «высокочастотного навязывания». Создаваемый таким методом канал утечки информации называется активным акустоэлектрическим (см. рисунок 2) [1].

Во втором случае в нелинейном колебательном контуре сигнал появляется в следствие взаимодействия электромагнитного поля, создаваемого высокочастотным генератором средства перехвата, с элементами ВТСС, которые выполняют функцию случайных антенн. При воздействии акустического сигнала на нелинейный элемент колебательного контура происходит изменение его сопротивления и резонансной частоты, а в следствие этого – модуляция переизлученного ВТСС высокочастотного сигнала по закону изменения звукового давления, воздействующего на нелинейный элемент. Переизлученный высокочастотный сигнал принимается и демодулируется радиоприемным устройством средства разведки. Такой метод перехвата акустической речевой информации называется методом «высокочастотного облучения», а создаваемый таким методом канал утечки информации называется активным акустоэлектромагнитным (см. рисунок 2) [1].

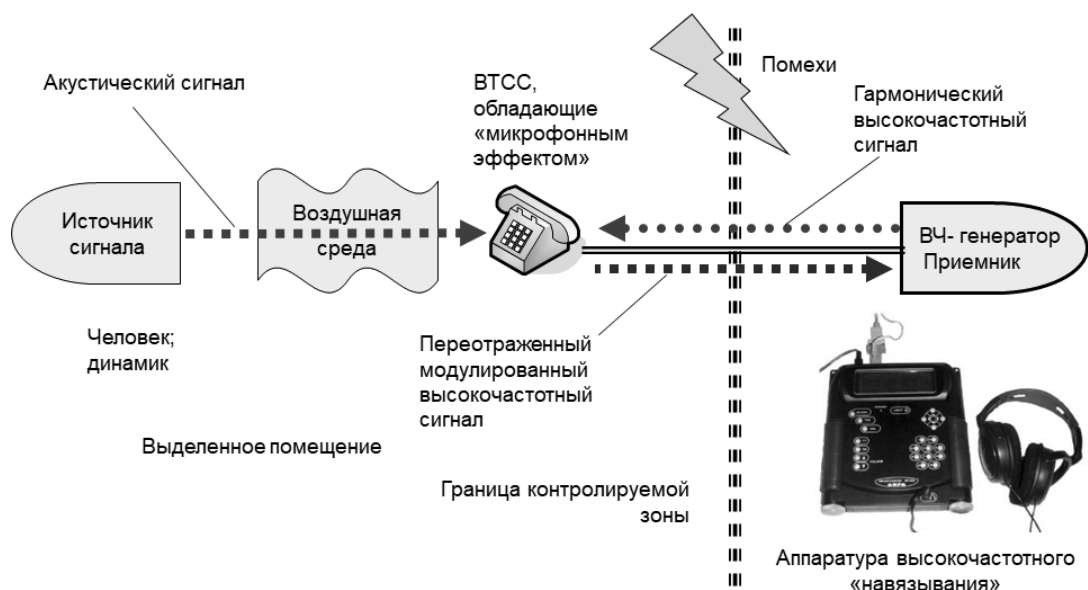


Рис. 2. Схема акустоэлектрического канала утечки речевой информации, создаваемого методом «высокочастотного навязывания»



Рис. 3. Схема акустоэлектромагнитного канала утечки речевой информации, создаваемого методом «высокочастотного облучения»

Технические каналы утечки информации, реализуемые с использованием методов «высокочастотного навязывания» и «высокочастотного облучения» довольно подробно рассмотрены в работах различных авторов [1–3, 5–17], а методы и методики контроля подверженности технических средств акустоэлектрическим и акустоэлектромагнитным преобразованиям – в [1–3, 18–23].

При использовании для перехвата акустической речевой информации метода «вы-

сокочастотного навязывания» высокочастотный сигнал, формируемый генератором гармонических колебаний, по соединительной линии подается на вход ВТСС, где модулируется и отражается обратно в линию. Но, при этом вследствие того, что по элементам ВТСС протекает высокочастотный модулированный сигнал, вокруг них возникает электромагнитное излучение, которое распространяется в окружающее пространство. Принимая и демодулируя это электромагнитное из-

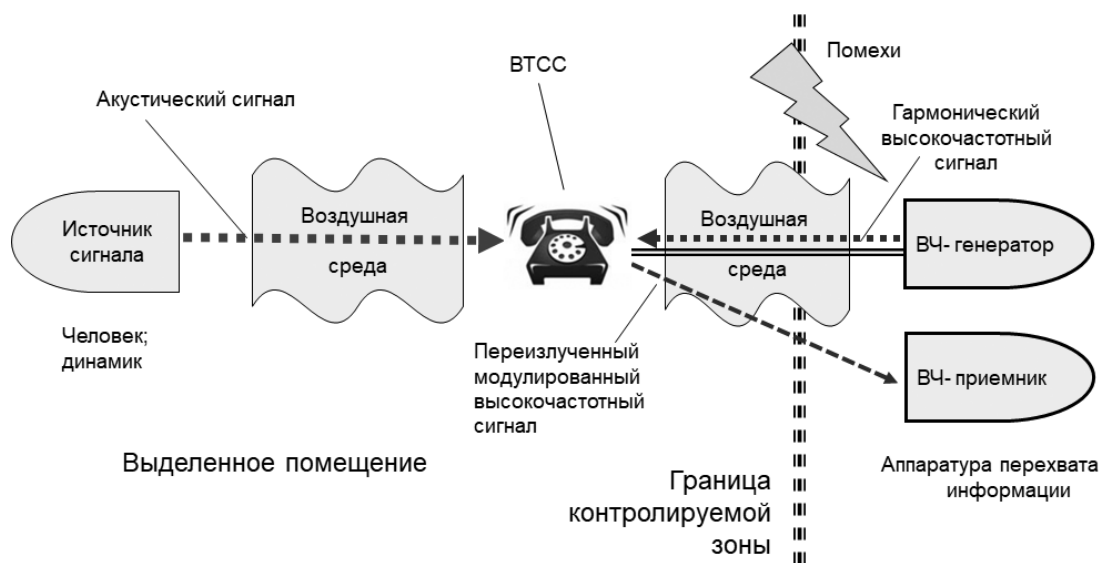


Рис. 4. Схема технического канала утечки акустической речевой информации, создаваемого методом «высокочастотной накачки» ВТСС

лучение можно перехватить ведущиеся в помещении разговоры (см. рисунок 4).

Такой метод перехвата информации в начале 90-х годов получил название метод «высокочастотной накачки», в 2000-х годах – метод «высокочастотной прокачки». Однако, по нашему мнению, термин «высокочастотная накачка» более корректный.

Для контроля защищенности акустической речевой информации от утечки за счёт «высокочастотного навязывания», «высокочастотного облучения» и «высокочастотной прокачки» используются программно-аппаратные комплексы «Тандем», «Гранат», «ПАР-НАС-ЭХО12Е» и др. [24 – 26].

Одним из наиболее распространенных ВТСС, устанавливаемых в ВП и подверженных акустоэлектрическим и акустоэлектромагнитным преобразованиям, являются телефонные аппараты.

В работе [13] были проведены экспериментальные исследования телефонных аппаратов типа KX-TS2361UA (Panasonic), TULIPAN-319 (1990 год выпуска, Польша), TA-72, TA-600, TA-4100 на подверженность «высокочастотному навязыванию» в диапазоне частот от 10 кГц до 10 МГц. Авторами было установлено, что все выше перечисленные телефоны не подвержены «высокочастотному навязыванию», так как глубина амплитудной модуляции менее 10% для всех уровней громкости речи. По мнению авторов невозможность перехвата речевой информации

методом «высокочастотного навязывания» обусловлена наличием дифференциального трансформатора (с индуктивностью обмотки 24 мГн) и ёмкостью кабеля трубки (300–500 пФ), которые существенно ослабляют ВЧ-сигнал навязывания.

Проведенный анализ показал, что в доступной литературе отсутствуют результаты исследований возможностей перехвата речевой информации методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата.

Поэтому с целью оценки возможности перехвата акустической речевой информации методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата были проведены экспериментальные исследования.

Экспериментальные исследования

В качестве показателя оценки возможностей перехвата акустической речевой информации по акустоэлектрическим и акустоэлектромагнитным каналам используется словесная разборчивость речи, в основу оценки которой положена инструментально-расчетная методика, предполагающая измерение отношений сигнал/шум на входе приемного устройства средства разведки в октавных полосах и расчет словесной разборчивости речи по эмпирическим формулам [1].

Используем данный показатель и при оценке возможностей перехвата речевой информации методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата.



Рис. 5. Лабораторный стенд для проведения экспериментальных исследований

Состав лабораторного стенда: 1 – телефонный аппарат «VEF TA-D» (TA611D; 2 – анализатор спектра «Rohde&Schwarz FSH8»; 3 – электрическая дипольная активная измерительная антенна П6-51; 4 – шумомер «Экофизика-110А»; 5 – активная акустическая системы «Волна-Д»; 6 – генератор сигналов «Rohde&Schwarz SMB100A»

Для проведения экспериментальных исследований был разработан лабораторный стенд, схема и состав которого приведены на рисунке 5.

Экспериментальные исследования проводились в несколько этапов.

На первом этапе были определены частоты, на которых телефонный аппарат (ТА) подвержен «высокочастотной накачке».

Методика проведения экспериментальных исследований заключалась в следующем:

1. К телефонному аппарату «VEF TA-D» подключался генератор сигналов «Rohde&Schwarz SMB100A».

2. На расстоянии 1 м от ТА устанавливалась электрическая дипольная активная измерительная антенна П6-51, подключенная к анализатору спектра «Rohde&Schwarz FSH8».

3. Акустическая система (звуковая колонка) источника тестового акустического сигнала устанавливалась на расстоянии 1 м от исследуемого ТА и направляется на него.

4. В месте расположения ТА устанавливался измерительный микрофон, подключенный к шумомеру «Экофизика-110А».

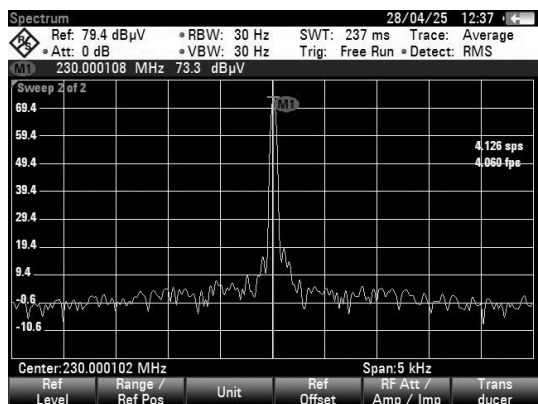
5. Включался генератор сигналов «Rohde&Schwarz SMB100A». Выходная мощность генератора устанавливается на максимальное значение (25 дБм).

6. Включался анализатор спектра «Rohde&Schwarz FSH8». Устанавливалась полоса обзора $Span$: 5 кГц и полоса пропускания RBW : 30 Гц.

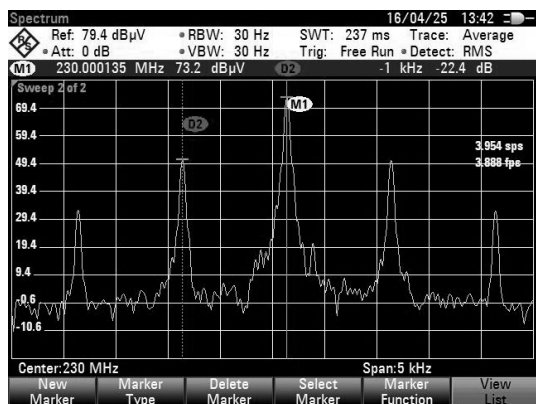
7. Включался генератор тестового сигнала (ГС) в режиме генерации синусоидального сигнала на частоте 1000 Гц. Устанавливался максимальный уровень громкости тестового сигнала.

8. Шумомером измерялся уровень тестового сигнала (L_n) в 4-й октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц (измеренный уровень громкости сигнала составил 110 дБ).

9. Высокочастотный генератор и анализатор спектра синхронно перестраивались в



а)



б)

Рис. 6. Спектрограмма переизлученного телефонным аппаратом сигнала (частота сигнала ВЧ-навязывания 230 МГц, частота тестового акустического сигнала 1 кГц) при выключенном тестовом сигнале (а) и включенном тестовом сигнале (б)

диапазоне частот от 30 кГц до 300 МГц с шагом 10 кГц.

10. При обнаружении в спектре принимаемого сигнала модуляционных составляющих тестового сигнала фиксировалась частота сигнала ВЧ-навязывания ($F_{c,i}$) и производилось измерение уровней спектральных составляющих сигнала (на частоте $F_{c,i} \pm 1000$ Гц) при включенном тестовом сигнале $U_{(c+m),ir}$ дБ(мкВ) и выключенном тестовом сигнале $U_{ш,ir}$ дБ(мкВ) (см. рисунок 6).

Производился расчет напряженности поля информативного сигнала по формуле

$$E_{c,i} = 10 \lg \left[10^{0,1(U_{(c+m),i} + k_{a,i})} - 10^{0,1(U_{ш,i} + k_{a,i})} \right], \quad (4)$$

где $U_{(c+m),i}$ – уровень модуляционной составляющей при включенном тестовом сигнале на i -й частоте, дБ(мкВ);

$U_{ш,i}$ – уровень шумов при включенном тестовом сигнале на i -й частоте, дБ(мкВ);

$k_{a,i}$ – калибровочный коэффициент антенны П6-51 на i -й частоте, дБ(1/м).

График зависимости напряженности поля информативного сигнала (а) и шумов (б) от частоты приведен на рисунке 7.

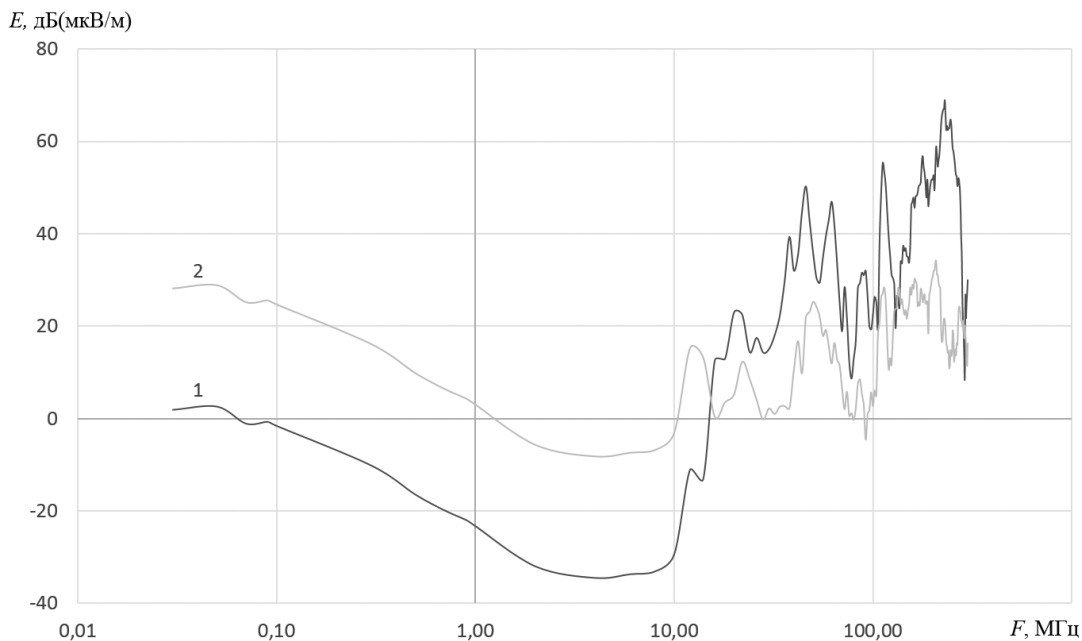


Рис. 7. График зависимости напряженности поля информативного сигнала (1) и шумов (2) от частоты при максимальной выходной мощности ВЧ-генератора (25 dBm) и максимальном уровне акустического сигнала на частоте 1 кГц (110 дБ)

Анализ графика, представленного на рисунке 7, показывает, что зависимость напряженности поля информативного сигнала от частоты сигнала ВЧ-накачки носит нелинейный характер. Телефон наиболее подвержен ВЧ-накачке в диапазоне частот от 168 МГц до 270 МГц. Максимальный уровень напряженности поля информативного сигнала наблюдается на частоте 230 МГц.

На втором этапе была определена зависимость напряженности поля информативного сигнала от частоты тестового акустического сигнала.

Измерения проводились на частоте ВЧ-сигнала навязывания $F_c = 230$ МГц в соответствии с методикой, изложенной выше. При этом в качестве тестовых сигналов использовались тональные сигналы на среднегеометрических частотах 1 – 7 октавных полос: 125 Гц, 250 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц, 4000 Гц и 8 кГц.

Полоса обзора *Span* анализатора спектра устанавливалась в зависимости от частоты тестового сигнала в диапазоне от 1 до 20 кГц.

Рассчитанные значения напряженности поля информативного сигнала в зависимости от частоты тестового акустического сигнала приведены в таблице 1 и на рисунке 8.

Таблица 1

**Измеренные значения напряженности поля информативного сигнала
в октавных полосах**

Номер октавной полосы	Частотные границы октавной полосы, Гц	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Напряженность поля информативного сигнала, дБ(мкВ/м)
1	90 - 175	125	40,07
2	175 - 355	250	43,08
3	355 - 710	500	62,2
4	710 - 1400	1000	68,9
5	1400 - 2800	2000	67,1
6	2800 - 5600	4000	35,49
7	5600 - 11200	8000	23,08

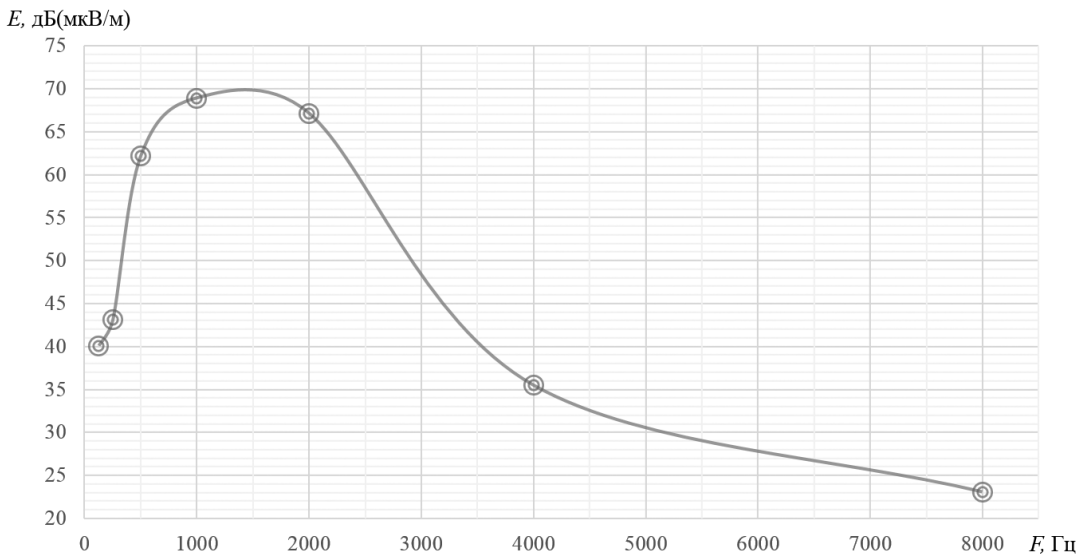


Рис. 8. График зависимости напряженности поля информативного сигнала от частоты тестового акустического сигнала (частота ВЧ сигнала навязывания 230 МГц, выходная мощность ВЧ генератора 25 дБм, уровень тестового акустического сигнала 110 дБ)

Анализ данных, представленных в таблице 1 и на рисунке 8, показывает, что телефонный аппарат наиболее подвержен акустоэлектромагнитным преобразованиям в 3 – 5 октавных полосах. Уровень информативного сигнала в диапазоне частот свыше 3,5 кГц (6 и 7 октавные полосы) более чем на 30 дБ ниже, чем в 3 – 5 октавных полосах. Очевидно это связано с добротностью резонансного контура, в который входит нелинейный элемент.

Проведенные исследования показали, что 1 и 7 октавные полосы практически не влияют на разборчивость речи [1, 27]. Поэтому, в дальнейшем экспериментальные исследования проводились только в 2 – 6 октавных полосах.

На третьем этапе была определена зависимость уровня информативного сигнала от уровня тестового акустического сигнала.

Измерения проводились на частоте ВЧ-сигнала навязывания $F_c = 230$ МГц при максимальной мощности генератора (25 дБм) в соответствие с методикой, изложенной выше. При этом в качестве тестовых сигналов использовались тональные сигналы на среднегеометрических частотах 2 – 6 октавных полос: 250 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц и 4000 Гц.

Уровень тестовых сигналов с шагом 1 дБ изменялся от максимального (110 дБ) до уровня, при котором модуляционная составляющая не обнаруживалась на фоне шумов. Результаты измерений представлены на рисунке 9.

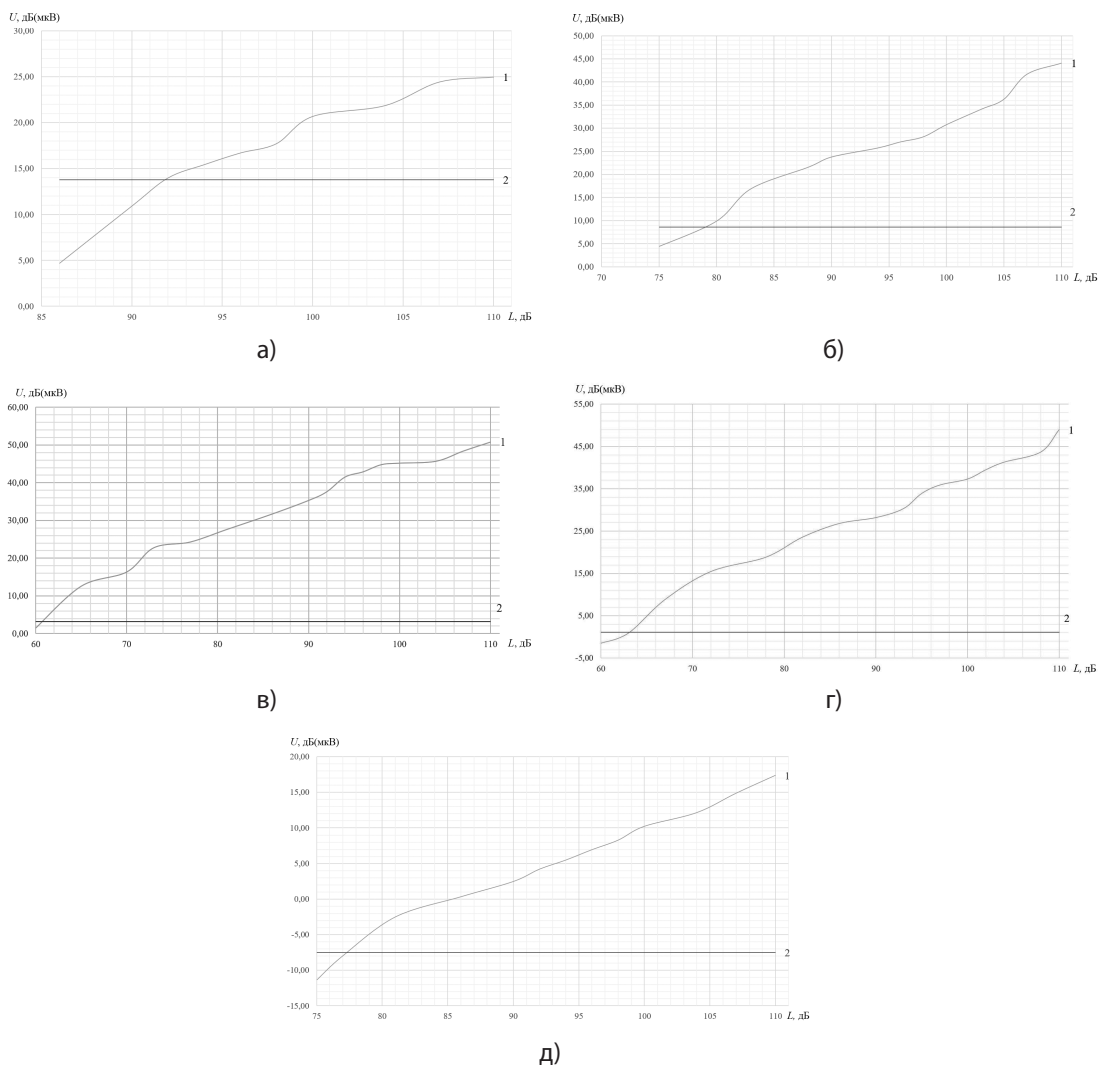


Рис. 9. Графики зависимости уровня информативного сигнала (1) и шумов (2) от уровня тестового акустического сигнала (частота ВЧ сигнала навязывания 230 МГц, выходная мощность ВЧ генератора 25 дБм): а) – для 2-й октавной полосы; б) – для 3-й октавной полосы; в) – для 4-й октавной полосы; г) – для 5-й октавной полосы; д) – для 6-й октавной полосы

Анализ данных, представленных на рисунке 9, показывает, что с возрастанием уровня тестового акустического сигнала уровень информативного сигнала растет при практически неизменном уровне шумов. Наибольший уровень информационного сигнала наблюдается в 3 – 5 октавных полосах.

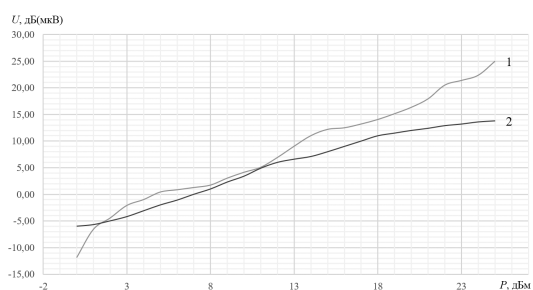
На четвертом этапе была определена зависимость уровня информативного сигнала от выходной мощности ВЧ-генератора.

Измерения проводились на частоте ВЧ-сигнала навязывания $F_c = 230$ МГц при максимальном уровне тестовых сигналов (110 дБ). При этом в качестве тестовых сигналов использовались тональные сигналы на среднегеометрических частотах 2 – 6 октавных полос: 250 Гц, 500 Гц, 1000 Гц, 2000 Гц и 4000 Гц.

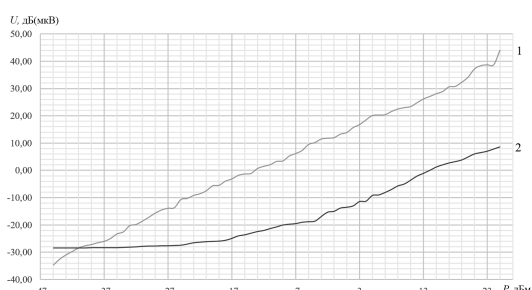
Выходная мощность высокочастотного генератора уменьшалась от максимального значения (25 дБм) с шагом 1 дБ до уровня, при котором модуляционная составляющая не обнаруживалась на фоне шумов. Результаты измерений представлены на рисунке 10.

Исходя из полученных графиков, представленных на рисунке 10, можно сделать вывод о том, что с возрастанием выходной мощности ВЧ генератора уровень информативного сигнала растет, но при этом растет и уровень шумов. Возможно это связано с тем, что анализатор спектра обладает недостаточной избирательностью при полосе пропускания RBW: 30 Гц.

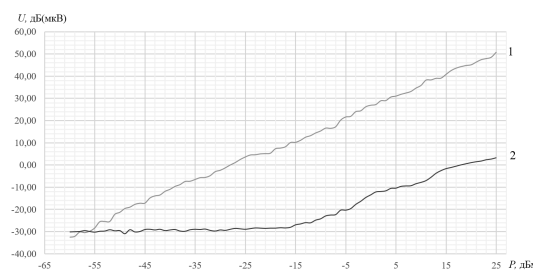
Для измерения напряженности поля информативного сигнала использовался анали-



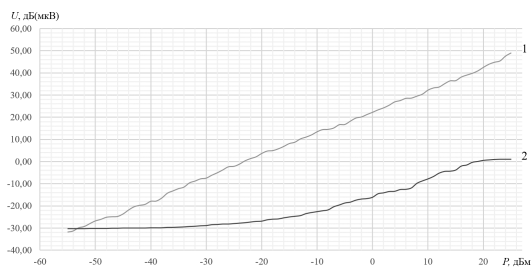
а)



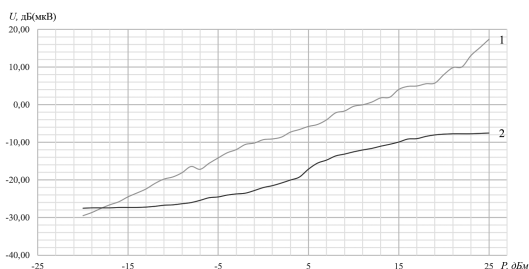
б)



в)



г)



д)

Рис. 10. Графики зависимости уровня информативного сигнала (1) и шумов (2) от выходной мощности ВЧ генератора (частота ВЧ сигнала навязывания 230 МГц, уровень тестового акустического сигнала 110 дБ): а) – для 2-й октавной полосы; б) – для 3-й октавной полосы; в) – для 4-й октавной полосы; г) – для 5-й октавной полосы; д) – для 6-й октавной полосы

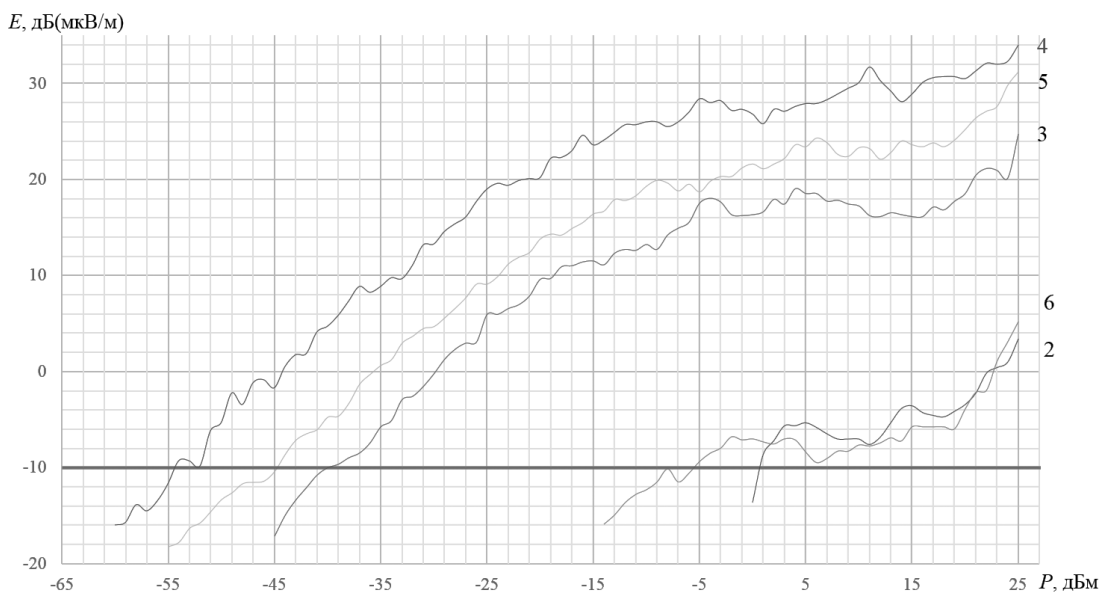


Рис. 11. Графики зависимости отношения «сигнал/шум» от уровня выходной мощности ВЧ-генератора (частота ВЧ сигнала навязывания 230 МГц, уровень тестового акустического сигнала 110 дБ): а) – для 2-й октавной полосы; б) – для 3-й октавной полосы; в) – для 4-й октавной полосы; г) – для 5-й октавной полосы; д) – для 6-й октавной полосы

затор спектра с уровнем собственных шумов –191 дБ/Гц и измерительная антенна П6-51 с уровнем собственных шумов – 167,4 дБ/Гц.

Анализ измеренных уровней шумов (см. рисунки 9 и 10) значительно выше собственных шумов анализатора спектра и измерительной антенны. Следовательно, на входе приемного устройства средства разведки уровень шумов будет определяться не его собственными шумами, а шумами, возникающими в телефонном аппарате вследствие акустоэлектрических преобразований.

С учетом этого предположения были получены зависимости отношений сигнал/шум для пяти октавных полос от мощности ВЧ-генератора и уровня тестового акустического сигнала. Расчет отношений сигнал/шум проводился по формуле:

$$q_j = 20 \lg \left[\frac{10^{0,05 E_{c,j}} \cdot \sqrt{\Delta F_u}}{10^{0,05 E_{w,j}} \cdot \sqrt{\Delta F_j}} \right], \quad (5)$$

где $E_{c,j}$ – измеренная напряженность поля информативного сигнала в j -й октавной полосе (см. формулу (4)), дБ(мкВ/м);

$E_{w,j}$ – измеренная напряженность поля шума в j -й октавной полосе, дБ(мкВ/м);

ΔF_u – полоса пропускания анализатора спектра, Гц;

ΔF_j – ширина j -й октавной полосы, Гц.

Полученные зависимости приведены на рисунках 11 и 12.

Анализ графиков, представленных на рисунках 11 и 12, показал, что:

- максимальное отношение сигнал/шум наблюдается в 4-й октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц;
- отношение сигнал/шум растет при увеличении мощности ВЧ-сигнала накачки. При этом характер зависимостей сложный (нелинейный). При мощности сигнала до – 15 дБм, характер зависимости более «крутой», чем в диапазоне от – 15 дБм до 25 дБм. Например, для 4-й октавной полосы при увеличении мощности сигнала от – 45 до – 15 дБм (на 30 дБ), отношение сигнал/шум увеличивается от 0 до 35 дБ (на 35 дБ). А при увеличении мощности сигнала с – 15 до 15 дБм (на 30 дБ), отношение сигнал/шум увеличивается с 24 до 29 дБ (на 5 дБ);
- отношение сигнал/шум также растет при увеличении уровня тестового акустического сигнала. Характер зависимостей близкий к линейной. Например, для 4-й октавной полосы при увеличении уровня тестового сигнала с 70 до 110 дБ (на 40 дБ), отношение сигнал/шум увеличивается с 0 до 35 дБ (на 35 дБ).

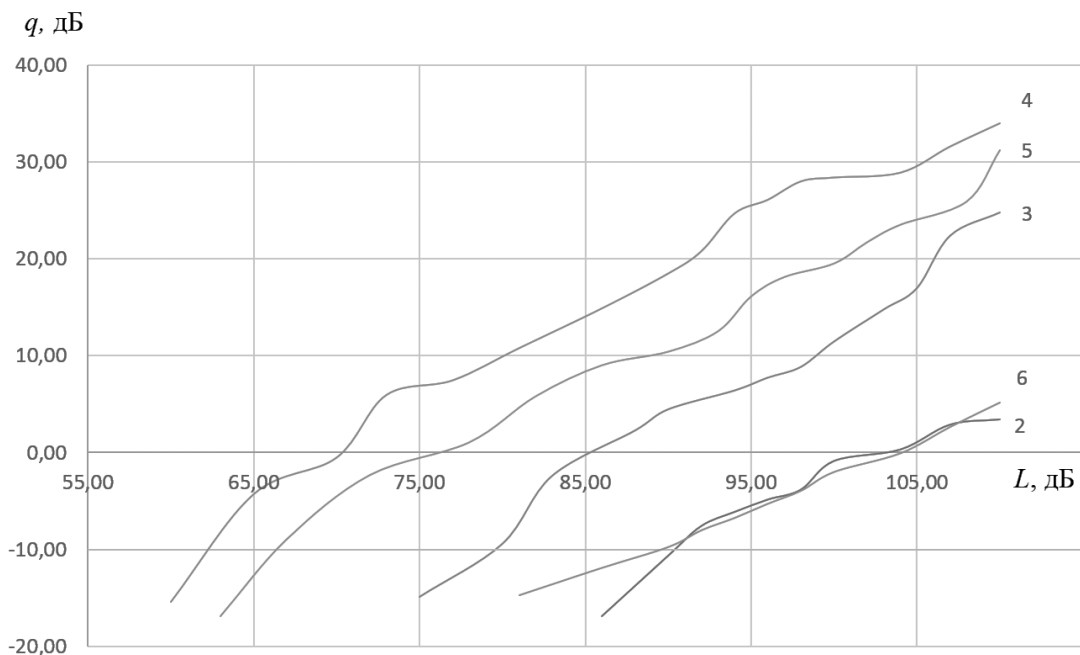


Рис. 12. Графики зависимости отношения «сигнал/шум» от уровня тестового акустического сигнала (частота ВЧ сигнала навязывания 230 МГц, выходная мощность ВЧ-генератора 25 дБм): а) – для 2-й октавной полосы; б) – для 3-й октавной полосы; в) – для 4-й октавной полосы; г) – для 5-й октавной полосы; д) – для 6-й октавной полосы; е) – для 7-й октавной полосы

Оценка возможности перехват речевой информации из помещения методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата

На основе полученных результатов экспериментальных исследований был проведен расчет словесной разборчивости речи для трех типовых уровней речи: речь средней громкости (70 дБ), громкая речь (76 дБ) и очень громкая речь (84 дБ). Расчет проводился для максимальной мощности ВЧ-сигнала навязывания на частоте 230 МГц.

Исходные данные по характеристикам скрываемого речевого сигнала приведены в таблице 2 [1].

Отношение отношений сигнал/шум (q_i) в октавных полосах для типовых значений уровней речевых сигналов, приведенных в таблице 2, определялось по графику на рисунке 12.

Данные значения отношения сигнал/шум получены при размещении приемной антенны на расстоянии 1 м от телефонного аппарата. При удалении антенны средства разведки от телефонного аппарата в следствие затухания радиосигнала будет уменьшаться отношение сигнал/шум:

$$q_{i,r} = q_{i,r=1} - 20 \lg V_{i,r}, \quad (6)$$

где $q_{i,r=1}$ – отношение сигнал/шум на входе приемника средства разведки на расстоянии $r = 1$ м для i – й частоты;

$q_{i,r}$ – отношение сигнал/шум на входе приемника средства разведки на расстоянии r для i – й частоты;

$V_{i,r}$ – затухание радиосигнала на i – й частоте на расстоянии.

Затухание радиосигнала $V_{i,r}$ рассчитывается по формулам [1]:

А. Если частота сигнала ниже частоты $f_i \leq 47,75$ МГц:

$$V_{i,r} = \begin{cases} r^3, & \text{если } r \leq \frac{47,75}{f_i}; \\ \frac{47,75 \cdot r^2}{f_i}, & \text{если } \frac{47,75}{f_i} < r \leq \frac{1800}{f_i}; \\ \frac{8,59 \cdot 10^4 \cdot r}{f_i}, & \text{если } r > \frac{1800}{f_i}; \end{cases} \quad (7)$$

Б. Если частота сигнала удовлетворяет условию $47,75 \text{ МГц} < f_i \leq 1800 \text{ МГц}$:

$$V_{i,r} = \begin{cases} r^2, & \text{если } r \leq \frac{1800}{f_i}; \\ \frac{1800 \cdot r}{f_i}, & \text{если } r > \frac{1800}{f_i}; \end{cases} \quad (8)$$

Характеристики скрываемого речевого сигнала

Номер полосы	Средне-геометрическая частота полосы f_{cp} , Гц	Уровни речевого сигнала, дБ, в зависимости от вида речи			Весовой коэффициент полосы, k_i	Значение формантного параметра речи, DA_i , дБ
		Речь средней громкости, 70 дБ	Громкая речь, 76 дБ	Очень громкая речь, 84 дБ		
2	250	66	72	80	0,03	18
3	500	66	72	80	0,12	14
4	1000	61	67	75	0,2	9
5	2000	56	62	70	0,3	6
6	4000	53	59	67	0,26	5

В. Если частота сигнала удовлетворяет условию $f > 1800$ МГц:

$$V_{i,r} = r. \tag{9}$$

Задаваясь пороговым значением словесной разборчивости речи $W_{c,n}$ [28] легко рассчитать максимальную дальности перехвата речевой информации методом «ВЧ-накачки».

В таблице 3 приведены результаты расчетов словесной разборчивости речи при размещении приемной антенны на расстоянии от телефонного аппарата 1 м и 5 м. Расчет словесной разборчивости речи проводился по методике, изложенной в [1].

Как видно из таблицы 3, в реальных условиях перехват речевой информации из помещения методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата практически не возможен.

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований по оценке подверженности телефонного аппарата «VEF TA-D» «высокочастотной накачке» установлено:

- телефон подвержен «высокочастотной накачке» в диапазоне частот от 168 МГц до 270 МГц. Зависимость напряженности поля информативного сигнала, переизлучаемого телефоном, от частоты сигнала «высокочастотной накачки» носит нелинейный характер. Максимальный уровень напряженности поля информативного сигнала наблюдается на частоте 230 МГц;
- телефонный аппарат наиболее подвержен акустоэлектромагнитным преобразованиям в 3 – 5 октавных полосах;
- с возрастанием уровня тестового акустического сигнала уровень информативного сигнала растет при практически неизменном уровне шумов. Характер зависимостей близкий к линейной;

Таблица 3

Результаты расчетов словесной разборчивости речи при перехвате речевой информации методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата

Расстояние r , м	Затухание V , раз./дБ	Разборчивость речи		
		Речь средней громкости, 70 дБ	Громкая речь, 76 дБ	Очень громкая речь, 84 дБ
1	1/0	0,007	0,25	0,76
5	25/28,0	0	0	0,004

- с возрастанием выходной мощности высокочастотного генератора уровень информативного сигнала растет, но при этом растет и уровень шумов. При этом характер зависимостей сложный (нелинейный);
- максимальное отношение сигнал/шум наблюдается в 4-й октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц;

- в реальных условиях перехват речевой информации из помещения методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата практически не возможен;

- возможен перехват речевой информации из помещения методом «высокочастотной накачки» телефонного аппарата на дальностях нескольких метров, в случае установки телефонного аппарата вблизи звуковых колонок систем звукоусиления.

Литература

1. Хорев А.А. Техническая защита информации: учеб. пособие: В 3-х т. Т. 1: Технические каналы утечки информации. - М.: НПЦ «Аналитика», 2008. – 436 с.
2. Лысов А.В. Высокочастотное зондирование акустических возбуждаемых объектов в проводной среде. Кабельные локационные системы акустической разведки. – СПб.: Медиапир, 2021. – 628 с.
3. Лысов А.В. Электромагнитное зондирование акустических возбуждаемых объектов (радиолокационные системы акустической разведки). – СПб.: Медиапир, 2020. – 678 с.
4. Резонансные свойства RLC-цепей: учеб.-метод. пособие/ Осадченко В.Х., Волкова Я. Ю., Кандрина Ю. А.. – Екатеринбург: Изд-во Урал, ун-та, 2013 – 64 с.
5. Авдеев В.Б. Способ дистанционного перехвата речевой информации из защищаемого помещения здания с охраняемой зоной. Патент на изобретение № 2 575 406. Дата регистрации 20.02.2016 г. Заявка № 2014145030/08 от 06.11.2014 г.
6. Авдеев В.Б., Анищенко А.В. Способ дистанционного перехвата конфиденциальной речевой информации, циркулирующей в защищенном помещении. Патент на изобретение № 2 642 034. Дата регистрации 23.01.2018 г. Заявка № 2016129825 от 20.07.2016 г.
7. Авдеев В.Б., Катруша А.Н. Способ дистанционного перехвата речевой информации из защищаемого помещения. Патент на изобретение № 2 558 673. Дата регистрации 10.08.2015 г. Заявка № 2014137732/07 от 17.09.2014 г.
8. Авдеев В.Б., Катруша А.Н. Способ радиоперехвата речевой информации из защищаемого помещения. Патент на изобретение № 2 561 507. Дата регистрации 27.08.2015 г. Заявка № 2014142671/07 от 22.10.2014 г.
9. Бузов Г.А., Калинин С.В., Кондратьев А.В. Защита от утечки информации по техническим каналам: учеб. пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 416 с.
10. Которин Ю.Ф., Куренков Е.В., Лысов А.В., Остапенко А.Н. Большая энциклопедия промышленного шпионажа. – СПб.: ООО «Издательство Полигон», 2000.- 896 с.
11. Колесник Д. Ю., Майоров А. И. Высокочастотное навязывание. Принцип реализации и методы защиты// Технические средства защиты информации: тезисы докладов XV Белорусско-российской науч.-техн. конф. (Минск, 6 июня 2017 г.). – Минск : БГУИР, 2017. – С. 31 - 32.
12. Кондратьев А. В. Техническая защита информации. Практика работ по оценке основных каналов утечки: учеб. пособие. - М. : Горячая линия - Телеком, 2016. - 304 с.
13. Лыков Ю. В., Морозова А. Д., Кукуш В. Д., Парфёнов А. С. Исследование метода ВЧ-навязывания для несанкционированного съема информации с телефонных линий//ScienceRise. – Харьков: 2015. том 7, №2 (12). С. 51 – 56.
14. Хорев А.А., Лукманова О.Р. Математическое моделирование акустоэлектрического канала утечки речевой информации, создаваемого методом «высокочастотного навязывания»//Защита информации. Инсайд. – С. Петербург: 2023. – № 1 (109) – С. 3– 11.
15. Хорев А.А., Лукманова О.Р. Математическое моделирование пассивного акустоэлектрического канала утечки акустической речевой информации в телефонном аппарате»// Специальная техника. – М.: 2016. – № 6 – С. 56 – 63.
16. Хорев А.А., Лукманова О.Р. Моделирование акустоэлектрического канала утечки речевой информации в телефонном аппарате, создаваемого методом «высокочастотного навязывания»//Международная конференция «Радиоэлектронные устройства и системы для инфотелекоммуникационных технологий – РЭУС-2017». Доклады. – М.: РНТОРЭС имени А.С.Попова. 2017. – С. 492 – 496.

17. Шестаков И.И. Помехоустойчивость выделения информационного сигнала из интермодуляционного излучения при высокочастотном навязывании//Вестник СибГУТИ. – Новосибирск: 2011. - № 3. – С. 45- 58.
18. Дураковский А.П., Куницын И.В., Лаврухин Ю.Н. Контроль защищенности речевой информации в помещениях. Аттестационные испытания вспомогательных технических средств и систем по требованиям безопасности информации: учеб. пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2015. - 152 с.
19. Хорев А.А. Контроль защищенности вспомогательных технических средств и систем от утечки по акустоэлектрическим каналам// Специальная техника. – М.: 2014. – № 6 – С. 48 - 63
20. Хорев А.А. Контроль защищенности вспомогательных технических средств и систем от утечки по акустоэлектрическим каналам// Специальная техника. – М.: 2014. – № 6 – С. 48 - 63
21. Хорев А.А. Оценка эффективности защиты вспомогательных технических средств// Специальная техника. – М.: 2007. – № 2 – С. 48 – 60.
22. Хорев А.А. Оценка эффективности защиты вспомогательных технических средств. Окончание// Специальная техника. – М.: 2007. – № 3 – С. 50 – 63.
23. Хорев А.А., Лукманова О.Р. Контроль подверженности телефонного аппарата «высокочастотному навязыванию» с использованием виртуального лабораторного стенда//Международная конференция «Радиоэлектронные устройства и системы для инфотелекоммуникационных технологий – РЭУС-2018». Доклады. – М.: РНТОРЭС имени А.С.Попова. 2018. – С. 343 – 348.
24. Автоматизированная система оценки защищенности акустической речевой информации от утечки за счёт высокочастотного навязывания и высокочастотной прокачки «Тандем». URL: <https://www.mascom.ru/equipment/sistemy-otsenki-zashchishchennosti-informatsii/tandem.php> (дата обращения: 10.05.2025).
25. Комплекс аппаратно-программный «ПАРНАС-ЭХО12Е» для измерения параметров спектра высокочастотных сигналов (ВЧО, ВЧН, ВЧП). URL: <http://www.saomega.com/apk/apk-parnas-eho-12e>. (дата обращения: 10.05.2025).
26. Программно-аппаратный комплекс выявления технических каналов утечки акустической информации за счет высокочастотного воздействия «Гранат». URL: https://nelk.ru/catalog/sistemy_otsenki_zashchishchennosti_informatsii/programmno_apparatnye_kompleksy/granat/ (дата обращения: 10.05.2025)
27. Хорев А.А., Порсев И.С. Методика вероятностной оценки разборчивости речи //Защита информации. Инсайд. – С. Петербург: 2020. – № 2 – С. 44 – 52.
28. Хорев А.А., Порсев И.С. Методика обоснования критериев эффективности защиты речевой информации от ее утечки по техническим каналам// Всероссийская конференция «Радиоэлектронные устройства и системы для инфотелекоммуникационных технологий – РЭУС-2024». Доклады. – М.: РНТОРЭС имени А.С. Попова. 2024. – С. 430 – 435.

References

1. Horev A.A. Technical information protection: textbook. manual: In 3 volumes Vol. 1: Technical channels of information leakage. -M.: NPC "Analytics", 2008. – 436 p.
2. Lysov A.V. High-frequency sounding of acoustic excited objects in a wired environment. Acoustic reconnaissance cable location systems. – St. Petersburg: Mediapapir, 2021. – 628 p.
3. Lysov A.V. Electromagnetic sounding of acoustic excited objects (acoustic reconnaissance radar systems). – St. Petersburg: Mediapapir, 2020. – 678 p.
4. Resonant properties of RLC circuits: textbook.- the method. stipend/ Osadchenko V.X., Volkova Ya. Yu., Kandrina Yu. A. – Yekaterinburg: Ural Publishing House, University, 2013 – 64 p.
5. Avdeev V.B. A method of remote interception of speech information from a protected building with a protected area. Patent for invention No. 2,575,406. Registration date: 02/20/2016 Application no. 2014145030/08 dated 11/06/2014
6. Avdeev V.B., Anishchenko A.V. A method for remote interception of confidential speech information circulating in a secure room. Patent for invention No. 2,642,034. Registration date: 01/23/2018. Application No. 2016129825 dated 07/20/2016.
7. Avdeev V.B., Katrusha A.N. Method of remote interception of speech information from a protected room. Patent for invention No. 2,558,673. Registration date 08/10/2015 Application No. 2014137732/07 on 17.09.2014
8. Avdeev V.B., Katrusha A.N. Method of radio interception of speech information from a protected room. Patent for invention No. 2,561,507. Registration date 08/27/2015 Application No. 2014142671/07 dated 10/22/2014
9. Buzov G.A., Kalinin S.V., Kondratiev A.V. Protection from information leakage through technical channels: textbook. the manual. – М.: Hotline – Telecom, 2005. – 416 p.

10. Katorin Yu.F., Kurenkov E.V., Lysov A.V., Ostapenko A.N. The Great Encyclopedia of Industrial Espionage. – St. Petersburg: OOO "Polygon Publishing House", 2000. – 896 p.
11. Kolesnik D. Yu., Mayorov A. I. High-frequency imposition. The principle of implementation and methods of protection// Technical means of information protection: abstracts of the XV Belarusian-Russian Scientific and Technical conference (Minsk, June 6, 2017). Minsk : BGUIR, 2017. pp. 31-32.
12. Kondratiev A.V. Technical protection of information. The practice of assessing the main leakage channels: textbook. the manual. - M. : Hotline - Telecom, 2016. - 304 p.
13. Lykov Yu. V., Morozova A.D., Kukush V. D., Parfenov A. S. Investigation of the HF-imposition method for unauthorized removal of information from telephone lines//ScienceRise. – Kharkiv: 2015. Volume 7, No. 2 (12). pp. 51-56.
14. Khorev A.A., Lukmanova O.R. Mathematical modeling of the acousto–electric channel of leakage of speech information created by the method of "high-frequency imposition"//Information protection. Inside. – St. Petersburg: 2023. – № 1 (109) – P– 3-11.
15. Horev A.A., Lukmanova O.R. Mathematical modeling of a passive acousto–electric channel for leakage of acoustic speech information in a telephone set// Special technique. Moscow: 2016. – No. 6 – pp. 56-63.
16. Horev A.A., Lukmanova O.R. Modeling of an acousto–electric channel for leakage of speech information in a telephone set, created by the method of "high-frequency imposition"//International Conference "Radio Electronic devices and systems for Infotelec communication Technologies – REUS-2017". Reports. Moscow: RNTORES named after A.S.Popov. 2017. – pp. 492-496.
17. Shestakov I.I. Noise immunity of information signal isolation from intermodulation radiation during high-frequency imposition//Bulletin of SibGUTI. Novosibirsk: 2011. No. 3. pp. 45-58.
18. Durakovskiy A.P., Kunitsyn I.V., Lavrukhin Yu.N. Control of the security of speech information in rooms. Certification tests of auxiliary technical means and systems for information security requirements: textbook. The manual. Moscow: NRU MEPhI, 2015. 152 p.
19. Horev A.A. Control of the protection of auxiliary equipment and systems from leakage through acousto–electric channels// Special equipment. – M.: 2014. – № 6 – pp. 48-63
20. Horev A.A. Control of the protection of auxiliary equipment and systems from leakage through acousto–electric channels// Special equipment. – M.: 2014. – № 6 – pp. 48-63
21. Horev A.A. Evaluation of the effectiveness of protection of auxiliary technical means// Special equipment. Moscow: 2007, No. 2– pp. 48-60.
22. Horev A.A. Evaluation of the effectiveness of protection of auxiliary equipment. Graduation // Special equipment. Moscow: 2007. No. 3– pp. 50-63.
23. Horev A.A., Lukmanova O.R. Control of the telephone's susceptibility to "high–frequency imposition" using a virtual laboratory stand//International Conference "Radio Electronic devices and systems for Infotelec communication Technologies – REUS-2018". Reports. Moscow: RNTORES named after A.S.Popov. 2018. – pp. 343-348.
24. Automated system for assessing the security of acoustic speech information from leakage due to high-frequency imposition and high-frequency pumping "Tandem". URL: <https://www.mascom.ru/equipment/sistemy-otsenki-zashchishchennosti-informatsii/tandem.php> (date of access: 05/10/2025).
25. Hardware and software complex "PARNAS-EHO12E" for measuring the parameters of the spectrum of high-frequency signals (HF, HF, HF). URL: <http://www.saomega.com/apk/apk-parnas-eho-12e>. (date of request: 05/10/2025).
26. A hardware and software complex for detecting technical channels of acoustic information leakage due to the high-frequency effects of "Grenades". URL: https://nel.ru/catalog/sistemy_otsenki_zashchishchennosti_informatsii/programmno_apparatnye_kompleksy/granat/ (date of request: 05/10/2025)
27. Horev A.A., Porsev I.S. Methodology of probabilistic assessment of speech intelligibility // Information protection. Inside. – St. Petersburg: 2020. – No. 2 – pp. 44-52.
28. Horev A.A., Porsev I.S. Methodology for substantiating criteria for the effectiveness of protecting speech information from leakage through technical channels// All–Russian Conference "Radio electronic devices and systems for infotelec communication technologies - REUS-2024". Reports. Moscow: RNTORES named after A.S. Popov. 2024. – pp. 430-435.

ХОРЕВ Анатолий Анатольевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (МИЭТ), 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, МИЭТ, E-mail – horev@miee.ru

ЧАЧИЛЛО Тимофей Витальевич, студент кафедры «Информационная безопасность» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (МИЭТ), 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, дом 1, МИЭТ, E-mail – chachillo1502@gmail.com

Anatoly Anatolyevich KHOREV, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Information Security" of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research University "Moscow Institute of Electronic Technology" (MIET). 124498, Moscow, Zelenograd, Shokin Square, house 1, MIET. E-mail – horev@miee.ru

Timofey V. CHACHILLO, student of the Department of Information Security at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education National Research University Moscow Institute of Electronic Technology (MIET). Shokin Square, 1, MIET, Moscow, 124498, Zelenograd. E-mail – chachillo1502@gmail.