



Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет»

Научно-исследовательская опытно-экспериментальная
лаборатория технической защиты информации



**XXVI НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ»
24 - 26 мая 2022 года**

**МЕТОД ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ
РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ПО ЕГО ОГИБАЮЩЕЙ**

В.К. ЖЕЛЕЗНЯК, Е.Р. АДАМОВСКИЙ, А.Г. ФИЛИПОВИЧ
*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»,
г.Новополоцк, Республика Беларусь
Оперативно-аналитический центр при Президенте Республики Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь*

г. Москва

ВВЕДЕНИЕ

Отсутствие единой однозначной модели восприятия речи [1, 2] препятствует созданию цельной методики для разработки способов оценки защищенности для каналов утечки информации (КУИ) речевых сигналов.

Питание усилителей осуществляется через сеть переменного тока. Изменение потребления тока нагрузки приводит к его нестабильности на входе стабилизатора [3]. Таким способом речевой сигнал из питаемой микрофонной системы способен проникать в электромагнитный КУИ, являясь частью излучения усилителя.

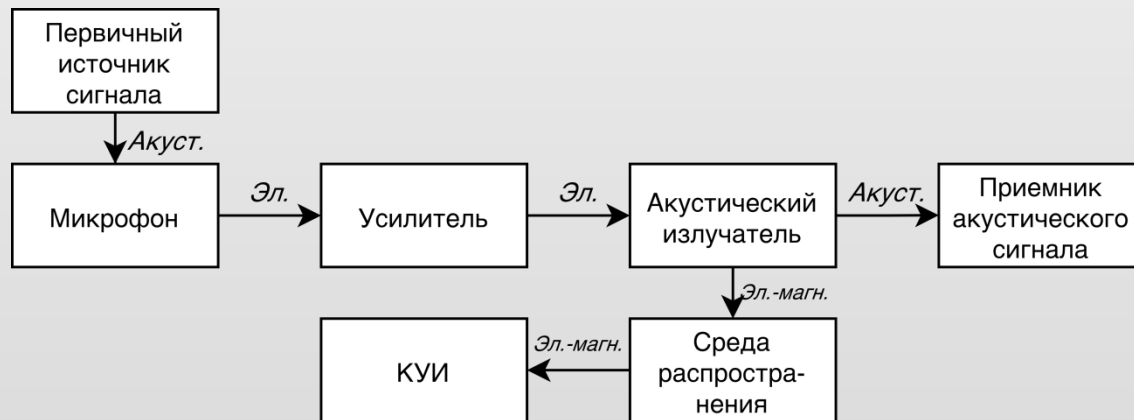


Рисунок 1 – Формирование КУИ

Предложен метод оценки защищенности КУИ на основе анализа огибающей измерительного речевого сигнала в точке наблюдения и реализована имитационная модель метода.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Аналитический сигнал $s(t)$ является комплексной функцией, реальная $s_{re}(t)$ и мнимая $s_{im}(t)$ части которого связаны преобразованием Гильберта [4]. Набор значений мгновенной амплитуды $u(t)$ соответствует понятию огибающей сигнала, которой оперируют при обработке АМ-сигналов.

$$s_{im}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} s_{re}(\tau) / \pi(t - \tau) d\tau$$

$$u(t) = \sqrt{s_{re}^2(t) + s_{im}^2(t)}$$

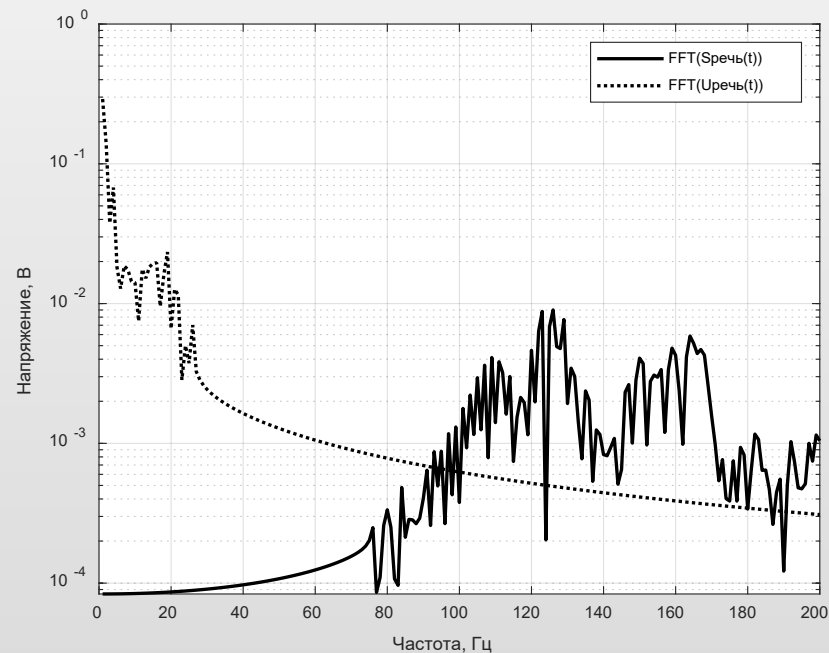
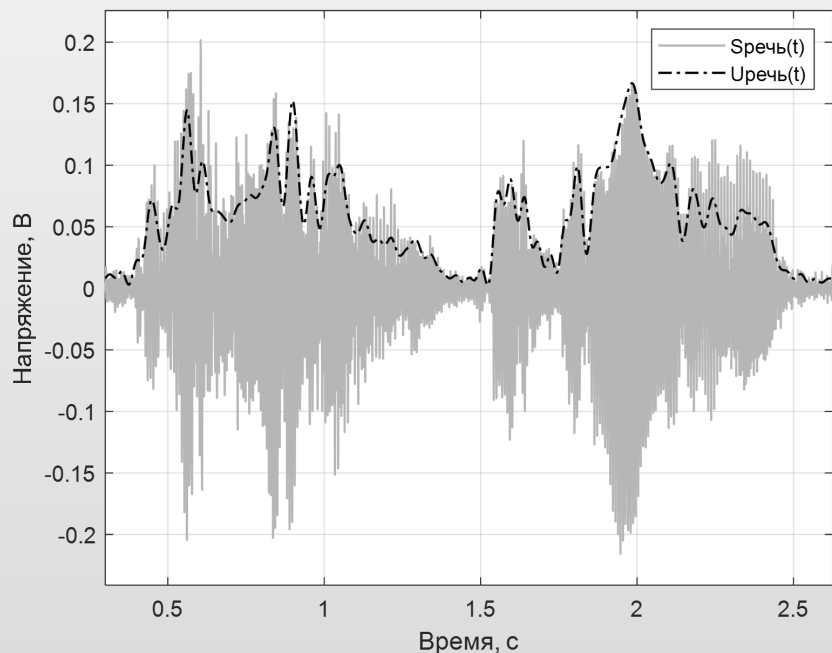
Рассмотрим АМ-сигнал $s(t)$, который получен путем перемножения модулируемого $s_c(t)$ и модулирующего $s_e(t)$ сигналов единичной амплитуды [5] с заданным коэффициентом корреляции:

$$s(t) = (1 + m \times s_e(t)) \times s_c(t)$$

$$m = (s(t)_{\max} - s(t)_{\min}) / (s(t)_{\max} + s(t)_{\min})$$

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

На рис. 2 показан речевой сигнал $S_{речь}(t)$, для которого область частот ниже 75 Гц вырезана с целью устранения помех сети; и ограниченная фильтром НЧ-составляющая выделенной огибающей $U_{речь}(t)$ до 30 Гц, которая содержит 90% мощности всей огибающей.



а)

б)

Рисунок 2 – Речевой сигнал и его огибающая:
а) временная область; б) частотная область

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Присутствие амплитудной модуляции в КУИ может быть вызвано процессами, не связанными с работой устройства, для которого осуществляется оценка защищенности. Таким образом, требуется установить взаимосвязь между излучаемым сигналом и сигналом в точке наблюдения.

В качестве меры схожести последовательностей используют коэффициент корреляции Пирсона, обозначаемый как R [6]:

$$R = \frac{M\left[\left(s(t) - M[s(t)]\right) \times \left(u(t) - M[u(t)]\right)\right]}{\sigma_{s(t)} \times \sigma_{u(t)}}$$

где M – математическое ожидание;
 σ – стандартное отклонение.

Коэффициент корреляции R отражает то, насколько изменение одной величины влияет на другую, при этом вариация абсолютных амплитуд сигналов не изменяет результат.

МЕТОД ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ КУИ

Алгоритм включает шаги:

1. Генерация измерительного АМ-сигнала в речевом диапазоне.
2. Выделение огибающей из измерительного АМ-сигнала.
3. Излучение измерительного сигнала в КУИ и его измерение в точке наблюдения.
4. Выделение из огибающей аналогично п. 2.
5. Обработка и взаимно-корреляционным способом.
6. Сравнение полученной величины с нормативным значением.

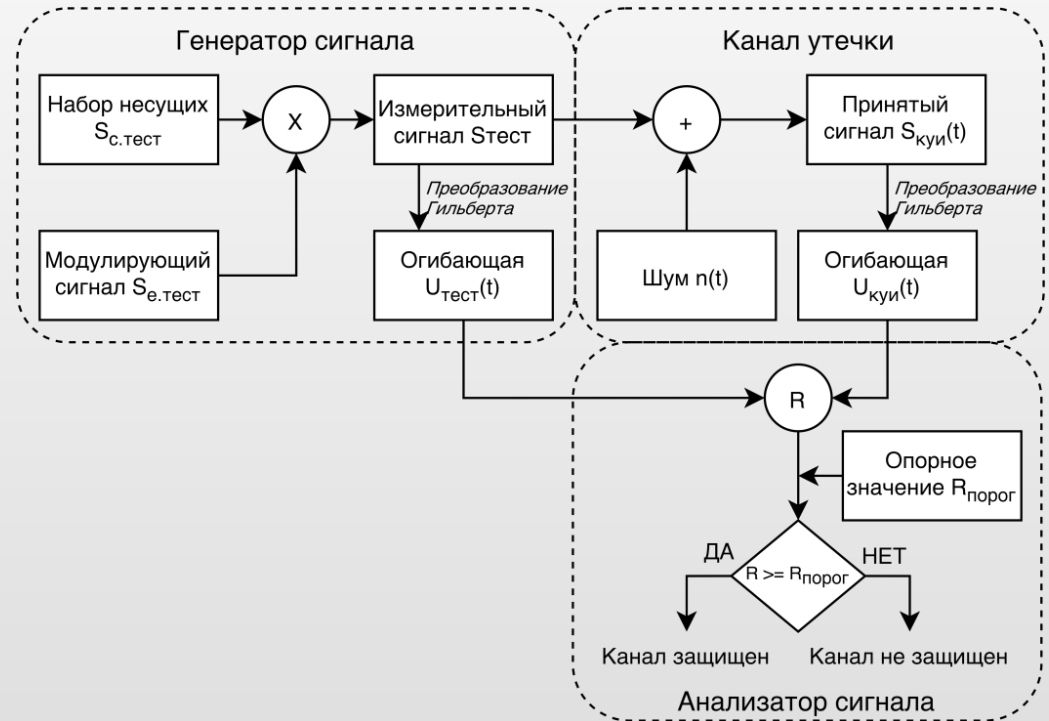


Рисунок 3 – Алгоритм имитационной модели

МОДЕЛИРОВАНИЕ

Имитационная модель реализована в среде *MatLab*.

Получены сигналы $S_{\text{речь.КУИ}}(t)$, $U_{\text{речь.КУИ}}(t)$, $S_{\text{гарм.АМ.КУИ}}(t)$ и $U_{\text{гарм.АМ.КУИ}}(t)$. Огибающие ограничивались по частоте до 30 Гц. Измерено соотношение исходного m и полученного $m_{30\text{Гц.КУИ}}$ для сравнения со значениями корреляции R . Дополнительно был реализован вариант без ограничения огибающей по частоте для исследования влияния ВЧ-составляющей на результаты моделирования, измерено соответствующее значение $m_{\text{КУИ}}$.

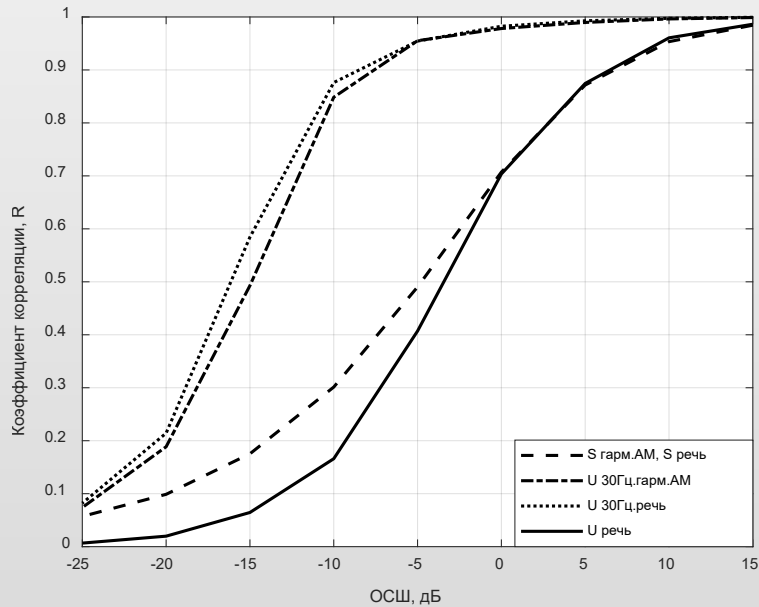
Таблица 1 – Коэффициенты корреляции и модуляции сигналов в шумах

ОСШ, дБ	$U_{\text{речь}}(t)$ и $U_{\text{речь.КУИ}}(t)$				$S_{\text{речь}}(t)$ и $S_{\text{речь.КУИ}}(t)$	$U_{\text{гарм.АМ}}(t)$ и $U_{\text{гарм.АМ.КУИ}}(t)$	$S_{\text{гарм.АМ}}(t)$ и $S_{\text{гарм.АМ.КУИ}}(t)$	
	$R_{30\text{Гц}}$	$m_{30\text{Гц.КУИ}}$	R	$m_{\text{КУИ}}$	R	$R_{30\text{Гц}}$	$m_{30\text{Гц.КУИ}}$	R
нет	1	1	1	1	1	1	1	1
+15	0.999	0.9586	0.986	0.9998	0.9845	0.9989	0.8760	0.9845
+10	0.997	0.8678	0.960	0.9997	0.9534	0.9963	0.7586	0.9534
+5	0.992	0.6932	0.874	0.9998	0.8715	0.9897	0.5872	0.8715
0	0.982	0.5633	0.703	0.9999	0.7067	0.9782	0.3938	0.7071
-5	0.954	0.3765	0.407	1	0.4902	0.9552	0.2126	0.4903
-10	0.876	0.2020	0.166	0.9985	0.3012	0.8485	0.1342	0.3013
-15	0.584	0.0970	0.064	0.9991	0.1745	0.4929	0.1041	0.1753
-20	0.214	0.0915	0.019	0.9995	0.0994	0.1886	0.0906	0.0988
-25	0.082	0.0817	0.006	0.9992	0.0559	0.0739	0.0884	0.0571

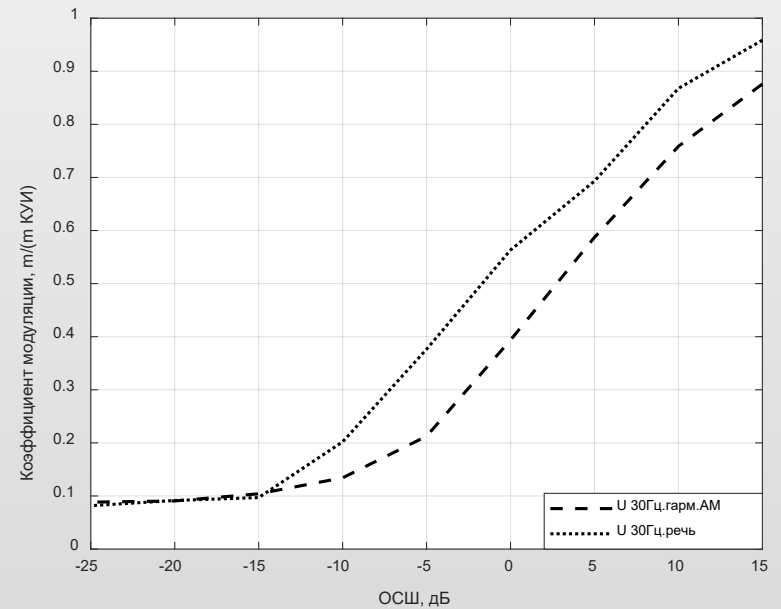
МОДЕЛИРОВАНИЕ

Оценка корреляционных свойств сигналов во всей доступной частотной полосе дает низкие значения, поскольку в таком случае влияние широкополосного шума значительно снижает величину меры схожести.

Показано, что модуляция речевого сигнала более устойчива к шуму, чем гармонического модулированного сигнала.



а)



б)

Рисунок 4 – Результаты имитационного моделирования, сравнение: а) коэффициента взаимной корреляции; б) коэффициента модуляции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Представлен метод оценки защищенности канала утечки информации на основе взаимно-корреляционного анализа огибающей измерительного сигнала в речевом диапазоне частот и результаты имитационного моделирования метода.

2. Произведен сравнительный анализ результатов для огибающей речевого сигнала, исходного речевого сигнала и гармонического амплитудно-модулированного сигнала.

3. Показаны преимущества использования огибающей речевого сигнала для оценки защищенности канала утечки информации.

Список литературы

1. Анохин В.В., Герасименко Е.А., Кондратьев А.В. Рассмотрение критериев защищённости речи на основе словесной и смысловой разборчивости // Специальная техника. 2016. № 6. С. 22-28.
2. Шелухин О.И. Цифровая обработка и передача речи. М.: Радио и связь, 2000. 456 с.
3. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование. М.: Горячая линия–Телеком, 2001. 344 с.
4. Бутырский Е.Ю. Преобразование гильберта и его обобщение // Научное приборостроение. 2014. № 24(4). С. 30-37.
5. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. М.: Ленанд. 2016; 528.
6. Рябенко Д.С., Лавров С.В., Боровкова Е.С. Приложение сигнальных графов и матричного анализа для математического моделирования каналов утечки информации // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. 2018 № 4. С. 56-60.



**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**