

4. Пат. 4612536 США МКИ G08B 13/18. Dual velocity leaky cable intrusion detector sensor/ R. Keith Harman; заявл. 2.10.84; опубл. 16.09.86. -7с.
5. Пат. 4710753 США МКИ G08B 13/26. Security system transmission line / Brian G. Rich, John W Patchell, R. Keith Harman; заявл. 08.02.85; опубл. 01.12.87. -7с.
6. Прудюс І.Н., Проць Р.В., Голинський В.Д., Сторож В.Г., Тебенько Я.В. „Радіохвильовий засіб виявлення на лініях витікаючої хвилі” // Вісник ДУ"ЛП" “Теорія і проектування радіоелектронних пристроїв і систем” - Львів: Вид-во при ДУ"ЛП".-1997.- № 326.- С. 33-35.
7. Іван Прудюс, Володимир Сторож, Євгенія Яковенко „Моделювання електромагнітного поля системи двох зв’язаних ліній в неоднорідному середовищі” // Вісник ДУ ЛП „Теорія і проектування напівпровідникових та радіоелектронних пристроїв”. 1998. №343 С. 69 – 73.
8. Сторож В., Проць А „Моделювання розподілу електричного струму вздовж випромінюючого кабелю” // Вісник НУ”ЛП” серія "Радіоелектроніка та телекомунікації". Львів: Вид-во при НУ”ЛП”, 2001.-№428.-С. 190-192.
9. Захарія Й.А., Прудюс І.Н., Сторож В.Г. „Моделювання впливу діелектричного тіла на параметри випромінювача” // Вісник НУ ”ЛП” серія "Радіоелектроніка та телекомунікації". Львів: Вид-во при НУ”ЛП”, 2002.-№443.-С. 3-7.
10. Гроднев И.И., Фролов П.А. Коаксиальные кабели связи. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1983. – 208 с.

УДК 621.317.799 297 + 681.849

О.В. Рыбальский

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ ВЫЯВЛЕНИЯ СЛЕДОВ  
ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ФОНОГРАММ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ  
ПРОГРАММНОЙ И МЕТОДИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ В  
ЭКСПЕРТИЗЕ МАТЕРИАЛОВ И СРЕДСТВ ВИДЕОЗВУКОЗАПИСИ  
(ЧАСТЬ 2)**

**Введение**

Методика диагностических исследований фонограмм построена на сравнении эквивалентов спектрограмм, полученных из вейвлет-портретов стационарных сигналов одной частоты, выделенных из образцовой и проверяемой фонограмм [1]. Такие сигналы всегда присутствуют в речи и являются фрагментами отдельных звуков [2].

Таким образом, используется стандартная для такой экспертизы методология сравнительных исследований проверяемой и образцовой фонограмм. Вместе с тем имеются существенные различия в методических подходах ее проведения для цифровых фонограмм с, например, методическими подходами при диагностических исследованиях аутентичности аналоговых фонограмм, не подвергавшихся цифровой обработке. Эти различия обусловлены особенностями образования и проявления следов цифровой обработки в цифровых фонограммах.

**Основная часть**

Известно, что основное требование экспертизы аналоговых фонограмм гласит: на экспертизу должны предоставляться оригинальные фонограммы [3]. Данное требование появилось как следствие неправильного методологического подхода к идеологии построения методов и средств экспертной проверки аутентичности таких фонограмм, в результате чего экспертные подразделения всех стран, где звукозапись используется в качестве доказательной базы, для диагностических исследований применяет магнитооптическую визуализацию магнитных отпечатков сигналов, фиксируемых на носителе. Однако эти методы пригодны

только для идентификационных исследований т.к. не позволяют выявлять монтаж, выполненный, например, элементарным микшированием. Они позволяют выявить следы грубого механического монтажа и следы останова лентопротяжного механизма, включения и выключения головок записи, снижения уровня записи до нулевого значения и т.п. Разумеется, что следующим шагом было "оглушение" вероятного противника, т.е. молчаливое принятие "постулата" о невозможности использования других методов монтажа. А раз при перезаписи аналоговой фонограммы возрастает уровень ее собственных шумов, то последовало предположение о возможности сокрытия следов монтажа при копировании аналоговой фонограммы.

Нелепость подобного утверждения очевидна для любого квалифицированного специалиста в области магнитной записи сигналов, что и было подтверждено разработкой нового направления создания средств проверки аутентичности аналоговых фонограмм, реализованного аппаратно-программным комплексом "Теорема" [4].

Но поскольку самые нелепые предрассудки наиболее живучи, то до сих пор следствие ставит экспертам традиционный вопрос: "Оригиналом или копией является представленная на экспертизу фонограмма?".

По традиции этот вопрос перекочевал и в практику проведения экспертных исследований цифровых фонограмм, где его присутствие вообще не имеет никакого смысла (разве что, как свидетельство полного непонимания теми, кто его задает, особенностей цифровой записи аналоговых сигналов, – а что, собственно, следует ожидать от неподготовленного человека?). Бессмысленность этого вопроса для цифровых сигналограмм обусловлена тем, что сама цифровая копия (если в ней нет следов монтажа) абсолютно адекватна оригиналу, – по крайней мере, с точки зрения ее восприятия человеческим слухом и зрением.

Более того, каждая перезапись цифровой фонограммы не только не скрывает, а наоборот, делает более явными следы цифровой обработки (поскольку перезапись – тоже цифровая обработка) за счет использования дополнительных цифровых устройств, участвующих в этих операциях (что, впрочем, относится и к аналоговой записи, т.к. в шумах фонограммы накапливаются следы всех аналоговых аппаратов) [4]. Но поскольку диагностические экспертные исследования аутентичности цифровых фонограмм производятся сравнением образцовой и проверяемой фонограмм, то можно записать образцовую фонограмму через всю технологическую цепочку аппаратуры, примененную при копировании проверяемой фонограммы. В этом случае следы цифровой обработки, присутствующие в обеих фонограммах, совпадут, – если, разумеется, проверяемая фонограмма не подвергалась монтажу.

А вот в случае применения операции стробирования фрагментов, неизбежной при монтаже цифровой фонограммы, в ней будут присутствовать следы цифровой обработки, отсутствующие в образцовой фонограмме [1,5,6]. К аналогичному результату приведет применение при монтаже других дополнительных операций, например, микширования, в любом из известных вариантов его исполнения, или синтеза заданного текста по образцу голоса определенного человека [1,4].

И здесь мы подходим к методике проведения экспертизы цифровых фонограмм. Как ранее было показано, при экспертизе речи можно сравнивать стационарные фрагменты речевых сигналов, выделенные из образцовой и проверяемой фонограмм [1]. При этом основная (превалирующая) частота сравниваемых сигналов должна быть одинаковой. И, в соответствии с гипотезой 2, в смонтированной фонограмме должны появиться дополнительные спектральные компоненты [7]. Однако при отборе анализируемых фрагментов возникает несколько нюансов. Первый из них заключается в том, что сам отбор требует применения операции стробирования, а данная операция, в соответствии с гипотезой 3, искажает спектральный состав отобранного фрагмента [7]. Но ведь эти искажения возникают при отборе фрагментов как проверяемой, так и образцовой фонограмм. Однако при этом важно, чтобы длительность стробирующего импульса (т.е. длительность отбираемых фрагментов) не влияла на спектральный состав исследуемых сигналов – ведь отобрать два абсолютно одинаковых фрагмента из двух различных фонограмм крайне сложно. Собственно, так и происходит – раз-

ность в длительностях фрагментов влияет только на амплитуду спектральных компонент, содержащихся в отобранном сигнале (но ведь при экспертизе сравнивается частотный состав спектра сигналов, а не амплитуды отдельных частотных составляющих – они в расчет не берутся).

Предположим, из исходного непрерывного сигнала  $s_1(t) = A_m \cos \omega_{01} t$  вырезается участок длительностью  $\Delta$  [1,5]. Тогда вырезанный участок сигнала следует записать, как

$$s_{11}(t) = \text{rect} \frac{t}{\Delta} \cdot A_m \cos \omega_{01} t. \quad (1)$$

Спектр отобранного фрагмента сигнала выразится через операцию свертки преобразований Фурье сигналов-сомножителей [5]

$$S_{11}(j\omega) = \frac{A_m \Delta}{2} \left[ \frac{\sin(\omega - \omega_{01}) \cdot \frac{\Delta}{2}}{(\omega - \omega_{01}) \frac{\Delta}{2}} + \frac{\sin(\omega + \omega_{01}) \cdot \frac{\Delta}{2}}{(\omega + \omega_{01}) \frac{\Delta}{2}} \right]. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что длительность вырезаемого фрагмента не влияет на частотный состав спектра фрагмента сигнала.

Для дискретизированного сигнала вырезаемый фрагмент во временной области запишется как

$$s_{11d}(t) = \text{rect} \left( \frac{t}{\Delta_B} \right) \sum_{n_1=-\infty}^{\infty} \text{rect} \left( \frac{t - n_1 T_1}{T_1} \right) \cos \omega_0 (n_1 T_1), \quad (3)$$

где

$T_1$  – период дискретизации в цифровой аппаратуре, в которой записывается или обрабатывается сигнал;

$\omega_{дл}$  – частота дискретизации в этом же аппарате;

$\Delta_B$  – длительность вырезанного фрагмента сигнала ( $\Delta_B > T_1$ ) [1,6].

Спектр произведения этих сигналов

$$S_{11d} = \frac{A_m}{T_1} \sum_{k_1=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{\cos[(\omega - \omega_0 - k_1 \omega_{дл}) \Delta_B - (\omega_0 + k_1 \omega_{дл}) T_1]}{(\omega - \omega_0 - k_1 \omega_{дл})(\omega_0 - k_1 \omega_{дл})} + \frac{\cos[(\omega + \omega_0 - k_1 \omega_{дл}) \Delta_B + (\omega_0 - k_1 \omega_{дл}) T_1]}{(\omega + \omega_0 - k_1 \omega_{дл})(-\omega_0 + k_1 \omega_{дл})} \right\} - \\ - \frac{A_m}{T_1} \sum_{k_1=-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{\cos[(\omega - \omega_0 - k_1 \omega_{дл}) \Delta_B + (\omega_0 + k_1 \omega_{дл}) T_1]}{(\omega - \omega_0 - k_1 \omega_{дл})(\omega_0 - k_1 \omega_{дл})} + \frac{\cos[(\omega + \omega_0 - k_1 \omega_{дл}) \Delta_B - (\omega_0 - k_1 \omega_{дл}) T_1]}{(\omega + \omega_0 - k_1 \omega_{дл})(-\omega_0 - k_1 \omega_{дл})} \right\}. \quad (4)$$

Как видно из формулы (4) и в случае стробирования дискретизированного сигнала частотный состав спектра отобранного фрагмента не зависит от длительности стробирующего импульса.

Таким образом, сравнение частотного состава спектра сигналов одной частоты, содержащихся в фрагментах разной длительности, корректно.

Второй нюанс отбора фрагментов связан с гарантированностью выявления монтажа и определением границ смонтированных участков цифровой фонограммы. Особое значение он приобретает в случае проверки аутентичности копии цифровой фонограммы. Ведь для выяв-

ление следов цифровой обработки в представленной на экспертизу (в качестве оригинальной) фонограмме достаточно проверить любой ее участок (переписать-то на аппарат звукозаписи из ПЭВМ нужно всю обработанную фонограмму) и подтвердить или опровергнуть ее аутентичность (а зачем переписывали и пытались утаить этот факт?). Но при проверке заранее оговоренной копии необходимо отбирать фрагменты сигналов из каждого слова, произнесенного диктором.

А официальное предоставление на экспертизу копий цифровых фонограмм отнюдь не редкость. Очень часто пострадавшие, перед тем, как обратиться в правоохранительные органы, записывают на цифровой диктофон информацию, подтверждающую факты противоправных действий. При этом чтобы освободить место на встроенном носителе диктофона, они часто переписывают такие фонограммы в ПЭВМ, а уж затем из ПЭВМ производят перезапись информации на оптический диск.

Так же иногда поступают и в случае оперативной записи на специальные цифровые диктофоны со встроенной памятью. Цель такой перезаписи – освободить аппарат для дальнейшего использования, чтобы уменьшить парк используемой техники.

Из каждого слова необходимо отбирать фрагменты и для проверки цифровых фонограмм, записанных на аппаратуре со сменным носителем, что поясняется возможностью редактирования и перезаписи обработанной фонограммы без ее раскрытия в ПЭВМ в звуковом формате [5].

Разумеется, что это увеличивает трудоемкость и, следовательно, стоимость и время проведения экспертизы.

Но об этом мы предупредили работников правоохранительных органов в ряде статей, опубликованных в технических и ведомственных журналах, например, в [8]. Там же мы и попытались разъяснить бессмысленность вопроса об оригинальности цифровой фонограммы и предложили свои варианты вопросов к экспертам, касающихся подлинности материалов звукозаписи, направляемых на экспертизу.

Наиболее оптимальным, с нашей точки зрения, вариантом формулировки вопроса для определения подлинности цифровой фонограммы будет, пожалуй, следующий: "Аутентична ли представленная на экспертизу цифровая фонограмма?". Возможны и варианты, например, "Содержит ли представленная на экспертизу цифровая фонограмма следы монтажа?", или "Содержит ли представленная на экспертизу цифровая фонограмма следы цифровой обработки?".

Одним из интересных методических направлений использования комплекса "Теорема-1" является проверка аутентичности цифровых видеофонограмм (сигналограмм), записанных на цифровых видеомагнитофонах. Запись информации в таких магнитофонах производится на магнитную ленту блоком вращающихся магнитных головок в наклонно-строчном режиме в последовательном коде. Головок, как правило, четыре. Каждая из них записывает информацию на свою дорожку в виде блока цифровых сигналов. Длина блока фиксирована. Особенность цифровой видеозаписи состоит в том, что звуковой и видеосигналы записываются в цифровой форме в одном блоке. Оцифровка звуковых сигналов – 16 бит на отсчет, частота дискретизации – 48 кГц. Разделение звуковых и видеосигналов производится в магнитофоне при воспроизведении сигналограммы.

Особенность методики проверки аутентичности таких сигналограмм состоит в том, что исследуется их звуковая составляющая. При этом автор исходил из следующих соображений:

1. Проверить методами неразрушающего контроля аутентичность сигналограммы по магнитным отпечаткам на ленте или по цифровому потоку воспроизводимой информации, состоящей из смеси звуковых и видеосигналов, закодированных в определенном формате и сведенных в блоки двоичных сигналов фиксированной длины, не представляется возможным
2. Существуют программы синтеза заданного текста и изображения в ПЭВМ, позволяющие получить на видеозаписи заданную речь определенного человека, синхронизированную с его изображением. Однако для создания такой сигналограммы необходимо иметь образцы

речи и изображения фигуранта, записанные ранее и введенные в ПЭВМ для последующей обработки.

3. В процессе формирования разговора нескольких лиц (рассмотрение варианта самообличительного монолога в данном случае неуместно) неизбежно применение операции стробирования фрагментов и микширования. Кроме того, на полученную заготовку необходимо наложить посторонние шумы, так называемую звуковую среду – еще одна операция стробирования и микширования. Их применение не может пройти бесследно – вступает в силу факторы, подпадающие под действие гипотезы 3 [7].

4. Само по себе изображение является лишь иллюстрацией фонограммы, несущей основную информацию, относящуюся к фабуле расследуемого дела.

5. Все это позволяет сделать вывод о том, что проверка аутентичности цифровой видеофонограммы по ее звуковой составляющей корректна и обеспечивает необходимую полноту экспертных исследований.

### Выводы

1. Показана корректность применения операции стробирования для отбора фрагментов сигналов, используемых при проведении экспертизы аутентичности фонограмм.

2. Показаны некоторые особенности методики использования комплекса "Теорема-1" при проведении экспертизы аутентичности материалов видеозвукозаписи.

### Список литературы

1. Рыбальський О.В. Застосування вейвлет-аналізу для виявлення слідів цифрової обробки аналогових і цифрових фонограм у судово-акустичній експертизі. – К.: НАВСУ, 2004. – 167 с.

2. Бондаренко М.Ф., Дрюченко А.Я., Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Гласные звуки в теории и эксперименте. – Х.: Харьк. нац. ун-т радиоэлектроники, 2002. – 348 с.

3. Вергузаев М.С., Жариков Ю.Ф. Судебная акустика: теоретические основы и экспертная практика: Научно-практическое пособие. – К.: РИО МВД Украины, 1992. – 112 с.

4. Рыбальський О.В., Жариков Ю.Ф. Современные методы проверки аутентичности магнитных фонограмм в судебно-акустической экспертизе. – К.: НАВСУ, 2003. – 300 с.

5. Рыбальський О.В. Модели нестандартных способов обработки цифровых фонограмм // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – К. – 2003 – Т. 5, № 4. – С. 25–32.

6. Рыбальський О.В., Богданов О.М., Геранін В.О. Методологія розробки основ теорії виявлення слідів цифрової обробки фонограм та її деякі аспекти // Правове, нормативне, метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. – 2004. – Вип. 8. – С. 24–28.

7. Рыбальський О.В. К экспериментальной проверке достоверности положений теории выявления следов цифровой обработки фонограмм // Реєстрація, зберігання та обробка даних. – К. – 2004. – Т.6, № 3. – С. 85–98.

8. Рыбальський О.В., Близинов С.А., Мыслинский А.В., Брягин О.В. Особенности проведения экспертизы аутентичности цифровых сигналограмм, полученных оперативным путем // Захист інформації. – К.: КМУЦА. – 2005. – № 1. – С. 57–62.