

УДК 621.396.7

**Гребинь А. П.**, старший преподаватель (Тел.: +380 50 330 83 54. E-mail : a.grebin@yandex.ru)

**Левенец Н. Ф.**, ассистент (Тел.: +380 66 726 79 59. E-mail : n.levenets.ua@gmail.com)

**Швайченко В. Б.**, канд. техн. наук, доцент (Тел.: +380 95 807 75 70. E-mail : vbs2011@ukr.net)

**Шарадга Осман**, аспирант (Тел.: +380 96 685 56 95. E-mail : alshradkaothman@yahoo.com)

(Национальный технический университет Украины «КПИ»)

## ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АУДИОФРАГМЕНТОВ С НОСИТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ

**Гребинь О. П., Левенец Н. Ф., Швайченко В. Б., Шарадга О. Особенности відновлення аудіофрагментів з носіїв механічного запису.** Обрані основні типи носіїв аналогової фонограми. Визначені характерні особливості пристроїв механічного запису-відтворення аналогових фонограм, що визначають якісні показники. Наведені значення параметрів механічного запису на грамплатівки. Узагальнені особливості фонограм, що притаманні механічному запису, які є визначальними для отримання якісних аудіофрагментів в разі відновлення та реставрації. Визначено ранг шумів та завад, що спотворюють аудіо фрагмент.

**Ключові слова:** грамплатівка, імпульсні завади, спотворення, механічний звукозапис, реставрація та відновлення аудіо фрагментів, фонограма, шуми

**Гребинь А. П., Левенец Н. Ф., Швайченко В. Б., Шарадга О. Особенности восстановления аудиофрагментов носителей механической записи.** В работе выделены основные типы носителей аналоговой фонограммы. Определены характерные особенности устройств механической записи-воспроизведения аналоговых фонограмм, которые определяют показатели качества. Представлены значения параметров механической записи на грампластинки. Сделано обобщение особенностей фонограмм, присущих механической записи, которые являются определяющими для получения качественных аудиофрагментов в процессе восстановления и реставрации. Определен ранг шумов и помех, которые вносят искажения в аудиофрагмент.

**Ключевые слова:** грампластинка, импульсные помехи, искажения, механическая звукозапись, реставрация и восстановление аудиофрагментов, фонограмма, шуми

**Grebin A.P., Levenets N. F., Shvaichenko V. B., Sharajah O. Features for restoring audio tracks with medium mechanical recording.** The article discusses main types of carriers analog soundtrack. The characteristic features of mechanical recording-play devices analog soundtracks that define quality is proposed. The values of the shellac parameters on the mechanical recording are obtained. Made compilation features phonograms inherent mechanical records that are crucial for quality audio fragments in the process of recovery and restoration. Determined the rank of noise and interference that distort the audio fragments.

**Keywords:** shellac disc, impulse noise, distortion, mechanical recording, restoration and recovery of audio fragments, phonogram, noise

**Постановка проблеми.** Проведение анализа параметров фонограмм, записанных на аналоговых носителях, необходимо для автоматизации процесса реставрации на основе специализированных стендов. Актуальность исследования определяется необходимостью повышения качественных параметров фонограмм аналоговых носителей в процессе их реставрации и восстановления.

При этом результат реставрации во многом зависит от носителя. Специфика каждого вида носителя аналогового сигнала вносит свои характерные искажения и шуми в записываемый сигнал. Окончательная реставрация фонограммы предполагает использование персонального компьютера (ПК) и соответствующего программного обеспечения (ПО). Однако, для некоторых фонограмм улучшение результатов реставрации возможно при предварительной обработке и восстановлении самого носителя, необходимости предварительной обработки записанной информации с использованием аналоговых средств, а затем преобразование аналоговой формы сигнала в цифровую и введение информации в ПК для дальнейшей обработки фонограмм с использованием соответствующего ПО. Необходимо определить особенности наиболее распространенных носителей аналоговой механической звукозаписи [1, 2] для выбора оптимальных средств и методов обработки при

восстановлении и реставрации записанной информации, в особенности, для создания системы автоматизированного распознавания типа носителя и параметров записи.

Для правильного восстановления фонограмм необходимо знать характерные особенности носителя звуковой информации и параметры, которые были обеспечены при записи, поскольку каждый носитель по роду своего назначения обладает специфическими особенностями и вносимыми искажениями.

В настоящее время значительно повысился интерес к историческим событиям, которые происходили за последнее столетие, информация о которых, в той или иной степени, зафиксирована на различных аналоговых носителях записи. Большинство носителей, к сожалению, хранятся не всегда в оптимальных условиях, что приводит к старению и разрушению носителя и ухудшению качества записанной информации или даже потери части информации [3, 4].

*Цель работы* – определить влияние параметров различных носителей для дальнейшей автоматизированной обработки на процесс восстановления и реставрации аналоговых фонограмм в зависимости от способа записи и типа носителя.

**Изложение основного материала.** Информация, хранящаяся на аналоговых носителях, с течением времени подвергается внешним воздействиям, искажается, поэтому требует реставрации. На данном этапе развития технологий реставрации самой перспективной является электронная реставрация с использованием персональных компьютеров с соответствующим программным обеспечением. И поэтому за последнее время возрос спрос на системы перевода аналоговой записи в цифровую запись на современные носители, например, с использованием ПК.

Основными носителями звуковой информации в аналоговой форме являются грампластинки, магнитная лента и фотопленка. Каждый носитель записи в процессе записи вносит в записанную информацию свои искажения, вызванные принципом записи. Восстановление или реставрация фонограмм, записанных на аналоговых носителях, предполагает, в первую очередь, уменьшение вносимых самим носителем искажений и помех, а затем улучшение качественных параметров записанной информации до уровня современных цифровых носителей и требований.

Процесс реставрации фонограмм длителен и трудоёмок. Начинается он почти всегда с обработки носителя записи – механического, магнитного, фотографического, затем проводится обработка записанного материала. Обработка носителя записи – процесс не менее важный, чем обработка записанной информации, однако именно работа с восстановлением информации, точнее проблемы, возникающие в её ходе, требуют разработки новых методов.

Как правило, восстановления требует записанная информация, некоторые технические параметры которой деградировали: ограничена полоса частот, утрачены фрагменты фонограммы, уменьшено отношение сигнал/шум за счёт шумов, например, магнитного носителя и старения магнитного слоя, присутствуют нелинейные искажения и т.д.

Процесс реставрации и восстановления звуковых фонограмм - в большей степени творческий процесс, однако, некоторые характерные искажения и помехи, вносимые носителем записи, можно автоматически распознавать, а сам процесс восстановления и реставрации частично автоматизировать. Для реставрации фонограмм с использованием автоматизации процесса важно знать характерные особенности фонограмм, записанных на определенных носителях, какими являются магнитная лента, грампластинка, фотопленка.

Любой носитель подвержен вредным влияниям внешней среды и старению в процессе использования. Каждый носитель имеет характерные особенности записи и воспроизведения, характерные шумы и искажения, срок годности к воспроизведению и т.д.

Так, например, для грампластинки характерно появление механических повреждений

звуковой канавки при многократном воспроизведении, которое проявляется в виде заметных искажений, появление поперечных царапин, запыленности поверхности в процессе неправильного хранения и содержания пластинки, проявляющееся в виде «песка», щелчков и потрескиваний.

Для магнитной записи – наличие шума ленты как постоянное «шипение», проявление эффекта саморазмагничивания, копирэфекта, механического разрушения магнитного слоя ленты и механического повреждения основы ленты, что проявляется в виде искажений, выпадений, дребезжания звука.

Для фотографических фонограмм – это сужение диапазона частот, щелчки за счет царапин фотоэмульсии, специфический шум паузы в виде постоянного тока, плавание или “дробление” звука из-за неточности заправки пленки.

Проведем более глубокий анализ особенности носителей звуковой информации, качественные параметры сигналов, записанных на соответствующий носитель, и искажения, вносимые соответствующим носителем. Поскольку параметры фонограмм зависят от многих факторов, как, например, скорость движения носителя в магнитной записи, группа сложности устройства записи-воспроизведения и др., при сравнении будем указывать требования по конкретным устройствам.

В процессе анализа предпочтение будем отдавать параметрам тракта **воспроизведения** фонограмм, так как решаемая задача – реставрация и восстановление, при этом оговаривая параметры и искажения, возникающие при записи.

Основным типом носителя (*наиболее популярным и массовым, которых достаточно много и они, в большей степени, предполагается, требуют массовой реставрации*) механической записи обычно считают грампластинку со стереофонической записью (поперечно-поперечная, «X») с диаметром диска 300 мм и частотой вращения 33 и 1/3 об./мин. Параметры канала записи-воспроизведения электропроигывающего устройства (ЭПУ) соответствуют 0 группе сложности.

Основным типом носителя магнитной записи принято считать студийную фонограмму на магнитной ленте в рулоне, длительностью 45 мин., стереофоническая запись на всю ширину ленты, сделанной на студийном магнитофоне при скорости 38,1 см/с. Параметры канала записи-воспроизведения соответствуют параметрам студийной звукозаписи или аппаратуре нулевой группы сложности.

Основным типом носителя фотографической фонограммы является киноплёнка шириной 35 мм, звуковое сопровождение – стереофоническая запись переменной ширины, скорость движения носителя – 24 кадра/с.

В данной статье проведем анализ особенностей причин ухудшения качества аудиофрагментов основного типа носителя механической записи.

Элементами, влияющими на качественные показатели записи-воспроизведения звука для аналогового механического носителя (грампластинки) являются:

- 1) механизм передвижения носителя;
- 2) параметры и конструкция преобразователя сигнала при записи сигнала на носитель и считывания с носителя;
- 3) сам носитель, как элемент хранения информации.

Необходимо подчеркнуть принципиальную причину ухудшения, связанную с наличием механического контакта иглы звукоснимателя с грампластинкой. При этом количество прослушиваний влияет на степень ухудшения аудиофрагмента.

В Табл. 1 дано описание особенностей устройств аналоговой механической записи-воспроизведения звуковых фонограмм на грампластинку, обобщены характерные особенности устройств механической записи-воспроизведения аналоговых фонограмм, влияющие на качественные показатели.

Особенности устройств записи-воспроизведения на грампластинку Табл. 1

№ п/п	Элементы и узлы устройств записи-воспроизведения аналоговых фонограмм	Механическая запись
1	Принцип формирования сигнала записи	Вырезание резцом рекордера на вращающемся носителе записи, имеющем форму диска, соответствующей формы извилистой (модулированной) канавки. Резец <b>механически</b> колеблется под воздействием электрического сигнала, повторяющего колебания звукового сигнала записи.
2	Принцип формирования сигнала воспроизведения	Граммфонная пластинка вращается с той же частотой, как и диск при записи. Зафиксированную в виде канавки звуковую информацию «считывают» иглой звукоснимателя. <b>Колебания иглы</b> преобразовываются в электрические сигналы звуковой частоты.
3	Механизм передвижения носителя	Механизм вращения диска с <b>постоянной скоростью оборотов</b>
4	Механизм передвижения преобразователя записи	Механизм принудительного передвижения резца записи от края пластинки к центру.
5	Механизм передвижения преобразователя воспроизведения	Механизм передвижения звукоснимателя от края пластинки к центру за счет взаимодействия определенных сил возникающих между канавкой пластинки и иглой звукоснимателя во время проигрывания
6	Устройство (преобразователь) сигнала записи и принцип нанесения информации на носитель	Резец из стали или сапфира с определенной формой острия нарезает канавку или создает канавку оплавлением.
7	Устройство (преобразователь) считывания сигнала	Звукосниматель, в состав которого входит головка звукоснимателя и тонарм определенной формы. Головка преобразует механические колебания иглы в электрические сигналы. Тонарм поддерживает и направляет головку с учетом сил, действующих на головку. Материал иглы – корунд или алмаз.
8	Необходимость предварительной обработки носителя	Нет, кроме технологических требований (абсолютно гладкая поверхность диска, отсутствие пыли и др.)
9	Специфика записи-воспроизведения	Использование ВЧ-предискажений при записи (тонкоррекция) и обратное преобразование АЧХ при воспроизведении (ГОСТ 7893-79, IЕС 98 (3180-318-75 мкс).
10	Возможность перезаписи на одном и том же носителе	Не предусмотрено
11	Носитель записи	Виниловая грампластинка с достаточно однородной и мелкозернистой структурой

В Табл. 2 приведены параметры аналоговой записи звуковых сигналов на соответствующем носителе в целом.

Эффективная масса звукоснимателя обычно равна 2 г. Измерить ее с необходимой точностью очень трудно.

Прижимная сила, гибкость и эффективная масса подвижной системы определяют еще одно новое понятие: способность следования иглы по канавке. Этот параметр для потребителя имеет большое значение. Он показывает максимальное отклонение канавки на данной частоте, которое звукосниматель способен проиграть без искажений при заданной прижимной силе.

Типовые значения параметров механической записи на грампластинке Табл. 2

№ п/п	Наименование параметра	Механическая запись
1	Рабочий диапазон частот, Гц, не уже	20...20000
2	Неравномерность (допустимые отклонения) АЧХ от номинальной, дБ, не более, в диапазоне частот, Гц: 50-12500/20-50 и 12500-16000/16000 - 20000	+1,5/-3...+1,5/ -6...+1,5
3	Чувствительность с электромагнитной головки без корректирующего усилителя, мВ/см/с	0,7...2,0
4	Скорость (частота) движения носителя	33,1/3 об./мин.
5	Отклонение скорости (частоты) от номинального значения, %	+/-0,5
6	Коэффициент детонации записи (воспроизведения), %	+/-0,04 (0,08)
7	Относительный уровень рокота, дБ, без взвешенного фильтра (с взвешенным фильтром)	-45 (-69)
8	Относительный уровень помех канала записи, дБ	-63
9	Относительный уровень помех канала воспроизведения, дБ	-40
10	Относительный уровень помех немодулированных «немых» канавок, дБ	-68
11	Отношение сигнал-рокот (уровень помех от собственных вибраций), дБ	70
12	Отношение сигнал-фон без встроенного корректора (уровень фона), дБ	70
13	Отношение сигнал/шум, не менее, дБ	52...55
14	Динамический диапазон, дБ	36
15	Коэффициент гармоник, %, не более, на частотах, Гц: 30-60/60-8000/более 8000	1,5/3
16	Переходное затухание между стереофоническими каналами при записи, дБ, на частотах, Гц: 20-200 /250...8000 /8000...12500 /12500...20000	30/40/30/15
17	Переходное затухание между стереофоническими каналами ЭПУ, дБ, на частотах, Гц, соответственно: 315 /500 /1000 /10000	20/25/20/15
18	Разбаланс (рассогласование) стереоканалов по уровню записи на частоте 1000 Гц, не более, дБ	1
19	Разбаланс (рассогласование) чувствительности стереоканалов звукоснимателя по уровню записи на частоте 1000 Гц, не более, дБ	1
20	Рассогласование частотных характеристик стереофонических каналов при записи, дБ, не более, в диапазоне частот, Гц: 20...5000/5000...20000	1/2
21	Рассогласование частотных характеристик стереофонических каналов звукоснимателя, дБ, не более, в диапазоне частот, Гц: 315...6300	2
22	Прижимная сила для электромагнитной головки, мН	15
23	Амплитуда колебательной скорости механической записи на частоте 1000 Гц, при которой обеспечивается способность следования воспроизводящей иглой по канавке, см./с	25
24	Частота основного (механического) резонанса головки, Гц	не менее 6, не более 12
25	Добротность основного резонанса тонарма	3
26	Спектр шума носителя, Гц	300...8000
27	Эксцентриситет центрального отверстия диска, мм	0,15
28	Коробление, мм, не более	пластинки, 1,5
29	Срок хранения в оптимальных условиях, лет	условно неограничен
30	Количество проигрываний (до появления недопустимо высокого уровня шума)	100...300 (в зависимости от пыле/влаго защищенности)
31	Время записи на одной стороне, мин.	20...30

Измерение способности следования связано с повышенными трудностями. Длительное время способность следования определяли только по результатам субъективных сравнительных испытаний: оценивали на слух чистоту звучания музыкальных колокольчиков, по измерительной пластинке TTR101 фирмы «Шур». Однако с появлением новых измерительных пластинок TTR102 и TTR103 способность следования начали измерять объективно.

**Выводы по проведенному исследованию и перспективы дальнейших поисков в данном направлении.** На основе анализа таблиц определены характерные особенности фонограмм, присущие механической записи, которые являются основными факторами, формирующими качественные показатели восстановленных/реставрированных аудиофрагментов, они ранжированы по степени трудоемкости ослабления влияния:

- наличие импульсных помех в виде щелчков за счет глубоких одиночных царапин, повторяющихся с частотой 33 и 1/3 раз в минуту;
- наличие импульсных помех в виде потрескиваний, вызванных электризацией материала пластинки;
- наличие плавления звука за счет деформации пластинки по периметру;
- наличие характерного шума в виде «песка» за счет частых мелких царапин или изменения структуры материала пластинки, а также запыленности канавок;
- наличие помех, вызванных недостаточным экранированием звукоснимателя, тонарма, проводов, предварительного усилителя-корректора;
- наличие характерного шума (фона) для абсолютно новой пластинки за счет структуры материала пластинки;
- заметное переходное затухание между стереофоническими каналами на разных частотах;
- наличие характерных помех от собственных вибраций;
- наличие искажений, вызванных декомпенсацией антискатывающей силы, что проявляется в разных уровнях стереоканалов;
- наличие искажений, которые увеличиваются с уменьшением диаметра диска;
- наличие искажений, вызванных нелинейностью электромеханического преобразования;
- наличие искажений огибания, возникающих вследствие геометрических различий между резцом рекордера при записи и иглой звукоснимателя при воспроизведении;
- наличие искажений, вызванных неправильным весом звукоснимателя и, соответственно, прижимной силой, гибкостью иглы.

Предлагаемый подход к анализу особенностей носителя механической записи целесообразно распространить и на другие виды носителей аудиофрагментов, подлежащих восстановлению, в первую очередь носителей магнитной звукозаписи и фотографической фонограммы.

### **Литература**

1. Кинг Г. Руководство по звукотехнике / Г. Кинг. – Ленинград : Энергия, 1980. – 384 с.
2. Аполлонова Л. П. Грамзапись и ее воспроизведение / Л. П. Аполлонова, Н. Д. Шумова. – Москва : Энергия, 1973. – 73 с.
3. Бродкин В. М. Электропроигрывающие устройства / В. М. Бродкин. – Москва : Энергия, 1980. – 128 с.
4. Дегрелл Л. Проигрыватели и грампластинки / Дегрелл Л. – Москва : Радио и связь, 1982. – 176 с.