

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СКРЫТНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИМВОЛОВ,
ВНЕДРЁННЫХ СПЕКТРАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи,
профиль «Сети связи и системы коммутации»
очной формы обучения, группы 12001511
Моши Сэйвгод Даусон

Научный руководитель
канд. техн. наук, ст. преп.
кафедры
Информационно-
телекоммуникационных
систем и технологий
НИУ «БелГУ» Лихолоб П.Г

Рецензент
Ведущий инженер электросвязи
участка систем коммутации №1
Белгородского филиала
ПАО«Ростелеком» Уманец С.В

БЕЛГОРОД 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОБЩАЯ СХЕМА ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ.....	5
1.1 Математические основы методов встраивания цифровых водяных знаков...5	
1.2 Классификация цифровых водяных знаков.....	7
1.3 Общие требования и реализации встраивания цифровых водяных знаков...11	
2 РЕАЛИЗАЦИЯ ПСИХОАКУСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.....	14
2.1 Психоакустическая модель.....	14
2.2 Алгоритм реализации психоакустической модели.....	16
2.3 Сравнительный анализ психоакустических моделей.....	21
3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНОЛОГИИ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ	22
3.1 Спектральные методы встраивания цифровых водяных знаков.....	22
3.2 Методы оценки качества восприятия аудио сигнала	25
3.3 Методы тестирования устойчивости цифровых водяных знаков.....	25
4 ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	27
4.1 Планирование работ по исследованию.....	27
4.2 Расчет расходов на оплату труда на исследование.....	28
4.3 Расчет продолжительности исследования.....	29
4.4 Расчет стоимости расходных материалов.....	29
4.5 Расчет сметы расходов на исследование.....	30
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	33
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	35

					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разработал		Моши С. Д.			Исследование скрытности информационных символов, внедренных спектральными методами	Лит.	Лист	Листов
Проверил		Лихолоб П.Г.					2	37
Рецензент		Уманец С.В				<i>НИУ «БелГУ» гр. 12001511</i>		
Н. Контроль		Лихолоб П.Г.						
Утвердил		Жиляков Е.Г.						

ВВЕДЕНИЕ

С прошлого десятилетия началось распространение цифровых мультимедиа в интернете, включая изображения, аудио, видео и документы – далее цифровой контент. Которое привело к появлению индустрии цифровых мультимедиа.

В Интернете легко получить бесплатный доступ к различным информационным ресурсам индустрии цифровых мультимедиа. Наряду с удобством и высокой скоростью, с помощью которых контент, имеющий цифровой формат, может быть скопирован, отредактирован и передан, увеличивается количество случаев его незаконного использования. В следствии чего происходит большое количество нарушений прав на цифровой контент, что препятствует устойчивому развитию индустрии цифровых мультимедиа.

Для предотвращения этих нарушений и обеспечения прав собственности и авторских прав, возникла необходимость создания методов, реализующих цифровую охрану. В результате формирования нескольких неудачных направлений защиты, было предложено использовать методы цифровой стеганографии. В качестве основного направления для защиты прав в цифровой стеганографии было выбрано сокрытие цифровых водяных знаков для идентификации владельца или распространителя цифровых данных.

Скрытие информации – это общая концепция методов используемых для защиты прав на цифровые данные. Термин «сокрытие» может быть истолкован как сохраняющий существование информации в тайне или делающий информацию незаметной. Стеганография и водяные знаки являются двумя важными элементами методов защиты информации. Стеганография ищет способы сделать информацию незаметной, скрывая секретный код информации в цифровых данных, в то время как водяные знаки и являются этим секретным кодом, разработанным для защиты прав на контент.

Для защиты прав при помощи методов стеганографии применяют способ защиты, когда помещают секретное сообщение в контент – цифровой водяной

									Лист
									3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.342.ПЗВКР				

знак (ЦВЗ), присутствие которого неизвестно получателю и другим пользователям.

Согласно исследованиям, наиболее подвержены нарушению прав – это музыкальные произведения и изображения. Защита музыкального произведения, происходит за счет не фиксируемого на слух скрытного внедрения ЦВЗ в аудиосигнал. Естественно, для обеспечения скрытности информации, внедряемой в сообщение, необходимо выполнить ряд шагов, определяющих частотные компоненты сигнала и пределы их модификации. В цифровой стеганографии это ряд алгоритмов, результатом выполнения которого будет выбор параметров, настраивающих алгоритм внедрения. Эмпирически полученные параметры, определяемые последовательностью действий над акустическим сигналом, описывающие взаимосвязь компонент акустического сигнала и их восприятие человеком принято называть психоакустическими моделями.

Работа посвящена оценки возможности применения психоакустических моделей при реализации методов стеганографии.

Цель работы: исследование способов обеспечения скрытности информационных символов, внедряемых спектральными методами в звуковой контент.

Объект исследования: звуковой контент.

Предмет исследования: допустимая для изменения величина компонент звукового контента.

Для достижения цели работы на тему «Исследование скрытности информационных символов, внедрённых спектральными методами», необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть общую схему встраивания цифровых водяных знаков.
2. Описать алгоритм построения психоакустической модели.
3. Описать спектральные методы встраивания цифровых водяных знаков.
4. Разработать программную поддержку встраивания цифровых водяных знаков.

						Лист
					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОБЩАЯ СХЕМА ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

Цифровое представление во всех областях техники значительно расширила понятие водяных знаков, и открылось много новых возможностей. В частности, можно скрыть информацию в цифровом изображении, аудио- и видеофайлах в невидимом и статистически необнаружимом смысле. В связи с озабоченностью по поводу управления цифровыми правами (DRM) была предложена новая технология, называемая цифровым водяным знаком, для защиты интеллектуальной собственности и авторских прав. Цифровой водяной знак не предназначен для выявления точных отношений между авторским правом контента и пользователями, если только он не нарушает его законное использование.

1.1 Математические основы методов внедрения цифровых водяных знаков

Цифровой водяной знак - это способ защиты, путем незаметного встраивания водяного знака (знаков) в цифровые носители в качестве постоянных меток определяющих авторское или имущественное право, а затем извлечения водяного знака (знаков) из предполагаемого носителя для обеспечения подлинности. Водяной знак (знаки) всегда связан с цифровым носителем, который должен быть защищен, или с его владельцем, что означает, что у каждого цифрового носителя есть свой индивидуальный водяной знак или у каждого владельца есть свой единственный водяной знак. В целях защиты авторских прав преимущество цифровых водяных знаков перед традиционной стеганографией и криптографией заключается в том, что цифровые носители могут использоваться открыто, несмотря на наличие водяных знаков. Другими словами, нет ограничений на доступ к водяным знакам на цифровых носителях, но мы прилагаем дополнительные усилия, чтобы повысить их устойчивость к различным атакам. Общий цикл жизни цифровых водяных знаков приведен на рисунке 1.

					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

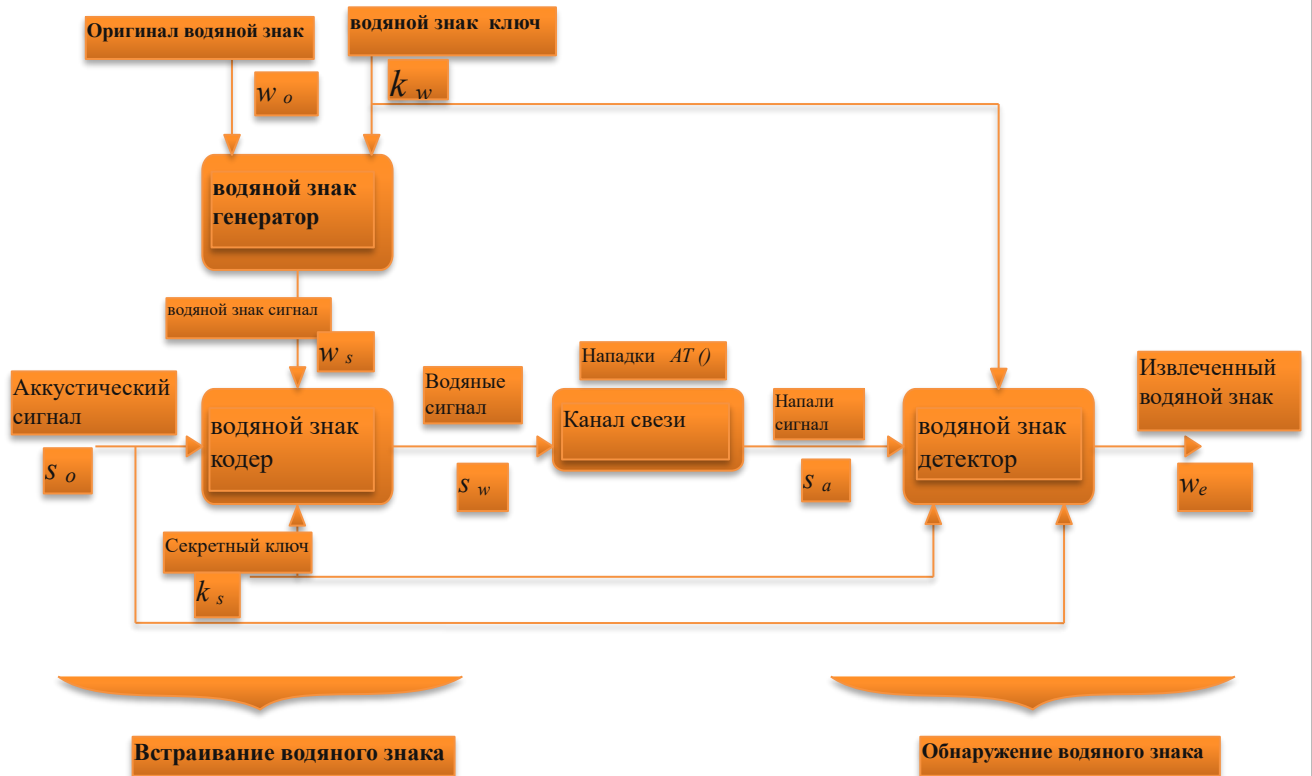


Рисунок 1 – Цикл жизни цифровых водяных знаков

Как правило, цифровая система водяных знаков состоит из трех основных частей, а именно: генератора водяных знаков, устройства для внедрения и детектора, как показано на рисунке 1. Обратите внимание, что для различных цифровых систем водяных знаков входы, обозначенные пунктирными линиями, являются необязательными.

Как правило, защищаемый цифровой носитель называется отрезком s_o , в который мы решили встроить оригинальный водяной знак, w_o . Форма оригинального водяного знака разнообразна; возможно изображение, последовательность букв или простая последовательность битов. w_o может быть преобразован в набор битов и затем обработан генератором водяного знака в соответствии с ключом водяного знака, k_w , чтобы генерировать сигнал водяного знака, w_s . Обычно k_w используется как разновидность криптографии для дополнительной защиты. Затем устройство для внедрения водяного знака включает сигнал водяного знака в исходный сигнал.

Сигнал, где секретный ключ k_s используется для обеспечения дополнительной защиты и выводит сигнал s_w . Процесс встраивания математически описывается следующим образом:

$$s_w \{D.s_o; w_o; k_w; k_s\}, \quad (1)$$

где s_w должен быть восприимчиво похож на s_o

После этого сигнал с водяными знаками распространяется. В ходе передачи s_w , вероятно, будет каким-то образом изменен, либо обработан обычными кодировками сигналов, либо подделан злонамеренными попытками удалить водяной знак. Такие модификации известны под общим названием «Атаки», например, добавление шума, сжатие MP3 и обрезка случайных выборок.

При обнаружении детектор водяных знаков извлекает водяной знак из полученного сигнала. Вход в детектор водяных знаков называется атакующим сигналом, s_a . Название является общим термином, и s_a может быть идентичной или искаженной версией s_w . Процесс обнаружения определяется

$$w_e \{D.s_a; s_o; k_w; k_s\} \quad (2)$$

где w_e - извлеченный водяной знак. Сравнивая w_e с w_o , проверяется, был ли водяной знак водяного знака или нет.

Цифровой водяной знак может использоваться в широком спектре приложений. Нельзя отрицать, что другие методы иногда могут быть жизнеспособными альтернативами. Однако атрибуты цифрового водяного знака делают его незаменимым для определенных целей.

1.2 Классификация цифровых водяных знаков

Применение цифровых водяных знаков для защиты авторских прав, было вызвано стремлением защитить авторские права. Идея состоит в том, чтобы вставить водяной знак с информацией об авторских правах в СМИ. Когда происходят имущественные споры, водяной знак может быть извлечен в качестве надежного доказательства, чтобы сделать утверждение о

					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

собственности. Для этого водяной знак должен быть неотделим от хозяина и устойчив к различным атакам, направленным на его уничтожение. Кроме того, система требует высокого уровня безопасности для выживания при статистическом обнаружении. С этими свойствами владелец может продемонстрировать наличие водяного знака, чтобы претендовать на авторское право на спорный носитель. Кроме того, поскольку нет необходимости, чтобы водяной знак был очень длинным, полезная нагрузка данных для этого приложения не должна быть высокой.

В приложении цифровых водяных знаков для аутентификации состоит в том, чтобы проверить, был ли контент подделан или нет. Поскольку водяные знаки подвергаются тем же преобразованиям, что и носитель, можно узнать что-то о происшествии, посмотрев на полученные водяные знаки. Для этой цели обычно используются хрупкие водяные знаки с низкой прочностью. Если контентом манипулируют незаконным способом, хрупкие водяные знаки будут изменены, чтобы показать, что контент не является подлинным.

Также цифровые водяные знаки применяются для мониторинга трансляции. Мониторинг трансляции является сбор информации о транслируемом контенте. Затем эта информация используется в качестве доказательства для проверки того, был ли контент передан в соответствии с договоренностью или для каких-либо других целей, таких как выставление счетов. Одно из применений мониторинга трансляции, является статистический анализ для улучшения продаваемого цифрового продукта. В этом случае надежность водяного знака не является проблемой из-за более низкого риска искажения. Вместо этого прозрачные или незаметные водяные знаки, незаметность, более необходимы.

Как уже говорилось ранее, большинство применений цифровых водяных знаков имеют эффект только после того, как произошло нарушение. В приложении для контроля за копированием цель состоит в том, чтобы не дать людям делать незаконные копии носителей, защищенных авторским правом. Механизм заключается в том, чтобы вставлять водяные знаки, указывающие на

					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

статус копирования контента, в устройства, защищенные авторским правом, предложенные Инициативой по цифровой безопасности (SDMI). Например, если система DVD содержит данные с информацией об авторском праве, встроенной в виде водяных знаков, то совместимый проигрыватель DVD не будет воспроизводить или копировать данные, содержащие водяной знак «никогда не копировать».

Стоит отметить, что некоторые исследователи приводят еще один термин, тесно связанный с вопросом защиты авторских прав, так называемые цифровые отпечатки пальцев. Отпечатки пальцев - это характеристики объекта, которые имеют тенденцию отличать его от других подобных объектов. В строгом смысле «отпечаток пальца» относится к процессу идентификации и записи отпечатков пальцев, которые уже присущи объекту. Это часто рассматривается как форма судебного водяного знака, используемая для отслеживания авторизованных пользователей, которые распространяют их незаконно, проблема отслеживания предателей. Обратите внимание, что наибольшие различия между цифровыми водяными знаками и цифровыми отпечатками пальцев - это происхождение скрытых сообщений и методы обработки. В цифровых водяных знаках, водяной знак представляет собой произвольное сообщение, содержащее информацию о собственности, в то время как отпечаток пальца в цифровых отпечатках пальцев является уникальным, но значительно более коротким. По сути, это цифровая дактилоскопия создающая метафайл, который описывает содержимое исходного файла, так что часть работы можно легко найти и сравнить с другими работами в базе данных. По этой причине цифровая дактилоскопия изначально была задумана для использования в высокоскоростном поиске. Несколько иначе цифровой водяной знак возник из-за защиты авторских прав на цифровые мультимедийные продукты. Он может выступать в качестве эффективного инструмента обеспечения соблюдения авторских прав.

С точки зрения различных характеристик, цифровые водяные знаки могут быть классифицированы на несколько категорий, как показано в таблице 1.

						Лист
					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 1 - Классификация цифровых водяных знаков

№	Основа для классификации	Категория
1	Тип носителя для водяных знаков	изображение / аудио / видео / текст
2	Ощутимость	незаметный / ощутимый
3	Надежность водяного знака	прочный / полухрупкий / хрупкий
4	Необходимость сигнала хозяина при обнаружении	слепой (публичный) / не слепой (частный)
5	Обратимость	необратимый / обратимый

Существуют различные виды цифровых носителей, которые могут иметь водяные знаки, такие как изображения, аудио, видео и текстовые документы. Изображение водяных знаков хорошо развивалось с начала исследований водяных знаков. Что касается водяных знаков на изображениях, большинство современных методов водяных знаков для видео обрабатывают видеокadres как последовательность неподвижных изображений и соответственно маркируют каждый из них водяным знаком. По сравнению с водяными знаками на изображении и видео водяные знаки для аудио представляют особую проблему из-за меньшей избыточности в аудиофайлах и высокой чувствительности слуховой системы человека (HAS). С быстрым развитием методов сжатия звука, аудио продукты становятся все более популярными в Интернете. Поэтому аудио водяные знаки привлекают все больше внимания в последние годы. Водяной знак для текстового документа также применяется везде, где распространяются защищенные авторским правом электронные документы.

Для изображений и видео воспринимаемые водяные знаки представляют собой визуальные шаблоны, такие как логотипы, объединенные в одном углу изображений, окулярные, но не препятствующие. Хотя заметные водяные знаки просты для практической реализации, они не являются целью цифровых водяных знаков. Как определено ранее, цифровые водяные знаки намереваются незаметно встроить водяной знак в цифровые носители.

Надежность водяного знака учитывает способность водяного знака переживать различные манипуляции. Надежный водяной знак - это водяной знак,

который трудно удалить без ухудшения качества оригинального цифрового носителя. Обычно он участвует в защите авторских прав, проверке прав собственности или других ориентированных на безопасность приложениях. Наоборот, хрупкий водяной знак - это водяной знак, который уязвим для любых изменений, главным образом для целей аутентификации данных. В умеренной манере полужесткий водяной знак незначительно устойчив и умеренно чувствителен к некоторым атакам.

Слепой (публичный) цифровой водяной знак не требует сигнала хоста для обнаружения водяного знака. Напротив, цифровой водяной знак, который требует сигнала хоста для извлечения водяного знака, не является слепым (частным). Как правило, обнаружение водяного знака является более надежным, если имеются исходные данные без водяных знаков. Однако доступ к исходному сигналу хоста не может быть гарантирован в большинстве реальных сценариев. Поэтому слепые водяные знаки являются более гибкими и практичными.

При обратимом нанесении водяных знаков, водяной знак может быть полностью удален из сигнала с водяным знаком, что позволяет ему получить точное восстановление основного сигнала. Однако цена такой обратимости подразумевает некоторую потерю надежности и безопасности. Необратимые водяные знаки обычно вносят небольшое, но необратимое ухудшение в исходный сигнал. Обратимость водяного знака должна учитываться только в тех приложениях, где требуется полное восстановление сигнала хоста.

1.3 Общие требования и реализации встраивания цифровых водяных знаков

Аудиосистема с водяными знаками для защиты авторских прав должна соответствовать следующим основным требованиям: превосходная незаметность для сохранения воспринимаемого качества аудиофайла, высокая устойчивость к различным атакам и высокий уровень безопасности для предотвращения несанкционированного обнаружения. Полезная нагрузка данных и сложность вычислений являются двумя дополнительными критериями.

						Лист
					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Незаметность является предпосылкой практичности. Процесс звукового водяного знака считается незаметным или прозрачным, если нет различий между принимающим сигналом и сигналом с водяным знаком. В противном случае оно ощутимо или непрозрачно. Чтобы сохранить воспринимаемое качество данных с водяными знаками, будет использована психоакустическая модель, полученная из явления слухового маскирования, чтобы обмануть восприятие человеком цифровых аудиофайлов. Следовательно, создается впечатление, что ничего не добавлено к носителю.

Устойчивость к преднамеренным воздействиям – является мерой надежности и относится к способности противостоять различным непреднамеренным и преднамеренным атакам. Другими словами, детектор водяного знака должен быть в состоянии извлечь водяной знак из атакованного сигнала с водяным знаком. Примеры атак на водяные знаки аудио включают в себя множество видов обработки и кодирования сигналов, таких как добавление шума, повторная выборка, реквантование, сжатие MPEG (группа экспертов по движущимся изображениям), обрезание случайных выборок, изменение временной шкалы (TSM) и изменение масштаба тона (PSM).). Последние три атаки относятся к десинхронизирующим атакам, которые приводят к смещению и сильно угрожают выживанию водяного знака.

Безопасность является необходимым условием существования. Поскольку алгоритмы создания водяных знаков, вероятно, будут открыты для общественности, они должны гарантировать, что водяные знаки не могут быть установлены даже путем изменения процесса внедрения или статистического обнаружения. В этом случае секретные ключи (обычно псевдослучайные последовательности) и / или операции скремблирования могут быть адаптированы для добавления случайности в процессы встраивания и обнаружения, так что цифровая система водяных знаков является самозащищенной.

Полезная нагрузка данных относится к числу битов, переносимых в единицу времени. В водяных знаках цифрового аудио оно определяется как

					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

количество битов, встроенных в одну секунду звуковой фракции, выраженное в битах в секунду (бит / с или бит / с). Полезная нагрузка данных системы водяных знаков аудио сильно варьируется в зависимости от параметров внедрения и алгоритма внедрения. Приложения для защиты авторских прав не требуют большой полезной нагрузки, в среднем всего 2~4 бит / с.

С технологической точки зрения вычислительная сложность системы водяных знаков включает в себя два основных вопроса. Одним из них является скорость, с которой выполняются встраивание и обнаружение, а другим - количество устройств для внедрения и детекторов, где скорость больше беспокоит меня. Наиболее интуитивный способ оценки скорости состоит в том, чтобы отдельно измерять время внедрения и обнаружения относительно продолжительности звука хоста. Для достоверного сравнения измерения должны проводиться на платформах с такими же вычислительными возможностями. Хотя обычно требуется система реального времени с низкой задержкой, для разных приложений требуются разные скорости. В целях защиты авторских прав даже коммерческий продукт не слишком заботится о времени внедрения. И наоборот, клиенты рассчитывают извлечь водяной знак как можно быстрее.

На практике ни одна система не может полностью удовлетворить все требования, и между критериями всегда существуют некоторые компромиссы. Как правило, звуковая система водяных знаков может работать с превосходной незаметностью или высокой надежностью, но не с обеими. Чтобы обеспечить надежность, я вставляю водяной знак (знаки) в важные для восприятия области или увеличиваю силу водяного знака. Однако такие стратегии могут вызывать ощутимое искажение сигнала хоста, что противоречит свойству незаметности. Более того, оба они тесно связаны с полезной нагрузкой данных. Если в аудиосигнал будет включено больше битов, скрытность станет хуже, а надежность будет выше.

Подобные компромиссы также встречаются между незаметностью, надежностью и безопасностью.

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.342.ПЗВКР				

2 РЕАЛИЗАЦИЯ ПСИХОАКУСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

2.1 Психоакустическая модель

Знание слуховой маскировки обеспечивает основу для разработки психоакустических моделей. В психоакустическом моделировании используются эмпирически определенные модели маскирования, которые анализируют, какие частотные компоненты вносят больший вклад в порог маскирования и сколько «шума» можно смешать, не воспринимая. Это понятие применимо к звуковым водяным знакам, одним из которых является незаметность. Как правило, в некоторых технологиях звуковых водяных знаков, таких как водяные знаки в расширенном спектре и водяные знаки в вейвлет-области, сигнал водяного знака добавляется к сигналу хоста как слабый аддитивный шум. Чтобы сохранить водяные знаки неслышимыми, часто используют минимальный порог маскирования (ММТ), рассчитанный по психоакустической модели, для формирования амплитуды сигнала водяного знака.

Моделирование эффекта одновременной маскировки является одной из основных задач психоакустической модели. В общем, есть ряд этапов. Во-первых, входной аудиосигнал анализируется для классификации его шумоподобных и тоноподобных частотных компонентов из-за явления «асимметрии маскирования». Во-вторых, так называемые функции расширения выводятся для имитации схем возбуждения шума. аналогичные и тоноподобные маски, соответственно. В-третьих, после смещения на определенную величину для каждого маскирующего устройства все отдельные пороговые значения маскирования, а также АТН, суммируются каким-либо образом для получения глобального порогового значения маскирования, оценки эффекта одновременного маскирования. Наконец, возьмите самый низкий уровень глобального порога маскировки в каждой полосе частот, чтобы получить (ММТ), который представляет собой наиболее чувствительный предел.

						Лист
					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Модели для маскировки разработаны для определения характера возбуждения. Для имитации характеристик масок введен ряд функций.

$$10 \log_{10} \frac{SF(dz)}{dB} = \begin{cases} [-27 + 0.37 \max\{L_M - 40, 0\}]dz, & dz \geq 0 \\ 27dz, & dz < 0 \end{cases} \quad (3)$$

где L_M - SPL от маскировщика.

Шредер предлагает еще одну популярную функцию распределения, которая выражается в виде следующей аналитической функции:

$$10 \log_{10} \frac{SF(dz)}{dB} = 15.81 + 7.5(dz + 0.474) - 17.5 \sqrt{1 + (dz + 0.474)^2}. \quad (4)$$

После небольшого изменения функции распределения Шредера, функция распределения как уравнение (5) принят в ИСО / МЭК MPEG Психоакустическая модель 2.

$$10 \log_{10} \frac{SF(dz)}{dB} = 15.8111389 + 7.5(1.05dz + 0.474) - 17.5 \sqrt{1 + (1.05dz + 0.474)^2}. \quad (5)$$

Следует отметить, что две функции расширения уравнения. (4) и (5) не зависят от SPL маскера, что выгодно для сокращения вычислений при генерации общего порога маскировки.

Функция распространения, используемая в психоакустической модели 1 ИСО / МЭК MPEG, отличается от психоакустической модели 2:

$$10 \log_{10} \frac{SF(dz)}{dB} = \begin{cases} 17dz - 0.4L_M + 11, & -3 \leq dz < -1 \\ (0.4L_M + 6)dz, & -1 \leq dz < 0 \\ -17dz, & 0 \leq dz < 1 \\ -17dz + 0.15L_M(dz - 1), & 1 \leq dz < 8 \end{cases} \quad (6)$$

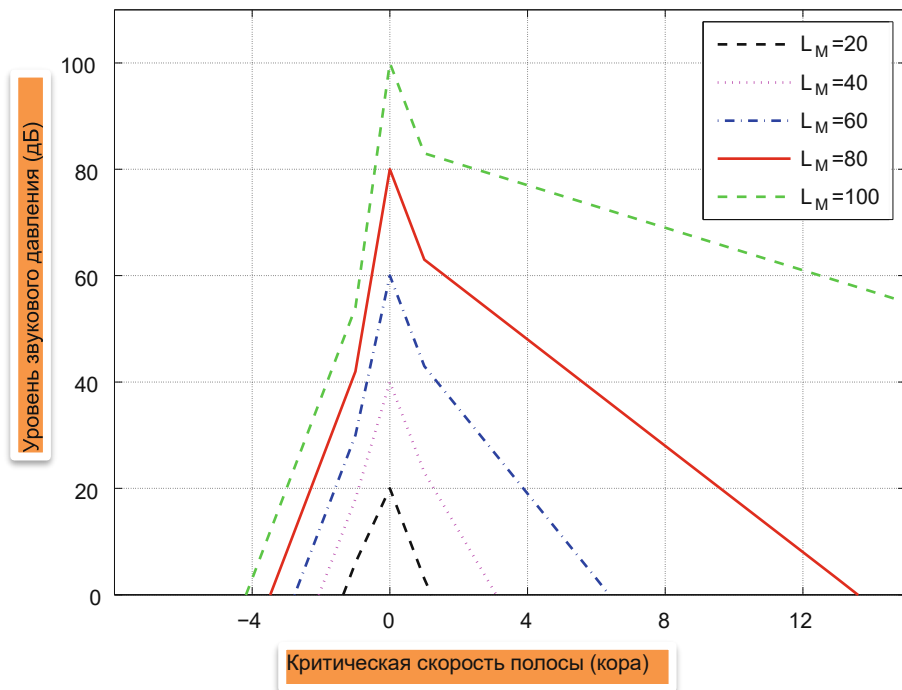


Рисунок 2 - Функция распределения в ISO / IEC Психоакустическая модель 1

На рисунке 2 показаны функции распределения в модели 1 для разных уровней маскировщика. Видно, что чем выше SPL у маскира, тем более асимметричной выглядит кривая. В частности, более высокие частоты демонстрируют большую маскировку, чем более низкие частоты, когда уровень маскиратора высок.

2.2 Алгоритм реализации психоакустической модели

В различных сценариях применения психоакустическая модель может быть реализована различными способами для удовлетворения требуемых критериев. Стандарт ISO / IEC MPEG-1 использует две информативные психоакустические модели, Психоакустическую модель 1 и 2, для определения ММТ для неслышимости. Как правило, модель 1 применяется к уровням I и II MPEG, а модель 2 - к уровню III MPEG. Обе модели обычно используются и хорошо работают. Психоакустическая модель 1 предложила метод с низким уровнем сложности для анализа спектральных данных и выходного SMR, тогда

как психоакустическая модель 2 выполняет более подробный анализ за счет большей вычислительной сложности

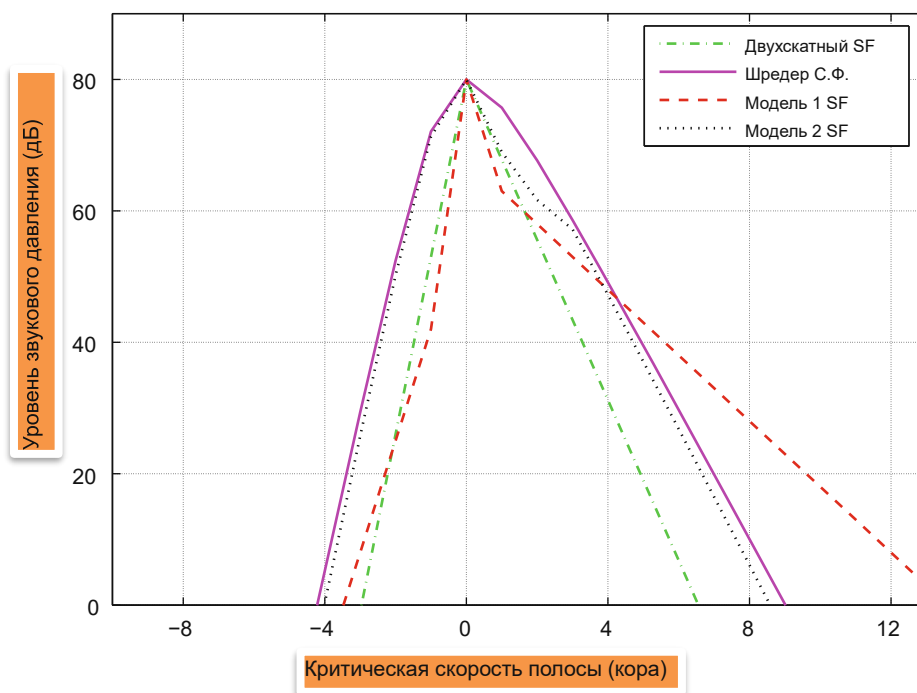


Рисунок 3 - Сравнение четырех функций расширения по отношению к маске на 80 дБ

Следовательно, психоакустическая модель 1 для уровня I позднее встроена в схему водяных знаков с учетом ее более высокой эффективности.

В этом случае вход в психоакустическую модель 1 представляет собой один отрезок аудиосигнала, а соответствующий выход - его ММТ. Вся процедура внедрения состоит из шести шагов

Алгоритм встраивания цифровых водяных знаков

1. FFT анализ и нормализация SPL
2. Идентификация тональных и нетональных масок
3. Уничтожение недействительных тональных и нетональных масок
4. Расчет индивидуальных порогов маскировки
5. Расчет глобального маскирующего порога
6. Определение ММТ

Детали каждого шага изложены следующим образом:

ШАГ 1: FFT анализ и нормализация SPL

Для точного анализа частотных компонентов выполняется быстрое преобразование Фурье (БПФ), чтобы получить спектральную оценку входящего кадра с высоким разрешением $x(n)$. В психоакустической модели 1 входной кадр имеет размер $N=512$ точки. Чтобы минимизировать эффект утечки, $x(n)$ умножается на модифицированное окно Хеннинга, модифицированное окно Хеннинга $w(n)$ определяется,

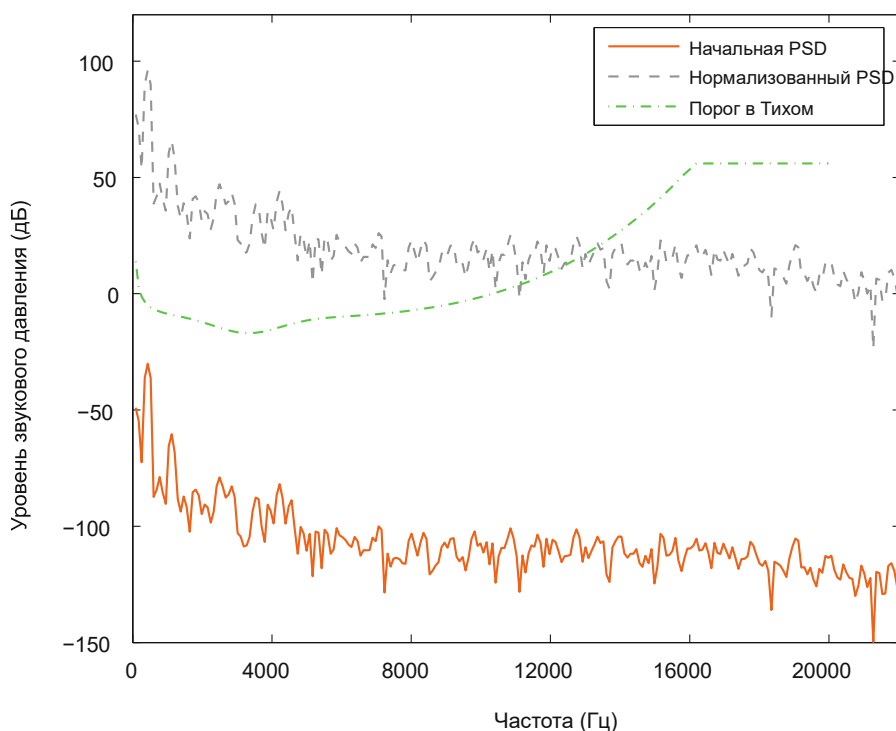
$$w(n) = \sqrt{\frac{8}{3}} \text{hann}(N) = \sqrt{\frac{8}{3}} \cdot \frac{1}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) \right] \quad 0 \leq n \leq N - 1 \quad (7)$$

ШАГ 2: Идентификация тональных и нетональных маскеров

Из-за «асимметрии маскирования» требуется различать частотные составляющие как тональные (то есть синусоидальные) и нетональные (то есть шумоподобные) маски. Тональные маски выбираются из локальных максимумов нормированной оценки PSD, $P(k)$. Локальный максимум относится к максимальному PSD в пределах его двух соседей:

$$P(k) \geq P(k + 1) \text{ and } P(k) \geq P(k - 1) \quad (8)$$

а



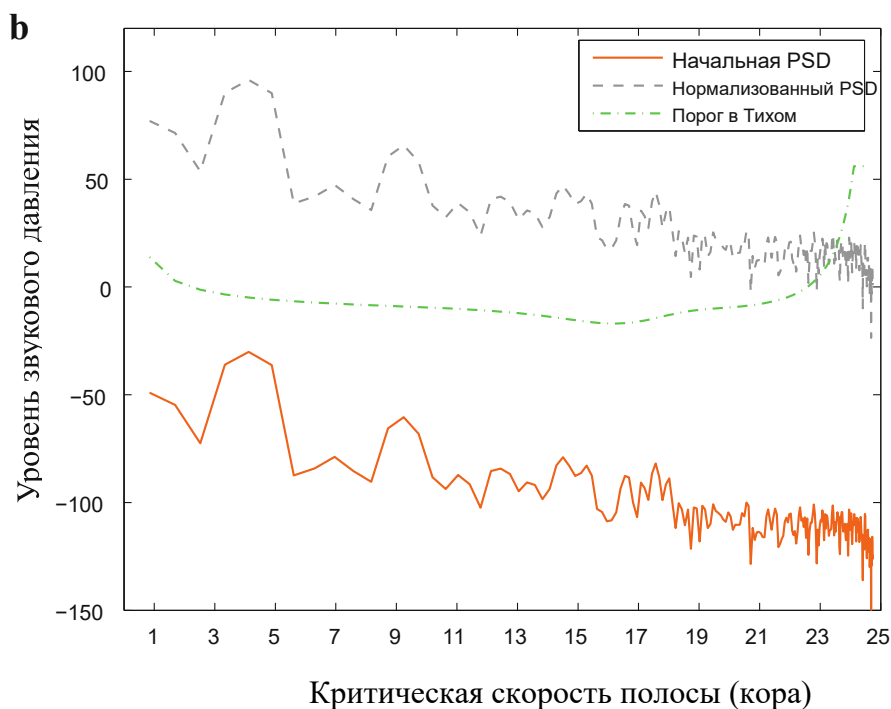


Рисунок 4 - Начальные и нормированные оценки PSD (а) Частота в линейной шкале (б) Частота в шкале Барка

Если значение локального максимума по меньшей мере на 7 дБ больше, чем значение его соседних компонентов в пределах определенного диапазона Коры D_k , такой максимум будет отмечен как тональный маскировщик. Все тональные компоненты составляют «тональный» набор S_{TM} :

$$S_{TM} = \{P(k) | [P(k) - P(k \pm D_k)] \geq 7dB\} \quad (9)$$

ШАГ 3: Уничтожение недействительных тональных и нетональных масок

При рассмотрении их возможного вклада в порог маскирования, наборы тональных и нетональных масок исследуются в соответствии с двумя критериями следующим образом:

Одно правило заключается в том, что любые тональные и нетональные маски ниже порога в тишине удаляются. Другое правило состоит в том, чтобы упростить любую группу маскировщиков, находящихся на расстоянии 0,5 барка: сохраняется только маскировщик с самым высоким SPL, а остальные исключаются.

ШАГ 4: Расчет индивидуальных порогов маскирования

После устранения недействительных масок индивидуальный порог маскирования рассчитывается для каждого тонального и нетонального масок. Индивидуальный порог маскирования $L(j, i)$ относится к маскирующему элементу с частотным индексом j , способствующим маскирующему эффекту на маске с частотным индексом i . Это соответствует $L[z(j), Z(i)]$, где $z(j)$ и $z(i)$ являются Маскара и частоты маске в масштабе коры. В психоакустических моделях MPEG только подмножество выборок по всему спектру считается масками и участвует в расчете глобального порога маскировки.

ШАГ 5: Расчет глобального порога маскировки

Глобальный порог маскирования является комбинацией отдельных порогов маскирования и порога в тишине. Поскольку смесь маскирования является аддитивной, глобальный порог маскирования по частотному индексу i рассчитывается в соответствии с

$$L_G \frac{i}{dB} = \log_{10} \left[\frac{ATH(i)}{10} + \sum_{j=1}^{N_{TM}} 10^{\frac{L_{TM}[z(j),z(i)]}{10}} + \sum_{j=1}^{N_{NM}} 10^{\frac{L_{NM}[z(j),z(i)]}{10}} \right]. \quad (10)$$

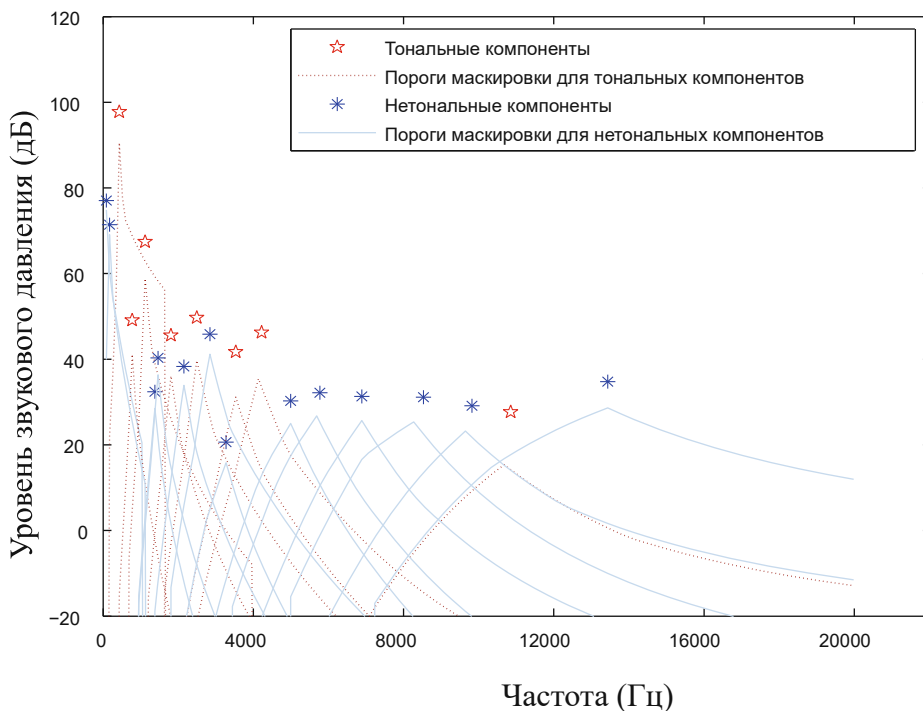


Рисунок 5 - Индивидуальный порог маскирования Частота в линейном масштабе где $ATH(i)$ - SPL порога в тишине при частотном индексе i , N_{TM} и N_{NM} - номера тональных и нетональных масок, а $L_{TM}[z(j),:]$ и $L_{NM}[z(j),:]$ - их

соответствующие индивидуальные маскирующие пороги.

ШАГ 6: Определение ММТ

ММТ получается из глобального порога маскировки. Глобальный порог маскирования L_G рассчитывается только для подмножества выборок по частотному спектру, $1 \leq I \leq 106$. Затем эти спектральные подвыборки отображаются на 32 однородных поддиапазона. Каждый поддиапазон содержит $N/2/32 = 512/2/32 = 8$ образцы. Следовательно, минимальный уровень маскирования в n th поддиапазоне ($1 \leq n \leq 32$).

2.3 Сравнительный анализ психоакустических моделей

В дополнение к одновременной маскировке, эффект одновременной маскировки также хорошо используется для разработки моделей восприятия.

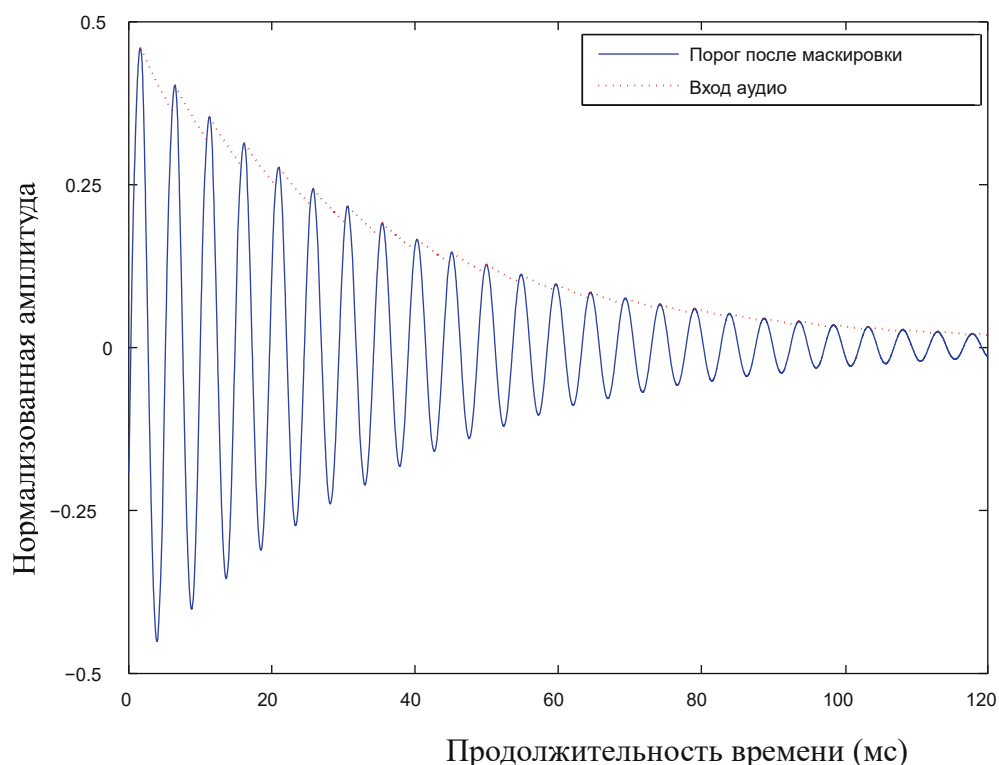


Рисунок 6 - Моделирование эффекта постмаскирования

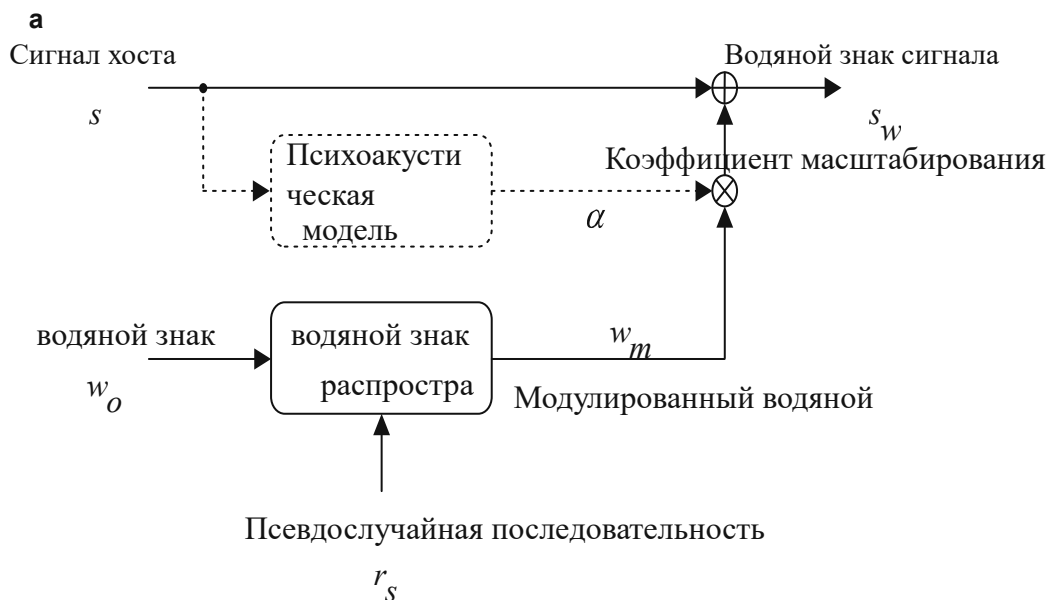
функция времени рассчитана на то, чтобы быть в форме выпуклости: больший вес на компонентах около центра окна, но постепенное затухание на компонентах около краев. Обычно предполагается, что такое временное сглаживание применяется к спектру сигнала, что приводит к сглаживанию выходного сигнала во временной области.

3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНОЛОГИИ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

Был значительный интерес к развитию аудио-водяных меток. Звуковые водяные знаки содержат модификацию наименее значимого бита (LSB), фазовое кодирование, водяные знаки в расширенном спектре, водяные знаки в области кепстра, водяные знаки в области вейвлетов, сокрытие эхо-сигналов и водяные знаки на основе гистограммы. Исследования основаны на встраивании водяных знаков с расширенным спектром (SSW).

3.1 Спектральные методы встраивания цифровых водяных знаков

Существует две основные формы водяных знаков SS, а именно: расширенный спектр с прямой последовательностью (DSSS) и расширенный спектр со скачкообразной перестройкой частоты (FHSS). Основанный на dsss метод водяных знаков аудио используется чаще, и его основная схема показана на рисунке 9.



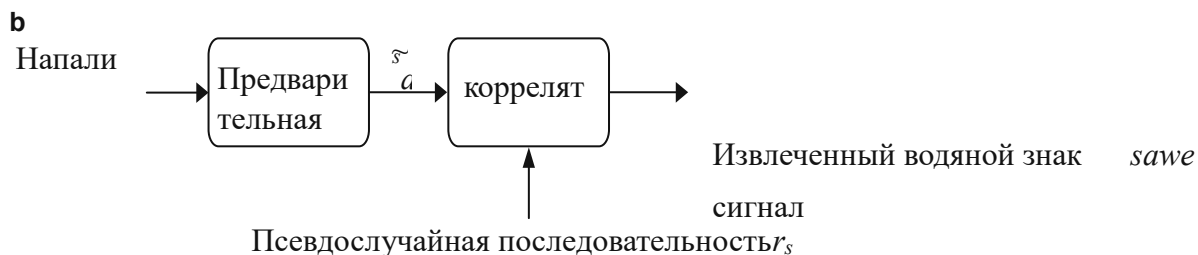


Рисунок 9 - Структурная схема базовой схемы водяных знаков СС. (а) Процесс встраивания. (б) процесс обнаружения

В процессе встраивания водяного знака водяной знак w_o модулируется PRS r_s для получения модулированного водяного знака w_m . Чтобы не слышать w_m , можно использовать масштабный коэффициент для управления амплитудой w_m . Затем сигнал s_w с водяным знаком генерируется путем добавления w_m к сигналу хоста. В процессе обнаружения водяного знака водяной знак извлекается путем корреляции принятого сигнала s_a с PRS r_s , используемыми при встраивания.

Обратите внимание, что водяной знак может распространяться не только во временной области, но также в различных преобразованных областях. Дискретное преобразование Фурье (DFT), дискретное косинусное преобразование (DCT) и дискретное вейвлет-преобразование (DWT) являются некоторыми примерами преобразований, которые часто используются. Как правило, схема водяных знаков SS, которая распространяет водяной знак в сигнал временной области, реализуется следующим образом. Во-первых, сигнал хоста $S_o(n)$, $1 \leq n \leq N_o$ разделен на N_p кадры $\{g_i\}$ с N образцами, где $N_p = \lfloor N_o/N \rfloor$;

$$S_o(n) = \{g_i(j)\}, \quad 1 \leq i \leq N_p \text{ and } 1 \leq j \leq N \quad (11)$$

Так что ряд NP биты водяного знака могут быть вставлены не более $NW = NP$.

В большинстве методов стеганографического кодирования предполагается использование разложение сигнала на коэффициенты (анализ). После чего используют преобразование параметров в соответствии с кодированием дополнительной информации (синтез).

Дискретно-косинусный анализ/синтез. На ряду с дискретным преобразованием Фурье (ДПФ) большое распространение, при анализе/синтезе

звукового сигнала, получил метод дискретно-косинусного преобразования (ДКП), в основе которого лежат использование коэффициентов, получаемых из равенств:

$$g_0 = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{m=0}^{(N-1)} x_m, g_k = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{m=0}^{(N-1)} x_m \cdot \cos \frac{(2m+1) \cdot k \cdot \pi}{2N}, k = 1, 2, \dots, (N-1), \quad (12)$$

где: g_k – коэффициент ДКП, k – порядковый номер.

Для синтеза из коэффициентов используют обратное ДКП:

$$y_m = \frac{1}{\sqrt{N}} g_0 + \sum_{k=1}^{(N-1)} g_k \cdot \cos \frac{(2m+1) \cdot k \cdot \pi}{2N}, m = 1, 2, \dots, (N-1), \quad (13)$$

где: y_k – значение синтезированного отсчета; m – порядковый номер.

Ниже рассмотрены аддитивные методы стеганографии, которые предполагают кодирование в знаке скалярного произведения, при этом метод расширения спектра изменяет всю частотную полосу, метод основанный на дискретно-косинусном преобразовании только одну компоненту.

Метод расширения спектра. Предполагает стеганографическое кодирование в знаке скалярного произведения нормированной псевдослучайной последовательности (ПСП).

Стеганографическое кодирование:

$$\vec{y} = \vec{x} - \langle \vec{x}, \vec{u} \rangle \cdot \vec{u} / \|\vec{u}\| + e \cdot |\langle \vec{x}, \vec{u} \rangle| \cdot \vec{u} / \|\vec{u}\|, \quad (14)$$

где: \vec{y} – синтезированный отрезок, \vec{x} –

исходный звуковой отрезок, операция скалярного произведения \vec{u} –

ПСП (с элементами $u_i \in \{-1, 1\}$), e – кодируемый ортонормальный бит $e \in \{-1, 1\}$.

$$\text{Декодирование: } \tilde{e} = \text{sign}(\langle \vec{y}, \vec{u} \rangle), \quad (15)$$

где: \tilde{e} – декодированный бит,

соответственно декодирование имеет вид:

$$\tilde{e} = 1, \text{ когда } \langle \vec{y}, \vec{u} \rangle > 0 \quad (16)$$

$$\text{и } \tilde{e} = -1, \text{ когда } \langle \vec{y}, \vec{u} \rangle < 0. \quad (17)$$

Исходя из свойств ПСП имеющего равномерное распределение, можно заметить, что при синтезе изменению подвергается вся частотная полоса.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.342.ПЗВКР				24

Естественно, отметить, что изменению при стеганографическом кодировании подвергается только одна частотная компонента согласно сетки декомпозиции.

3.2 Методы оценки качества восприятия аудио сигнала

Оценка качества восприятия звукового водяного знака состоит из субъективных тестов прослушивания и объективных тестов оценки. Субъективные тесты на прослушивание проводятся в изолированной камере, где участвуют десять обученных слушателей с разным звуковым опытом. Все стимулы представлены через высококачественные наушники. В тесте MUSHRA участников просят оценить качество восприятия каждого сигнала с водяными знаками относительно сигнала его хоста с использованием графического пользовательского интерфейса (GUI) MATLAB. Детали разработанного GUI будут описаны. Кроме того, оценка, основанная на пятибалльной шкале субъективной разницы (SDG), также выполняется. Ожидается, что аудиосигналы с водяными знаками будут иметь SDG в диапазоне от -1: 0 до 0. Также допустимо, если SDG меньше -2: 0.

Кроме того, программное обеспечение PEAQ используется для обеспечения оценки объективной разности (ODG). ODG - это объективное измерение SDG, а его характеристики соответствуют характеристикам SDG. Причина выбора PEAQ, а не EAQUAL и PEMO-Q, заключается в том, что PEAQ является улучшенной версией EAQUAL и бесплатна для использования, в то время как PEMO-Q является коммерческим программным средством, и его демонстрационная версия ограничена только длиной сигнала до 4 секунд. Кроме того, отношение сигнал / шум (ОСШ) рассчитывается как объективный показатель качества восприятия.

3.3 Методы тестирования устойчивости цифровых водяных знаков

Добавление шума: добавьте белый гауссов шум к звуковому сигналу с водяными знаками, чтобы достичь заданного SNR. Обычно SNR нацелено на значение от 20 до 40 дБ.

						Лист
					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Повторная выборка: звуковой сигнал с водяными знаками, который первоначально имел частоту дискретизации 44,1 кГц, понижается до 22,05 или 11,025 кГц, а затем повышается до 44,1 кГц.

Рекантификация: аудиосигнал с водяным знаком, который изначально имеет 16 бит / семпл, рекантизируется до 8 бит / семпл, а затем рекантируется обратно до 16 бит / семпл.

Фильтрация нижних частот: Фильтр нижних частот с частотой среза 4, 6 или 8 кГц применяется к звуковому сигналу с водяными знаками.

Добавление эха: эхо-сигнал с задержкой 100 или 200 мс и затуханием 20% или 30% добавляется к звуковому сигналу с водяным знаком.

Реверберация: реверберация в большом пустом зале с временем реверберации 1 с воздействует на звуковой сигнал с водяными знаками.

Сжатие MP3: аудиосигнал с водяным знаком, изначально в формате .wav, сжимается с битрейтом 48, 64, 96 или 128 кбит / с (килобит в секунду) кодером MP3. Затем файл .mp3 распаковывается обратно в формат .wav декодером MP3. Следует отметить, что процесс сжатия / декомпрессии вызывает не только изменение амплитуды, но также смещение между звуковыми сигналами с водяными знаками и атаками. Некоторое количество квазинулевых выборок дополняется в начале и в конце атакованного сигнала из-за внутренней организации данных в файлах MP3. Следовательно, сжатие MP3 имеет две формы: Сжатие I и Сжатие II. В Сжатии I обрежьте эти дополнительные сэмплы, чтобы сосредоточиться на эффекте изменения амплитуды сжатием MP3. В то же время, Сжатие II на самом деле является комбинированной атакой, которая объединяет сжатие данных и вставку.

						Лист
					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	26
Изм.	Лист	№-докум.	Подпись	Дата		

4 ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1 Планирование работ по исследованию

В реализации исследования заняты следующие специалисты:

- главный инженер или старший научный сотрудник (заведующий лабораторией), осуществляющий общее руководство исследованием;
- инженер I категории или младший научный сотрудник, проводящий разработку, исследование, необходимые расчеты, составляющий техническую документацию на исследование.

Расчет сроков проведения и трудоемкости представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Планирование работ по исследованию

Наименование этапов работ	Исполнитель	Трудоемкость, час	Продолжительность, дней
1	2	3	4
1.Подготовительный			
1.1.Сбор информации	Младший научный сотрудник	40	6
1.2.Выработка идеи	Старший научный сотрудник	40	5
		40	5
1.3.Определение объема Исследовательских работ	Младший научный сотрудник	16	2
1.4.Формирование исследовательской работы	Младший научный сотрудник	8	2
1.5.Обработка и анализ информации	Младший научный сотрудник	64	10
Итого:		208	30

2.Основной (экономический анализ)			
2.1.Обоснование целесообразности работы	Старший научный сотрудник	24	3
2.2.Выполнение работы	Младший научный сотрудник	88	18
Итого:		112	21
3.Заключительный			
3.1.Технико-экономическое обоснование	Младший научный сотрудник	40	5
3.2.Оформление и утверждение документации	Младший научный сотрудник	40	5
Итого:		80	10

Результатом планирования является расчет трудоемкости исследования по часам и количеству дней. Определена численность штата производственного персонала, необходимого для проведения исследования.

4.2 Расчет расходов на оплату труда на исследование

Расчет расходов на оплату труда разработки исследования представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Расчет расходов на оплату труда

Должность Исполнителей	Трудоемкость, час	Оклад, руб
1	2	3
Младший научный сотрудник	312	12000
Старший научный сотрудник	120	15000
Итого:	432	27000

Часовая тарифная ставка ($Ч_{ТС}$) рассчитывается по формуле:

$$Ч_{ТС} = \frac{P}{F_{мес}} \quad (18)$$

где $F_{мес}$ – фонд рабочего времени месяца, составляет 176 часов (22

рабочих дня по 8 часов в день); Р – оклад сотрудника.

Расход на оплату труда (P_{OT}) находится следующим образом:

$$P_{OT} = Ч_{ТС} * T_{сум} \quad (19)$$

где $T_{сум}$ – суммарная трудоемкость каждого из исполнителей.

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.

Таблица 4 - Расчет расходов на оплату труда

Должность Исполнителей	Трудоемкость, час	Оклад, руб	Ч _{ТС} , руб/час	Р _{OT} , руб
1	2	3	4	5
Младший научный сотрудник	312	12000	68,18	21272,16
Старший научный сотрудник	120	15000	85,23	10227,6
Итого:	432	27000	153,41	31499,76

4.3 Расчет продолжительности исследования

Согласно расчетам, трудоемкость исследования составила 472 часа.

Продолжительность исследования составит:

$$T_{иссл} = T_{сум} / T_{РД} \quad (20)$$

где $T_{сум} = 472$ часа суммарная трудоемкость исследования

$T_{РД} = 8$ часов – продолжительность рабочего дня

$T_{иссл} = 472/8 = 59$ дней.

Продолжительность исследования составляет 59 дня, расчет производится без учета выходных и праздничных дней.

4.4 Расчет стоимости расходных материалов

В разделе стоимости расходных материалов учитываются расходы на приобретение основных материалов необходимых для проведения исследования, оформления соответствующей документации, а также

учитывается стоимость картриджа. Расчет стоимости расходных материалов приведен в таблице 5.

Таблица 5 - Стоимость расходных материалов

Наименование расходных материалов	Цена за единицу, руб.	Количество, шт.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Бумага	150	2	300
Канцтовары	160	-	160
Материалы для принтера (картридж)	1500	-	1500
Итого:			1960

Определили, что для проведения исследования затраты на приобретение расходных материалов потребуется 1960 рублей.

4.5 Расчет сметы расходов на исследование

С учетом часового тарифной ставки рассчитаем общие расходы на разработку и проведение исследования. В данную статью расходов включаются премиальные выплаты, районный коэффициент и страховые взносы. Для оценки затрат на исследование составляем смету на разработку и проведение исследования.

Произведем расчет расходов:

Премиальные выплаты рассчитываются по формуле:

$$ПВ = P_{OT} K_{ПВ} \quad (21)$$

где $K_{ПВ}$ - коэффициент премиальных выплат, составляет 20 %, в случае если премии не предусмотрены $K_{ПВ}=1$.

$$ПВ = 33999,76 \cdot 0,2 = 6300 \text{ руб.}$$

Дополнительные затраты на проведение исследования можно определить, как:

$$З_{ДОП} = P_{OT} K \quad (22)$$

где K - коэффициент дополнительных затрат ($K=14\%$).

$$З_{\text{доп}} = P_{\text{от}} \cdot 14 \%$$

$$З_{\text{доп}} = 33999,76 \cdot 0,14 = 4409,96$$

В заработной плате может быть предусмотрен районный коэффициент, которых характеризует доплату при работе в трудных условиях. Величина коэффициента определяется в зависимости от характера производства.

$$PK = P_{\text{от}} K_{\text{РВ}} \quad (23)$$

где $K_{\text{РВ}}$ – коэффициент районных выплат, для примера составляет 15 % от суммы.

$$PK = (33999,76) \cdot 0,15 = 4724,96 \text{ руб.}$$

Общие расходы на оплату труда вычисляются по формуле:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{от}} + ПВ + PK + З_{\text{доп}} \quad (24)$$

где $P_{\text{от}}$ - основная заработная плата; ПВ - премиальные выплаты; $З_{\text{доп}}$ - дополнительные затраты; PK - районный коэффициент.

$$\Sigma P_{\text{от}} = 31499,76 + 6300 + 4724,96 + 4409,96$$

$$\Sigma P_{\text{от}} = 46934,68 \text{ руб.}$$

Из таблицы 10 берется итоговая сумма стоимости расходных материалов по статье расходных материалов.

$$\Sigma P_{\text{рм}} = 1960 \text{ руб.}$$

Страховые взносы рассчитываются по формуле:

$$CB = P_{\text{от}} 0,3 \quad (25)$$

$$CB = 31499,76 \cdot 0,30 = 9449,93$$

Амортизационные исчисления на использование компьютера вычисляются аналогично выражению (6). В данном примере они составляют 25% от стоимости компьютера.

$$AO = C_{\text{ПК}} 0,25 \quad (26)$$

$$AO = 30000 \cdot 0,25 = 7500 \text{ руб.}$$

Расходы на использование Интернета берутся из расчета месячной абонентской платы для предприятия. Пусть:

$$P_{\text{инт}} = 1000 \text{ руб.}$$

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.342.ПЗВКР				

Административно-хозяйственные расходы составляют 50% от основной заработной платы (P_{OT}).

$$P_{AX} = P_{OT} \cdot 0,5 \quad (27)$$

$$P_{AX} = 31499,76 \cdot 0,5 = 157499,88 \text{ руб.}$$

Результаты расчета расходов сведем в таблицу. Смета расходов на разработку и проведение исследования представлена в таблице 6.

Таблица 6 - Смета расходов на разработку и проведение исследования

Наименование статей расходов	Сумма, руб.	Удельный вес статей, %
1	2	3
1. Стоимость расходных материалов	1960	3,92
2. Расходы на оплату труда	46934,68	
2.1. Основная заработная плата	31499,76	33,36
2.2. Дополнительные затраты	4409,96	4,67
2.3. Премияльные выплаты	6300	13,35
2.4. Районный коэффициент	4724,96	5,0
3. Единый социальный налог	9449,96	14,66
4. Амортизационные исчисления на использование компьютера	7500	7,36
5. Расходы на использование Интернет	1000	0,99
6. Административно-хозяйственные расходы	15749,88	16,68
Итого:	82594,52	100

Результатом экономической оценки исследования является определение затрат на разработку и реализацию исследования:

- продолжительность исследовательских работ составила 54 дня;
- сметы расходов на исследование – 82 594,52 рубля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментов показывают, что звуковые сигналы с водяными знаками прозрачны для восприятия, устойчивы к различным атакам и защищены от несанкционированного обнаружения. Кроме того, эффективность использования водяных знаков в предлагаемом методе является удовлетворительной в отношении полезной нагрузки данных и вычислительной сложности по сравнению с другими методами. Водяные знаки с расширенным спектром являются наиболее распространенным методом цифрового водяного знака из-за его надежности и безопасности. Однако необходимы эффективные способы нанесения водяных знаков в расширенном спектре для борьбы с десинхронизирующими атаками.

Были представлены инструкции по проведению оценки качества восприятия, включая субъективные тесты на аудирование и объективные тесты. Для субъективных тестов на прослушивание сигналы с водяными знаками в MUSHRA успешно протестированы. Для объективных оценочных испытаний в качестве безличных измерений принимаются ODG, предоставляемый программным обеспечением PEAQ, и SNR. Тестовые элементы и их параметры по умолчанию в базовых и расширенных тестах устойчивости были отдельно изображены отдельно. В тест на устойчивость включены ряд общих сигнальных операций, атаки десинхронизации и расширенные атаки.

Цифровые водяные знаки становятся широко распространенными в современном информационном и коммуникационном обществе (ICS). Несмотря на то, что они впервые использовались в системах криминалистики и безопасности, широкое распространение мультимедийных компьютеров и мобильных устройств на потребительском рынке стимулировало разработку очень широкого круга практических и новых приложений на основе водяных знаков. Существует несколько алгоритмов водяных знаков; в отличие от водяных знаков на основе пространственной области, методы на основе частотной области могут включать больше битов водяных знаков и оказались

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.342.ПЗВКР				33

более устойчивыми к атакам. Он-лайн применение водяных знаков для аудио в пространственной области становится громоздким из-за связанных с этим высоких вычислительных сложностей. Точно так же водяные знаки в области DCT требуют операций предварительной обработки, таких как обратное энтропийное кодирование и обратное квантование.

Из анализа найденных работ были выявлены 8 методов помещения информации в аудио сигнал. Из которых для дальнейшего моделирования был выбран метод расширения спектра потому, что он является более общим для всех так как:

- в кодировании и декодировании можно использовать скалярное произведение отрезка сигнала и функции;
- кодирование осуществляется путем добавления сигнала с некоторым коэффициентом;
- выбор коэффициента определяет скрытность и стойкость кодируемой информации;
- в зависимости от метода используется психоакустическая модель на основе которой выбирается коэффициент;
- большинство методов для внедрения информации используют разбиение на отрезки сигнала длительностью 0.32 микросекунды, а также ортогональный базис.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Abdulla W. H. Auditory-based feature vectors for speech recognition systems //Advances in Communications and Software Technologies. – 2002. – С. 231-236. URL: <http://www.cslt.org/mediawiki/images/3/30/AuditoryBasedFeatureVectors.pdf>
2. Acevedo A. G. Audio watermarking quality evaluation //e-Business and Telecommunication Networks. – Springer, Dordrecht, 2006. – С. 272-283. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F1-4020-4761-4_26
3. Alghoniemy M., Tewfik A. H. Image watermarking by moment invariants //Proceedings 2000 International Conference on Image Processing (Cat. No. 00CH37101). – IEEE, 2000. – Т. 2. – С. 73-76. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/899229/>
4. Bailey D. V. et al. Cryptography in modern communication systems //TI DSPS FEST. – 1999. – Т. 99. – С. 1999.3-6. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/ca30/00e6b9bea175cc29d737b8cf02d5ef9dae14.pdf>
5. Beerends J. G. Audio quality determination based on perceptual measurement techniques //Applications of digital signal processing to audio and acoustics. – Springer, Boston, MA, 2002. – С. 1-38. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47042-X_1
6. Farid H. Detecting hidden messages using higher-order statistical models //Proceedings. International Conference on Image Processing. – IEEE, 2002. – Т. 2. – С. II-II. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1040098/>
7. Hansen J. H. L., Pellom B. L. An effective quality evaluation protocol for speech enhancement algorithms //Fifth international conference on spoken language processing. – 1998. URL: https://www.iscaspeech.org/archive/icslp_1998/i98_0917.html
8. Hu Y., Loizou P. C. Evaluation of objective quality measures for speech enhancement //IEEE Transactions on audio, speech, and language processing. –

									Лист
									35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	11120005.11.03.02.342.ПЗВКР				

2007. – Т. 16. – №. 1. – С. 229-238. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4389058>
9. Kahrs M., Brandenburg K. (ed.). Applications of digital signal processing to audio and acoustics. – Springer Science & Business Media, 1998. – Т. 437. URL: [https://books.google.co.id/books?hl=ru&lr=&id=yiQs59CcwIC&oi=fnd&pg=PR21&dq=22.%09M.+Kahrs,+K.+Brandenburg,+Applications+of+Digital+Signal+Processing+to+Audio+and+Acoustics+\(Kluwer+Academic,+Boston,+1998\)&ots=aDl3TXtcti&sig=AJFRmemdPrH8z-kvIqI8DH9GVMg&redir_esc=y](https://books.google.co.id/books?hl=ru&lr=&id=yiQs59CcwIC&oi=fnd&pg=PR21&dq=22.%09M.+Kahrs,+K.+Brandenburg,+Applications+of+Digital+Signal+Processing+to+Audio+and+Acoustics+(Kluwer+Academic,+Boston,+1998)&ots=aDl3TXtcti&sig=AJFRmemdPrH8z-kvIqI8DH9GVMg&redir_esc=y)
 10. Lee H. Y., Kim H., Lee H. K. Robust image watermarking using local invariant features //Optical Engineering. – 2006. – Т. 45. – №. 3. – С. 037002. URL: <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Optical-Engineering/volume-45/issue-3/037002/Robust-image-watermarking-using-local-invariant-features/10.1117/1.2181887.short>
 11. Lin Y., Abdulla W. H. A secure and robust audio watermarking scheme using multiple scrambling and adaptive synchronization //2007 6th International Conference on Information, Communications & Signal Processing. – IEEE, 2007. – С. 1-5. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4449673/>
 12. Lin Y., Abdulla W. H. Multiple scrambling and adaptive synchronization for audio watermarking //International Workshop on Digital Watermarking. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. – С. 440-453.. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-92238-4_34
 13. Lin Y., Abdulla W. H. Robust audio watermarking technique based on gammatone filterbank and coded-image //2007 9th International Symposium on Signal Processing and Its Applications. – IEEE, 2007. – С. 1-4. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4555328/>
 14. Lin Y., Abdulla W. H., Ma Y. Audio watermarking detection resistant to time and pitch scale modification //2007 IEEE International Conference on Signal Processing and Communications. – IEEE, 2007. – С. 1379-1382. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4728585/>

					11120005.11.03.02.342.ПЗВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

15. Lindsay P. H., Norman D. A. Human information processing: An introduction to psychology. – Academic press, 2013. URL: [https://www.google.com/books?hl=ru&lr=&id=_shGBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=54.%09P.H.+Lindsay,+D.A.+Norman,+Human+Information+Processing:+An+Introduction+to+Psychology+\(Academic,+New+York,+1977\)&ots=Iv9Id sIypV&sig=5ZXa7a0tdaLotnKZVwotSlcqt8Y](https://www.google.com/books?hl=ru&lr=&id=_shGBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=54.%09P.H.+Lindsay,+D.A.+Norman,+Human+Information+Processing:+An+Introduction+to+Psychology+(Academic,+New+York,+1977)&ots=Iv9Id sIypV&sig=5ZXa7a0tdaLotnKZVwotSlcqt8Y)
16. Liu W. M. et al. Assessment of objective quality measures for speech intelligibility estimation //2006 IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing Proceedings. – IEEE, 2006. – Т. 1. – С. I-I. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1660248/>
17. Mustiere F., Bouchard M., Bolic M. Quality assessment of speech enhanced using particle filters //2007 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing-ICASSP'07. – IEEE, 2007. – Т. 3. – С. III-1197-III-1200. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4217930/>
18. Tang C. W., Hang H. M. A feature-based robust digital image watermarking scheme //IEEE transactions on signal processing. – 2003. – Т. 51. – №. 4. – С. 950-959. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1188741/>
19. Wei F. S., Feng X., Mengyuan L. A blind audio watermarking scheme using peak point extraction //2005 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. – IEEE, 2005. – С. 4409-4412. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1465609/>
20. Xiang S. et al. Robust audio watermarking based on low-order Zernike moments //International Workshop on Digital Watermarking. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. – С. 226-240. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/11922841_19