

УДК 621.396

А. Н. Копысов, кандидат технических наук, доцент
Е. А. Коробков, аспирант; И. Б. Петрушина
Ижевский государственный технический университет

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ШУМООЧИСТКИ

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований программно-аппаратных средств шумоочистки на примере платы «Тишина» в соответствии с ГОСТ Р 50840–95 методами артикуляционных измерений и парных сравнений.

Ключевые слова: шум, помеха, речевой сигнал, шумоочистка, эффективность очистки

Актуальность

Очистка речевых сигналов от шумов и помех в настоящее время получила широкое распространение во многих областях науки и техники. Появляется большое количество программных и программно-аппаратных средств шумоочистки, в связи с этим становится актуальной проблема оценки эффективности очистки существующими средствами. В статье проводится исследование качества шумоочистки речи специализированными программно-аппаратными средствами. Результаты очистки представлены в виде звуковых записей артикуляционных таблиц, которые подвергались воздействию нескольких видов помех и шумов. Оценка производилась по каждому виду помех.

Постановка задачи исследования

В качестве средства для очистки речевых сигналов использовалось одно из изделий производства Центра речевых технологий (С.-Петербург) – плата «Тишина» [1]. Это устройство представляет собой одноканальную плату шумоочистки, работающую в режиме реального времени, и имеет интерфейс для подключения к персональному компьютеру.

Исследования проводились в соответствии с ГОСТ Р 50840–95 [2], а также ГОСТ Р 51061–97 [3]. Стандарты позволяют получить комплексную оценку качества передачи (воспроизведения) речевой информации, основанной на методах измерения показателей разборчивости, качества и узнаваемости речи. Разборчивость речи можно определить через относительное количество правильно принятых элементов, в процентах, артикуляционных таблиц (слов, фраз). Узнаваемость голоса диктора представляет собой величину, характеризующую степень сохранения субъективно воспринимаемых индивидуальных признаков голоса диктора.

Исследования по разборчивости речи и узнаваемости голоса диктора проводились методами артикуляционных измерений, парных сравнений. Для проведения исследования был создан лабораторный стенд (рис. 1).

Исследовательская работа проводилась группой специально обученных операторов, состоящей из дикторов (Д) и аудиторов (А). Дикторы начитывали артикуляционные таблицы через устройство ввода речевых данных, которые поступали на устройство хранения и подготовки данных. К полученным таким образом звуковым записям при помощи персонального компьютера (ПК) добавлялись шумы и поме-

хи. После чего записи с внесенными искажениями поступали на плату «Тишина», которая производила шумоочистку в соответствии с реализованным алгоритмом. Очищенный речевой сигнал поступал на устройство воспроизведения звуковых данных, где его прослушивали аудиторы с целью определения эффективности проведенной шумоочистки. Измерения оценки проводились для каждого вида внесенных помех и шумов.

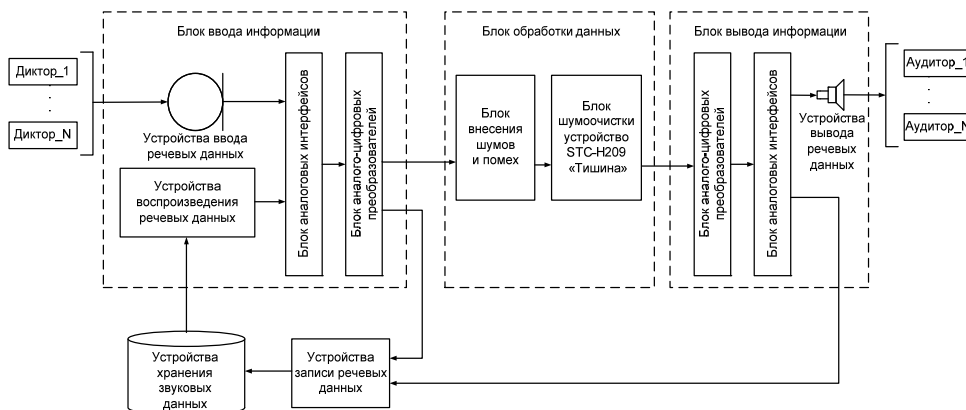


Рис. 1. Структурная схема лабораторного макета

При проведении исследований к исходным речевым сигналам, спектр которых сосредоточен в полосе стандартного телефонного канала 300...3400 Гц, накладывались следующие виды шумов и помех: тональные помехи 50, 100 и 2000 Гц; розовый шум и белый шум, т. к. они являются квазистационарными (шум толпы, моря, станков, двигателей; шум, возникающий в каналах связи) и представляют наибольший практический интерес.

Измерение разборчивости речи артикуляционным методом

Дикторы в составе трех человек, прошедшие тренировку и отработавшие технику чтения, начитывали таблицы слогов. Каждым диктором зачитывалось по пять таблиц слогов – 15 записанных оригинальных речевых сигналов (далее PC_0). К полученным сигналам PC_0 добавлялись тональные помехи и шумы с отношением сигнал/шум 10 дБ, в результате получили 75 речевых сигналов с внесенными помехами (далее PC_1). После этого PC_1 очищались встроенным алгоритмом широкополосной фильтрации, предусмотренным в плате. Таким образом было получено 75 обработанных речевых сигналов (далее PC_2). Аудиторы в составе трех человек, прошедшие обучение, прослушивали и производили оценку сигналов PC_1 и PC_2 в соответствии с методикой [4, 5], по которой вычислялись результаты средней разборчивости для речевых сигналов с внесенной помехой PC_1 . Для каждого измерения находилось среднее значение разборчивости S по формуле

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i, \quad (1)$$

где N – число единичных измерений (одно единичное измерение равняется одной таблице); S_i – результат единичного измерения (процент верно распознанных слов в одной таблице от одного диктора).

Вычислялось среднее квадратичное отклонение (СКО):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (S_i - S)^2}{N - 1}}. \quad (2)$$

Были найдены единичные измерения, для которых выполняется выражение, с целью исключения сомнительных значений S_i и вычисления нового среднего значения:

$$|S_i - S| > 2\sigma. \quad (3)$$

Вычисления результатов средней разборчивости для очищенных сигналов PC_2 проводились таким же образом, как для PC_1 .

Путем усреднения полученных результатов средней разборчивости для PC_1 и PC_2 были найдены средние показатели разборчивости для двух видов сигналов (табл. 1).

Таблица 1. Средние показатели разборчивости

Помеха	PC_2 , %	PC_1 , %	$PC_2 - PC_1$, %
Тон 50 Гц	75,8	57,6	18,2
Тон 100 Гц	71,5	53,3	18,2
Тон 2000 Гц	71,3	55,0	16,3
Розовый шум	70,0	53,6	16,4
Белый шум	68,9	52,9	16,0
Итого	–	–	17

Анализ полученных данных позволяет построить диаграмму для средних показателей разборчивости по отношению к разным типам шумов и помех (рис. 2).

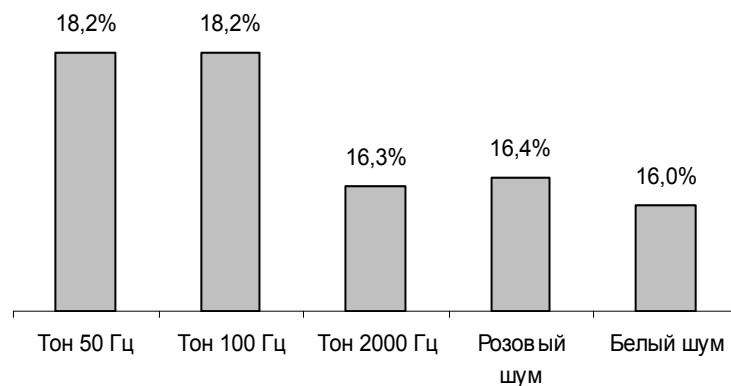


Рис. 2. Средние показатели разборчивости

Анализ представленных результатов в рамках проводимых исследований платы «Тишина» показывает, что более эффективно подавляются тональные помехи 50 и

100 Гц, лежащие вне полосы стандартного телефонного канала, при этом внутриполосная помеха 2,0 кГц и шумы подавляются достаточно эффективно. Разница в выигрышах составляет порядка 2 %.

Оценка качества шумоочистки измерения узнаваемости голоса диктора методом парных сравнений

Дикторы в составе пяти человек, прошедшие тренировку и отработавшие технику чтения, начитывали тестовые фразы для оценки узнаваемости голоса. Каждым диктором зачитывалось по 7 фраз (всего 35 речевых сигналов, далее РС₀). К полученным сигналам РС₀ добавлялись тональные помехи и шумы с отношением сигнал/шум 10 дБ, в результате получили 175 речевых сигналов с внесенными помехами (далее РС₁). После этого РС₁ очищались платой «Тишина». Таким образом было получено 175 обработанных речевых сигналов (далее РС₂). Аудиторы в составе пятнадцати человек, прошедшие обучение, прослушивали полученные речевые сигналы в следующей последовательности: РС₀ и далее сигналы РС₁ и РС₂ в случайном порядке. На основании сравнения звучания РС₁ и РС₂ аудиторы отмечали наиболее близкий по сохранению признаков узнаваемости голоса диктора к РС₀ речевой сигнал и производили оценку в соответствии с методикой [6, 7].

Определялась величина предпочтения одного из сравниваемых речевых сигналов по узнаваемости голоса диктора:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_i, \quad (4)$$

где P – величина предпочтения; N – число фраз в единичном измерении (по 7 фраз); P_i – число случаев предпочтения, узнаваемости голоса диктора, одного тракта перед другим (сколько раз один аудитор предпочел тот или иной сигнал, %). Полученные результаты сравнивались с нормой заметности (табл. 2).

Таблица 2. Нормы заметности

Степень заметности	Характеристика	Норма заметности, %
0	Незаметно	< 57,5
1	Едва заметно	58...65
2	Заметно	66...75
3	Сильно заметно	> 75

На основании данных табл. 2 были присвоены характеристика и степень заметности отличия речевых сигналов РС₁ и РС₂ от РС₀. Полученные показатели были занесены в табл. 3.

Таблица 3. Присвоенные характеристики и степени заметности

Помеха	Характеристика			
	Незаметно, (%)	Едва заметно, (%)	Заметно, (%)	Сильно заметно, (%)
Тон 50 Гц	5 (6,7)	0 (0)	22 (29,3)	48 (64)
Тон 100 Гц	29 (38,8)	0 (0)	32 (42,6)	14 (18,6)
Тон 2000 Гц	11 (14,8)	0 (0)	35 (46,6)	29 (38,6)
Белый шум	30 (40,0)	0 (0)	25 (33,3)	20 (26,7)
Розовый шум	9 (12,0)	0 (0)	40 (53,3)	26 (34,7)

По данным табл. 3 построена диаграмма (рис. 3).

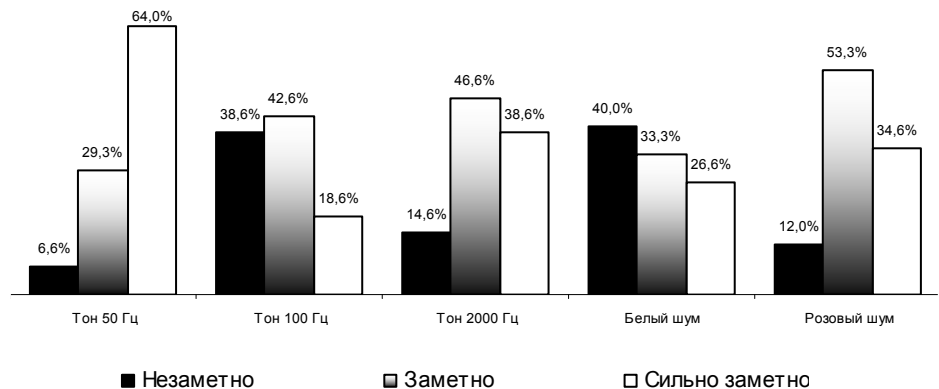


Рис. 3. Доли предпочтений

Из табл. 3 можно сделать вывод о том, что результат шумоочистки речевых сигналов платой «Тишина» улучшил характеристику и уменьшил заметность отличия речевых сигналов, очищенных от шумов и помех, от исходного по сравнению с неочищенными, при этом характеристика заметности для тональной помехи 50 Гц составила 64 % («сильно заметно»), тональной помехи 100 Гц – 42,6 % («заметно»), тональной помехи 2000 Гц – 46,6 % («заметно»), розового шума – 53,3 % («заметно»), белого шума – 40 % («незаметно»).

Выводы

Проведенные артикуляционным методом исследования для тональной помехи 100 Гц показали, что после шумоочистки разборчивость повысилась на 18,2 %, что является наиболее высоким результатом. Чуть менее эффективно плата подавляет тональную помеху 50 Гц. Хуже всего оказалась очистка в условиях белого шума, для которого разборчивость повысилась на 16 % (рис. 2).

Результат узнаваемости голоса диктора методом парных сравнений для тональной помехи 50 Гц после шумоочистки оказался наилучшим и составил 64 % по сравнению с неочищенным сигналом, что свидетельствует о высокой эффективности шумоочистки по отношению к данной помехе. Помимо этого плата «Тишина» достаточно эффективно очищает речевые сигналы с внесенными помехами 2000 Гц и розовый шум, а белый шум – менее эффективно.

Можно судить о достаточно высокой величине различия обработанных платой «Тишина» речевых сигналов перед необработанными, что свидетельствует о хорошем качестве и эффективности произведенной шумоочистки с помощью исследуемого средства.

Библиографические ссылки

1. Электронная плата «Тишина». Руководство по эксплуатации. – СПб. : Центр речевых технологий, 2005. – 31 с.
2. ГОСТ Р 50840–95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. – Введ. 01.01.1997, действует. – 234 с.
3. ГОСТ Р 51061–97. Системы низкоскоростной передачи речи по цифровым каналам. Параметры качества речи и методы измерений. – Введ. 01.01.1998, действует. – 24 с.
4. ГОСТ Р 51061–97.
5. Электронная плата «Тишина».

6. ГОСТ Р 51061–97.

7. Электронная плата «Тишина».

Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 16.740.11.0433 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

A. N. Kopysov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Izhevsk State Technical University

E. A. Korobkov, Postgraduate Student, Izhevsk State Technical University

I. B. Petrushina, Izhevsk State Technical University

Efficiency Estimation of Firmware Noise Reduction

The experimental results of firmware noise reduction device “Tishina”, implemented according to state standard 50840–95 are considered. The experiments were made by articulatory measurement and paired comparisons methods.

Keywords: noise, disturbance, speech signal, noise reduction, noise reduction efficiency

Получено: 15.11.11

УДК 550.34.052:550.837

В. А. Куликов, доктор технических наук, профессор

Ижевский государственный технический университет

И. В. Журбин, кандидат технических наук, доктор исторических наук

Физико-технический институт УрО РАН, Ижевск

С. Е. Догадин, аспирант

Ижевский государственный технический университет

МЕТОД СОГЛАСОВАНИЯ ДАННЫХ МАЛОГЛУБИННОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

Рассматриваются причины возникновения ступенчатообразных искажений на картах распределения поля при малоглубинных геофизических исследованиях. Предлагается метод обработки данных, позволяющий производить коррекцию ступенчатообразных искажений и построение сводных карт распределения геофизического поля в автоматическом режиме.

Ключевые слова: ступенчатообразные искажения, нормализация, аномалия, сглаживающая коррекция

Малоглубинные геофизические исследования применяются при решении инженерно-геологических, гидрогеологических, геоэкологических и археологических задач. Методика предполагает условное разбиение территории исследований на прямоугольные участки – планшеты. Измерения проводятся последовательно в соответствии с сеткой планшетов, после чего данные объединяются в сводную карту распределения геофизического поля. При этом зачастую наблюдаются ступенчатообразные изменения среднего уровня значений на смежных планшетах, что существенно усложняет интерпретацию сводных карт. Следовательно, для корректного выявления геофизических аномалий и анализа их формы необходимо предварительное приведение всех массивов данных к единому уровню.