

АКУСТИЧЕСКОЕ ЭХОПОДАВЛЕНИЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Рахимов Бахтиёржон Нейматович.

д.т.н., профессор, ТУИТ им. Мухаммада ал-Хоразмий,

E-mail: brah2008@rambler.ru

Худайбергганов Журабек Давлатбоевич

докторант ТУИТ им. Мухаммада ал-Хоразмий,

E-mail: jurabekkhudayberganov1991@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Для развития телекоммуникаций была предложена улучшенная конструкция подавителя акустического эха, позволяющая добиться акустического эха, которая обеспечивает весьма впечатляющие результаты. В этом алгоритме измерения плотности акустического эха был рассмотрен чувствительный фильтр частотной области (FDAF), который использует метод быстрого свертки для оценки выходного сигнала и обновленного фильтра. Это вычислено в MATLAB для подсчета нормализации размера шага частоты бина для получения производительности. Существуют различные методы, уже используемые для обработки сигналов, но предлагаемая конструкция использует улучшенную функцию для улучшения качества сигнала. В последние годы в Южной области компьютеры переворачивают революцию, в этой работе осуществляется реализация алгоритмического акустического эхокомпенсатора на ПК с помощью программного обеспечения MATLAB.

Ключевые слова: AEC, VOIP, PSTN, FDAF, ERLE

ABSTRACT

An improved design of acoustic echo canceller has been proposed for the advancement in telecommunication to avoid acoustic echo, which is capable of providing convincing results. In this acoustic echo cancellation algorithm, a Frequency-Domain Adaptive Filter (FDAF) has been considered which uses a fast convolution technique to compute the output signal and filter updates. This computation executes quickly in MATLAB through frequency-bin step size normalization to get better performance. There are different techniques already used for signal processing but the proposed design provides an advance feature for better quality signal. Since there has been a revolution in the field of personal computers in recent years, this work attempts to implement the acoustic echo canceller algorithm on a PC with the help of the MATLAB software.

Keywords: AEC, VOIP, PSTN, FDAF, ERLE.

1. ВВЕДЕНИИ

Быстрый рост технологий в последние десятилетия изменил весь аспект глобальных коммуникаций. Новые правила техники безопасности ведут в области телекоммуникаций к радио/телефонам без помощи рук. С такой системой говорящий (оператор) может свободно говорить и при этом концентрироваться на своей задаче вождения [1]. Теперь беспроводные телефоны считаются важным средством связи и оказывают прямое влияние на повседневное личное и деловое общение людей. Примерами таких систем являются мобильные телефоны, VOIP-звонки с использованием, например, Skype, телеконференции для совещаний или удаленного обучения и т. д., а в последние годы все большую популярность приобретают операции громкой связи. Но эхо может ухудшить качество обслуживания, а эхоподавление является важной частью телекоммуникационных систем. Развитие подавления эха началось в конце 1950-х годов и продолжается по сей день. Потребность абонентов в улучшенном качестве передачи голоса по беспроводным сетям привела к появлению новой и ключевой технологии, называемой эхоподавлением, которая может обеспечить качество голоса, близкое к проводной линии, в беспроводной сети. Сегодняшние абоненты используют качество речи в качестве стандарта для оценки общего качества сети. Независимо от того, субъективно мнение подписчиков или нет, оно является ключом к поддержанию лояльности подписчиков. По этой причине эффективное удаление гибридных и акустических эхо, присущих телекоммуникационной сетевой инфраструктуре, является ключом к поддержанию и улучшению воспринимаемого качества голоса при вызове [2].

2. МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Подавление акустического эха важно для аудиотелеконференций, когда необходима одновременная передача (или полнодуплексная передача) речи [3]. При подавлении акустического эха измеренный сигнал микрофона содержит два сигнала:

1. Речевой сигнал ближнего конца.
2. Речевой сигнал, отраженный эхом на дальнем конце.

Цель состоит в том, чтобы удалить отраженный речевой сигнал на дальнем конце из сигнала микрофона, чтобы передавать только речевой сигнал на ближнем конце.

- Процесс моделирования можно описать как:

- Входные сигналы, как на дальнем, так и на ближнем конце, моделировались и передавались в АЕС (acoustic echo canceler) [4], который выполнялся на ПК в среде MATLAB.

- Входные сигналы длительностью 30 секунд.

- Для всех сигналов в моделировании использовалась частота дискретизации 44 100 Гц.

- Построенные графики имеют оси X, обозначающие время, и оси Y, обозначающие амплитуду или величину сигнала.

2.1 Алгоритм подавления эха

//initialization

Накопленный сигнал ближнего конца = *E.mat*;

Накопленный сигнал на дальнем конце = *F.mat*;

Установить системную частоту дискретизации, $fs = 44100$ Гц;

Установите точку *fft*, $fp = [8192]$;

Использование фильтра импульсной характеристики помещения = *H*;

Сигнал ближнего конца нагрузки *E.mat* = *C*;

Сигнал нагрузки на дальнем конце *F.mat* с импульсной характеристикой помещения = *dhat*;

//processing

Добавление сигнала ближнего и дальнего конца (микрофона), $d = dhat + C + 0,001 * randn(length(C), 1)$;

Создайте адаптивный фильтр в частотной области, $hFDAF = adaptfilt.fdaf(2048, mu, 1, del, lam)$;

Установите значение *mu*, *del*, *lam*, *W0* и *D*;

Выход отфильтрованного сигнала, $[y, e] = filter(hFDAF, D, d)$;

Установите значение *mu* (размер шага) на 60% больше, чем раньше;

Дискретное преобразование Фурье исходного сигнала, $L1 = [fft(C, fp)]$;

Дискретное преобразование Фурье отраженного сигнала, $L2 = [fft(d, fp)]$;

Дискретное преобразование Фурье выходного сигнала эхокомпенсатора, $L3 = [fft(e, fp)]$;

Комплексное сопряжение исходного сигнала, $*L1 = conj(L1)$;

Комплексное сопряжение отраженного сигнала, $*L2 = conj(L2)$;

Комплексное сопряжение выходного сигнала эхокомпенсатора, $*L3 = conj(L3)$;

Анализ сравнения увеличения затухания отраженного эха

//output

//x сигнал метки

Частота графика = fs ;

//сигнал метки y

Участок Исходный сигнал = C ;

График эхо-сигнала (микрофона) = d ;

График выхода сигнала эхокомпенсатора = e ;

График Спектральная плотность мощности исходного сигнала, $P_{yy1} = [L1.*L1 / fp]$;

График Спектральная плотность мощности отраженного сигнала, $P_{yy2} = [L2.*L2 / fp]$;

График Спектральная плотность мощности выходного сигнала эхокомпенсатора, $P_{yy3} = [L3.*L3 / fp]$;

2.2 Блок-схема моделирования:

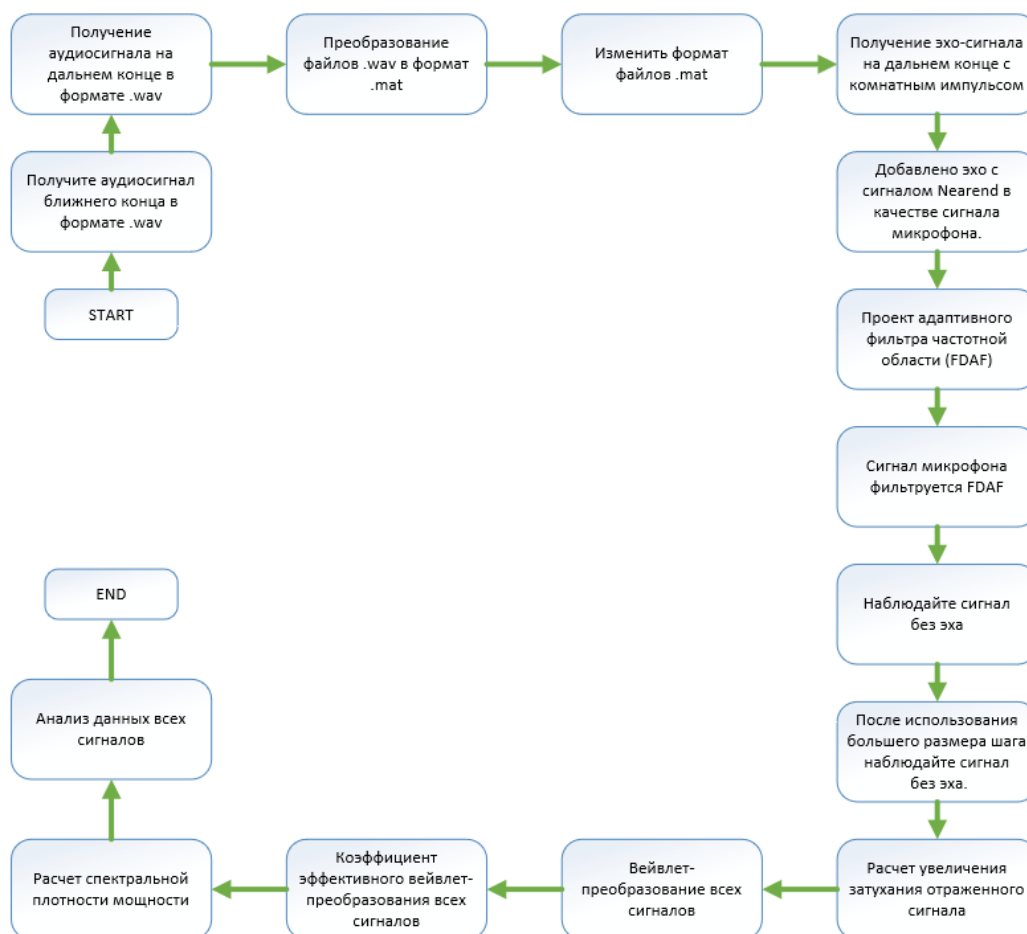


Рис. 1. Блок-схема подавления эха с использованием MATLAB.

Сигнал Ближний и Дальний конец берутся из физической среды, затем записываются в формате .wav, затем загружаются в MATLAB и конвертируются в файл .mat для анализа в MATLAB. Затем сигнал с эхом вводится в адаптивный фильтр частотной области (FDAF) [6] для удаления эха из сигнала микрофона. Основной сигнал (ближний конец), эхо-сигнал (дальний конец) и сигнал микрофона (ближний конец + дальний конец) показаны соответственно на рисунках 2, 3 и 4.

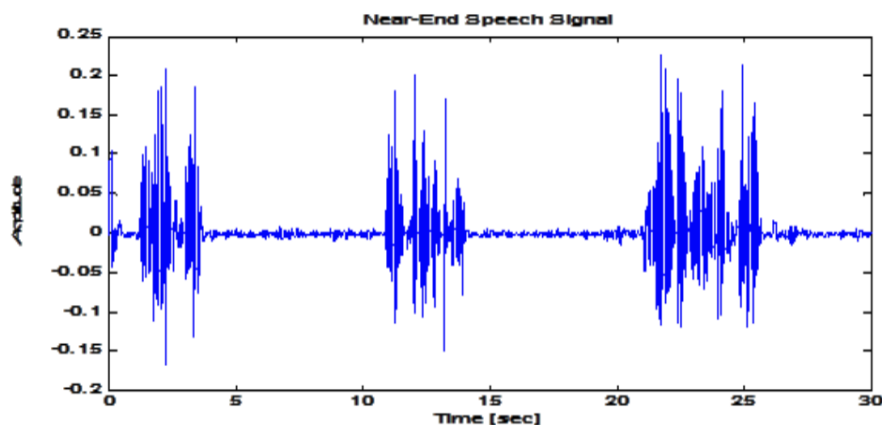


Рис. 2: Речевой сигнал на ближнем конце

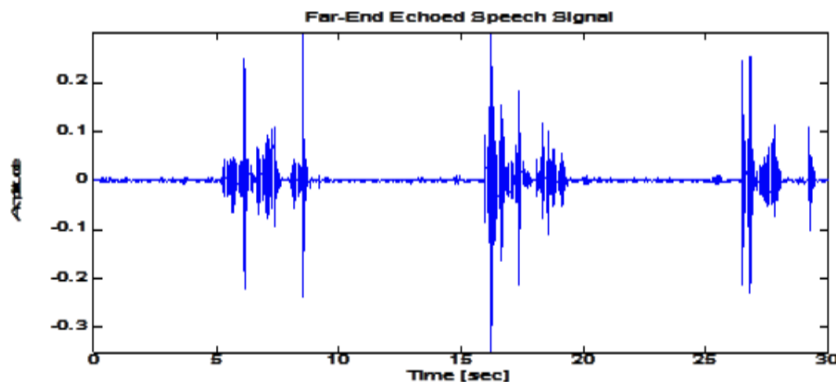


Рис. 3. Речевой сигнал на дальнем конце

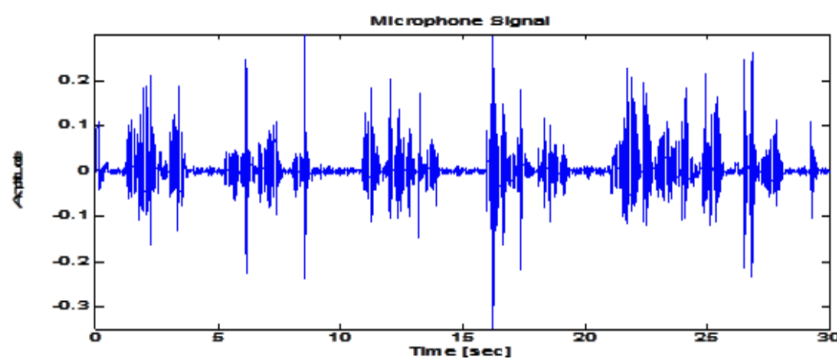


Рис.4: Сигнал микрофона с эхом

Теперь этот сигнал микрофона вводится в адаптивный фильтр, чтобы получить желаемый сигнал без эха, который может быть передан на конец приемника, содержащий только сигнал ближнего конца (речь отправителя). После фильтрации сигналов без эха, показанных на рисунке 5.

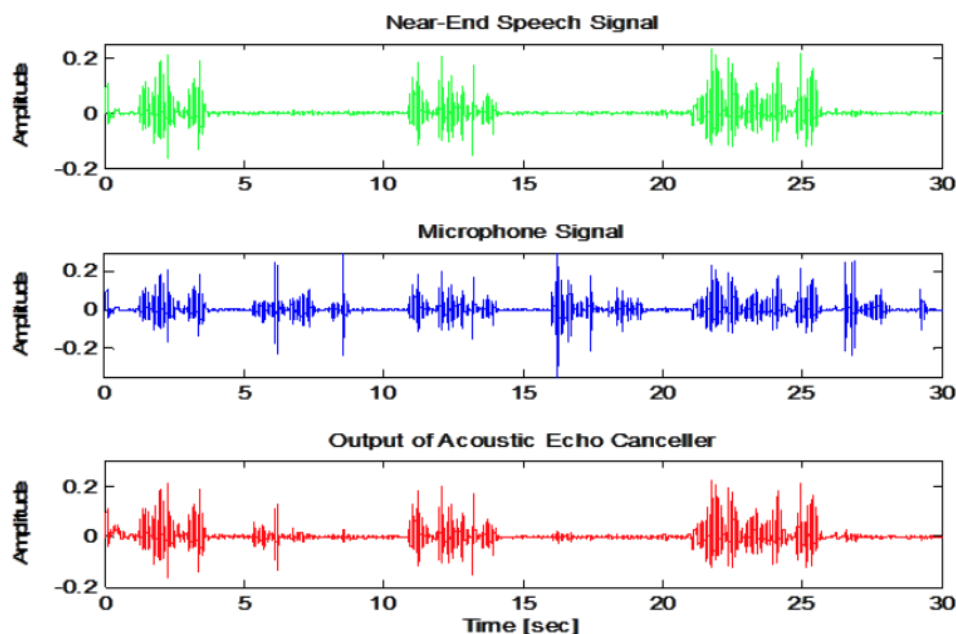


Рис. 5. Выходной сигнал адаптивного фильтра в частотной области.

Из приведенного выше рисунка ясно видно, что эхо удаляется из сигнала микрофона, а выходной сигнал похож на исходный сигнал. Для дополнительного анализа и предположения о том, насколько эхо удаляется, быстрое преобразование Фурье применяется как к исходному сигналу (ближний конец), эхо-сигналу (сигнал микрофона), так и к сигналу без эха, который обнаруживается после фильтрации адаптивным фильтром. Этот анализ выполняется с помощью инструментов MATLAB WAVELET.

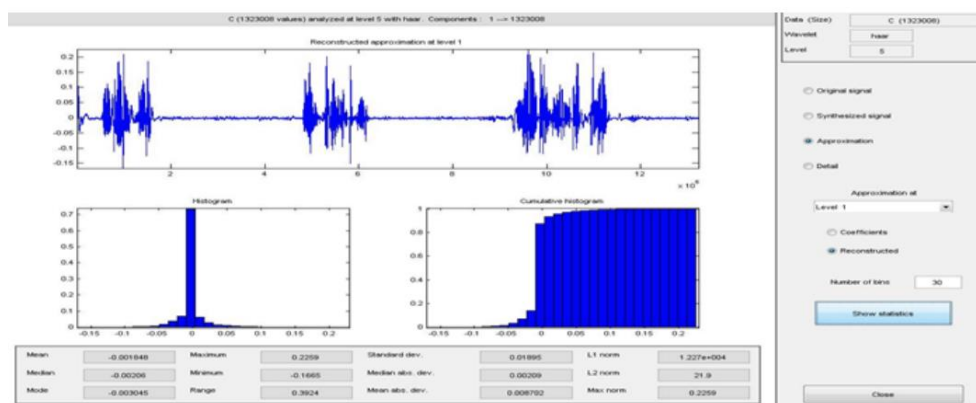


Рисунок 6: Вейвлет-преобразование исходного сигнала (ближний конец)

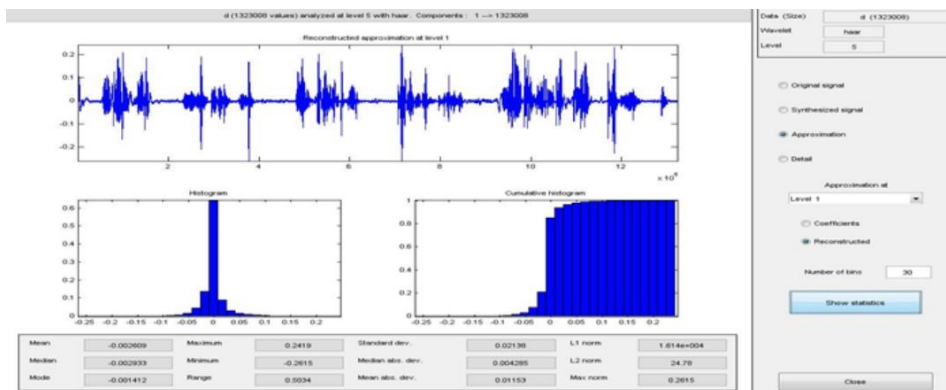


Рисунок 7: Вейвлет-преобразование эхо-сигнала (микрофона)

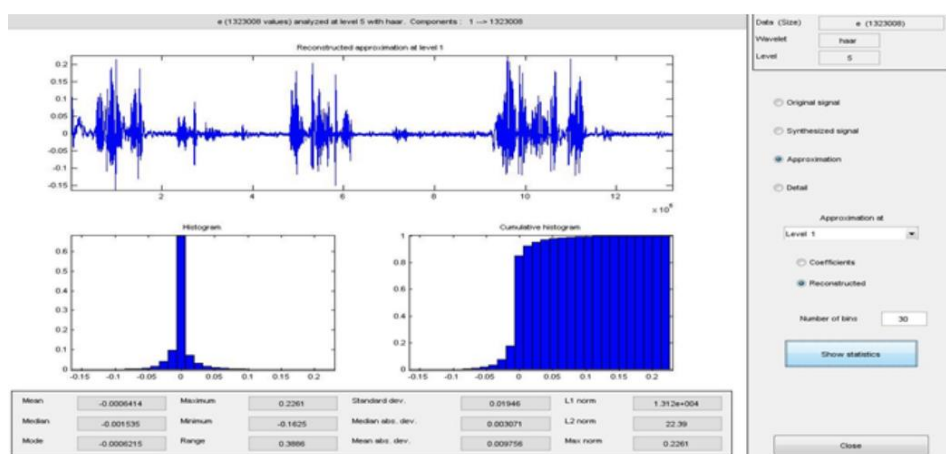


Рисунок 8: Вейвлет-преобразование выходного сигнала эхокомпенсатора

Таблица 1.

Статистические данные трех анализируемых сигналов

	Сигнал ближнего конца (Исходный сигнал)	Сигнал микрофона (эхосигнал)	Выход акустического эхоподавателя
значение	-0.001848	-0.002609	-0.0006414
медиана	-0.00206	-0.002933	-0.001535
режим	-0.003045	-0.001412	-0.0006215
максимум	0.2259	0.2419	0.2261
минимум	-0.1665	-0.2615	-0.1625
диапазон	0.3924	0.5034	0.3886
среднеквадратичное отклонение	0.01895	0.02138	0.01946
Средний абс. разв. (медиана)	0.00209	0.004285	0.003071
Средний абс. разв. (значение)	0.008702	0.01153	0.009756

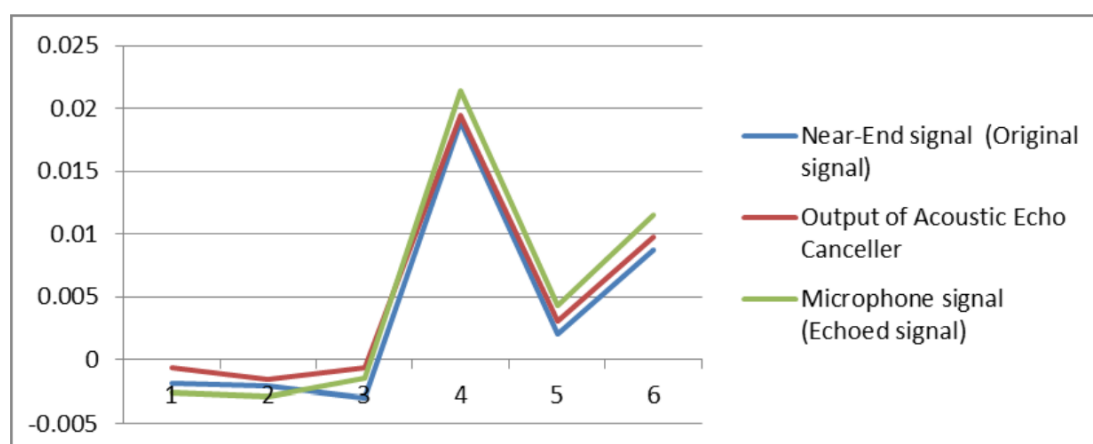


Рис. 9. Исходный, эхо-сигнал и сигнал эхокомпенсатора представлены линейным графиком

Наблюдалась разница между сигналом с эхом и сигналом без эха, и эхо удалялось из отраженного сигнала. Для лучшего анализа используются как вейвлет, так и вейвлет-преобразование коэффициентов. Для дальнейшего анализа значения из эксперимента извлекаются и, взяв значения, строятся таблица и графики, которые помогут доказать, что эхо-сигнал удален из сигнала. Статистические значения, такие как среднее значение, медиана, мода и стандартное отклонение, также анализируются. Из таблицы 1, используя значение стандартного отклонения как для исходного сигнала, так и для сигнала без эха, процент ошибки рассчитывается по статистическому уравнению.

Позволять,

A = стандартное отклонение исходного сигнала = $0,01895$.

B = стандартное отклонение сигнала без эха по фильтру = $0,01946$

Процент ошибки = $\{(AB)/A\} * 100 = 2,69\%$

Итак, установлено, что желаемый уровень успеха выходного сигнала составляет **97,31%**.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Поскольку мир сжимается в глобальную деревню из-за превосходных средств связи, телефоны, как обычные, так и телефоны с громкой связью, занимают видное место в решении потребностей людей в общении. Одной из основных проблем в телекоммуникационном приложении по телефонной системе является эхо. Алгоритм подавления эха, представленный в этой статье, успешно попытался найти программное решение проблемы эха в телекоммуникационной среде. Эксперимент был полностью программным

подходом без использования каких-либо аппаратных компонентов DSP. Алгоритм мог работать на любом ПК с установленным программным обеспечением MATLAB. Этот метод быстрее и дает почти идеальные результаты для подавления акустических эхо-сигналов без ограничения опорных речевых сигналов. Звук выходных речевых сигналов был убедительным и удовлетворительным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

- [1] M.Z.Zuparov, T.G.Raximov, B.N.Raximov. “Elektroakustika asoslari” O‘quv qo‘llanma. Toshkent 2018 .53-b.
- [2] Raximov B.N., Berdiyev A.A., Xudayberganov J.D. “Telekommunikatsiya tizimlarida akustik aks-sado shovqinlarini bartaraf qilishda zamonaviy usullarining qiyosiy tahlili”. Muhammad al-Xorazmiy avlodlari 1(23)/2023 Ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. 80-84 b.
- [3] Zuparov M. Zalda tovush kuchaytirish tizimining akustik hisobi, // Televideniye, radioaloqa, radioeshittirish va telekommunikatsiya kunduzgi va sirtqi ta’lim yo‘nalishlarida kurs loyihasi va bitiruv malakaviy ishlar ustida ishlayotgan talabalar uchun uslubiy qo‘llanma, 700084 Toshkent: TATU, 2004.
- [4] Solin, P.; Segeth, K.; Dolezel, I. Higher-Order Finite Element Methods; Chapman and Hall/CRC: Boca Raton, FL, USA, 2004.
- [5] Bathe, K.J. Finite Element Procedures, 2nd ed.; Klaus-Jurgen Bathe: Belmont, MA, USA, 2014; Chapter 5.
- [6] Line probing in VOIP networks to find performance limit of echo canceller by Jerker Taudien, 2007.