

# МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СНИЖЕНИЯ РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ КОНСТРУКЦИЯМИ ДЛЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

УДК 534.833.522.4, 534.8.081.7

О.Б. Зельманский, И.С. Худолей, А.М. Прудник, Л.М. Лыньков, С.Н. Петров

*Проведен краткий обзор существующих методов и средств измерения разборчивости речи. Рассмотрены разработанные авторами экспериментальная установка и методика экспресс-оценки с ее помощью степени снижения разборчивости речи, звукоизолирующих и звукопоглощающих свойств акустических конструкций. Приведены сравнительная характеристика материалов, снижающих разборчивость речи, а также полученные в результате измерений на экспериментальной установке зависимости ослабления воздушного шума от частоты исследуемыми образцами.*

*The short survey of speech discrimination means and methods is presented. The methodology and the experimental unit for estimating speech discrimination reducing and sound proofing are discussed. Comparison of speech discrimination and soundproof characteristics of different materials obtained using the experimental unit is described.*

## Введение

Сфера военных технологий всегда вызывала повышенный интерес со стороны злоумышленников, так как она во многом определяет безопасность и авторитет государства на международной арене. Одними из наиболее часто используемых нарушителями каналов утечки информации являются акустические.

При обеспечении защиты информации от утечки по акустическим каналам большое значение уделяется снижению степени разборчивости речи.

Разборчивость речи представляет собой интегральную оценку речевого сигнала и определяется как степень, с которой речь может быть понята (расшифрована) слушателями. Таким образом, это величина, характеризующая понимание слушателями смысла фраз, способность идентифицировать слова, слоги и фонемы. В соответствии с этим выделяют различные виды разборчивости: фразовую, словесную, фонемную и слоговую, которые связаны друг с другом и могут быть пересчитаны одна в другую. Среди многочисленных факторов, влияющих на разборчивость речи, прежде всего можно выделить следующие: наличие посторонних акустических сигналов, процесс реверберации, параметры тракта звукоусиления.

Для определения разборчивости речи на практике используются различные экспертные методы и стандарты: ГОСТ 25902–83, ГОСТ 51061–97, международные стандарты ISO/TR4870, IEC 268–16, американский стандарт ANSI S3.2–1989 и другие. Для комплексной оценки качества речи, передаваемой по трактам связи, используется ГОСТ Р 50840–95, распространяющийся на тракты проводной телефонной и радиосвязи, в которых используется аналоговый речевой сигнал, а также на устройства, содержащие преобразователи аналогового речевого сигнала в цифровую форму [1].

К экспертным методам определения разборчивости речи можно отнести следующие: по эквиваленту затухания, таблицам выбора, артикуляционным таблицам [2].

Метод по эквиваленту затухания заключается в измерении зависимости звуковой разборчивости от затухания для испытуемого и эталонного трактов. Недостатком такого подхода является необходимость наличия эталонного тракта, а также то, что применение данного метода ограничивается присутствием в тракте усилителя.

Измерение разборчивости по таблицам выбора состоит в измерении числа ошибок при передаче по испытуемому тракту отдельных слов из группы фонетически сходных слов. К достоинствам метода можно отнести невысокие требования к тренированности операторов и небольшую длительность измерений.

Метод с использованием артикуляционных таблиц представляет собой измерение относительного числа правильно переданных слов, слогов и звуков через испытуемый тракт.

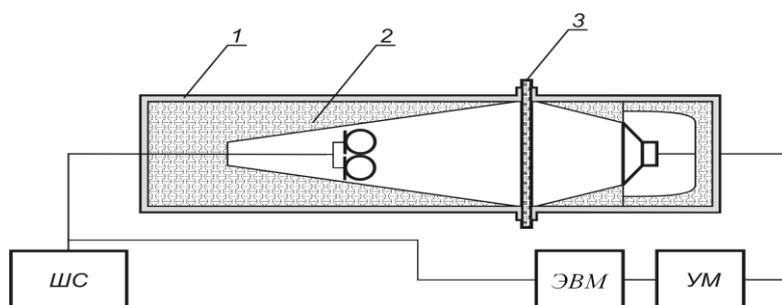
Объективные методы, которые позволяют получить быстрые и автоматизированные оценки, хорошо совпадающие с субъективными экспертизами, пока еще разработаны недостаточно, несмотря на то, что работа ведется уже на протяжении многих лет.

Таким образом, на сегодняшний день существует методика оценки качества и разборчивости речи [1], однако она не предусматривает возможность оценки степени снижения разборчивости речи конструкциями, применяемыми для защиты акустической информации. Что является весьма актуальным, поскольку статистка хищений информации свидетельствует о том, что большую опасность представляет утечка именно акустической информации. В связи с вышеизложенным авторами статьи разработана методика исследования параметров снижения разборчивости речи и ослабления воздушного шума различными материалами и конструкциями, разработан и проведен натурный эксперимент для ее апробации. Целью настоящей статьи является описание названной методики, а также изложение полученных в ходе эксперимента результатов.

### Экспериментальная часть

При проведении эксперимента использовались образцы, подобранные так, чтобы в наибольшей степени отобразить основные особенности снижения разборчивости речи по отношению к ослаблению воздушного шума. Подготовленные образцы были помещены в экспериментальную установку, схематическое изображение которой представлено на рисунке 1. Для каждого образца было проведено пять измерений (достоверность результатов в этом случае составила 0,95 [3]).

Экспериментальная установка, предназначенная для измерения степени звукоизоляции плоских образцов, а также степени снижения разборчивости речи, изготовлена из двух частей металлической трубы с толщиной стенок 6 мм (внутренний диаметр – 0,26 м, длина частей – 0,8 и 0,4 м). Каждая из частей заварена наглухо с внешних торцов, а с внутренних – наварены круговые фланцы с резиновыми прокладками для фиксации образцов.



1 – металлическая труба; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – исследуемый образец; ШС – шумомер-спектроанализатор МАНОМ-4; УМ – усилитель мощности; ЭВМ – электронно-вычислительная машина

Рисунок 1 – Схематическое изображение экспериментальной установки

Внутренние поверхности обеих частей трубы облицованы звукопоглощающим материалом на основе стеклянной ваты, имеющим вид конуса, расширяющегося в направлении открытой части, для уменьшения диффузной составляющей звукового поля. Обе части трубы закреплены на металлической станине, одна – стационарно на виброизолирующих прокладках из резины, а другая передвигается с помощью червячной передачи. В неподвижной части трубы установлено два микрофона марки М-101 с микрофонным предусилителем ВПМ-101. Для уменьшения воздействия вибрации трубы на микрофоны последние подвешены на резиновой нити. В подвижной части трубы установлен двухдиффузорный динамик Pioneer TS-G1709 номинальным сопротивлением 4 Ом, пиковой/номинальной мощностью 170/35 Вт и чувствительностью 90 дБ.

Сигнал «белого шума», сформированный ЭВМ, проходил через усилитель мощности LV-103 и воспроизводился двухдиффузорным динамиком. Регистрация сигнала осуществлялась шумомером-спектроанализатором МАНОМ-4 и ЭВМ. Измерения проводились в частотном диапазоне от 200 до 8 000 Гц.

При оценке звукоизоляции образцов весь диапазон измерений делился на третьоктавные полосы со среднегеометрическими частотами 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000, 6 300, 8 000 Гц. Звукоизоляция определялась как разность уровней звукового давления при прохождении звука через исследуемый образец материала и в его отсутствие.

При измерении степени снижения разборчивости речи применялся артикуляционный метод по таблицам неполных слогов. Методика проведения данных измерений содержится в [1]. Речевой сигнал подавался с ЭВМ и воспроизводился двухдиффузорным динамиком. Далее сигнал, прошедший через образец, записывался на ЭВМ и анализировался группой auditors из пяти человек.

### Результаты и обсуждение

В ходе проведенной серии экспериментов были осуществлены измерения снижения степени разборчивости речи и звукового давления различными по своим свойствам конструкциями и материалами. Описание материалов и результатов снижения ими степени разборчивости речи и ослабления воздушного шума приведены в таблице 1 и на рисунке 2 соответственно.

Таблица 1 – Результаты снижения степени разборчивости речи

Название материалов	Толщина конструкции, мм	Средняя слоговая разборчивость, %
Слоистая панель на основе минеральной ваты	20	86
Пенополистирол	22	82
Картон	3	80
Стекломагнезит	4	54
Слоистая панель на основе минеральной ваты и стекломагнезит	24	52
Один слой минеральной ваты и стекломагнезит	34	50
Два слоя минеральной ваты и стекломагнезит	64	50
Стекломагнезит и один слой минеральной ваты	34	43
Стекломагнезит и два слоя минеральной ваты	64	42
Стекломагнезит и слоистая панель на основе минеральной ваты	24	36

Анализ данных таблицы 1 позволил сделать вывод о том, что наибольшее снижение степени разборчивости речи обеспечивается конструкциями на основе стекломагнезита и минеральной ваты. При этом толщина слоя минеральной ваты на результаты эксперимента значительного влияния не оказывает. Также следует отметить, что величина степени снижения разборчивости речи образцами из нескольких элементов не равна сумме величин снижения степени разборчивости речи каждым из этих элементов в отдельности. Кроме того, важным фактором является взаимное расположение элементов образца по отношению к источнику речевого сигнала. Так, в случае использования образца на основе стекломагнезита и слоистой панели из минеральной ваты средняя слоговая разборчивость составляет 52 % для варианта минеральная вата – стекломагнезит и 36 % для варианта стекломагнезит – минеральная вата.

Анализ данных на рисунке 2 показывает, что наибольший показатель ослабления воздушного шума также достигается применением образцов на основе стекломагнезита и минеральной ваты, причем в этом случае толщина слоя минеральной ваты имеет значение. Тем не

менее, полученные результаты показывают, что пенополистирол, обладающий толщиной в семь раз большей толщины картона и более высокими относительно картона звукоизолирующими свойствами, характеризуется меньшей степенью снижения разборчивости речи.

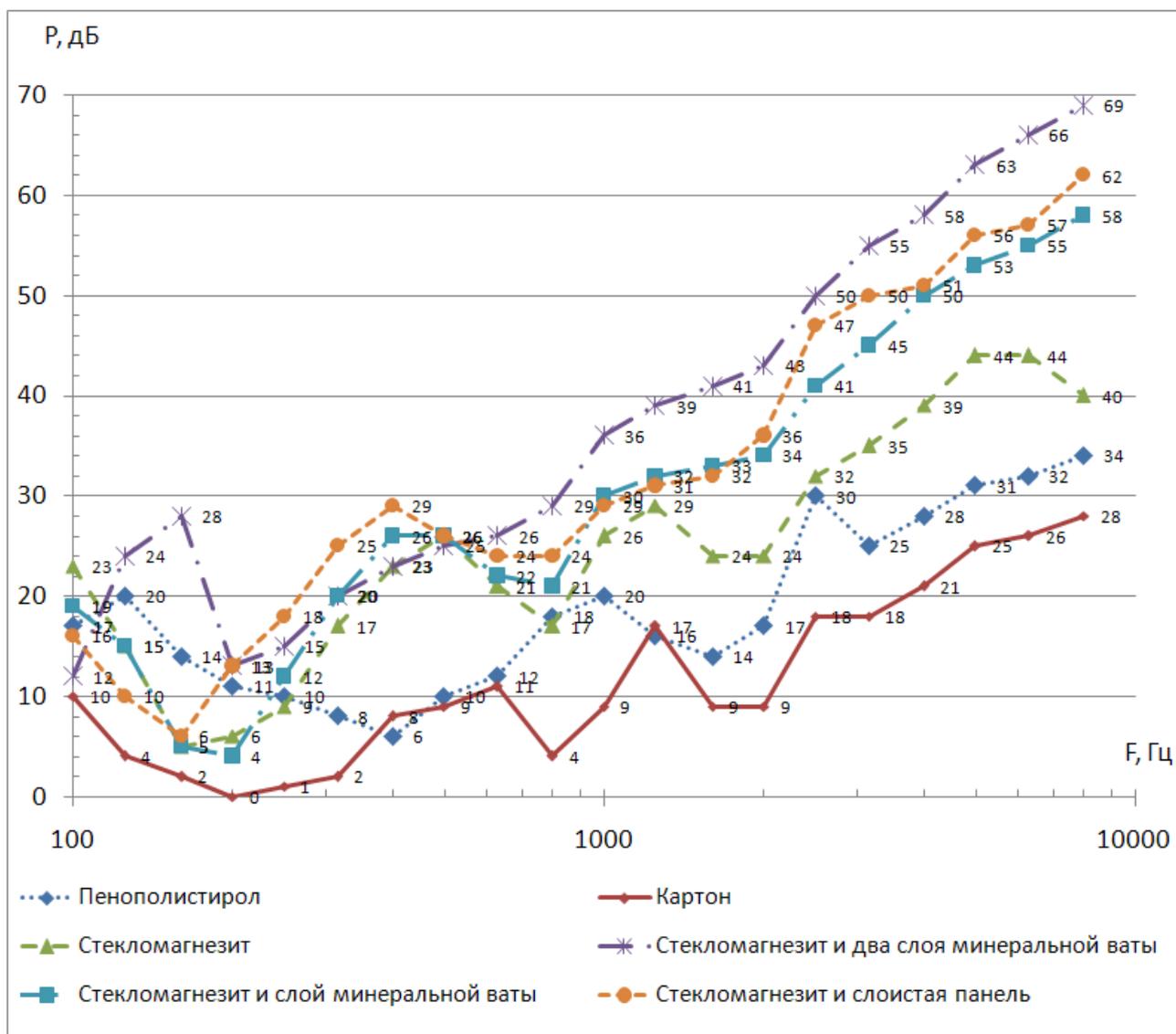


Рисунок 2 – Полученные в результате измерений на экспериментальной установке зависимости ослабления воздушного шума от частоты исследуемыми образцами

На рисунке 3 приведены зависимости ослабления воздушного шума от частоты исследуемыми образцами с различным взаимным расположением материалов, которые свидетельствуют о том, что величина ослабления шума конструкциями не зависит от взаимного расположения материалов в этих конструкциях.

### Заключение

Создана экспериментальная установка, предназначенная для измерения звукоизоляции и степени снижения разборчивости речи. Установка обладает малыми массогабаритными характеристиками. Алгоритм вычисления значения изоляции воздушного шума исследуемым образцом прост и обеспечивает приемлемую точность, а алгоритм расчета снижения степени разборчивости речи отвечает требованиям ГОСТ Р 50840–95. Получаемые экспериментальные данные позволяют за малое время произвести оценку возможности снижения разборчивости речи образцами и применить их для защиты помещений и подвижных конструкций от возможности утечки информации по акустическим каналам.

В результате экспериментальных исследований установлено следующее:  
 звукоизолирующие свойства конструкции не равны сумме свойств ее элементов;  
 различное взаимное расположение материалов относительно источника речевого сигнала не оказывает существенного влияния на ослабление воздушного шума, однако в то же время играет важную роль в случае снижения степени разборчивости речи. Следовательно, для разработки конструкций, снижающих степень разборчивости речи, необходимо учитывать не только звукоизолирующие свойства материалов, но и их взаимное расположение;  
 существуют материалы, характеризующиеся невысокими звукоизолирующими свойствами, но способные при этом значительно снижать разборчивость проходящей через них речи.

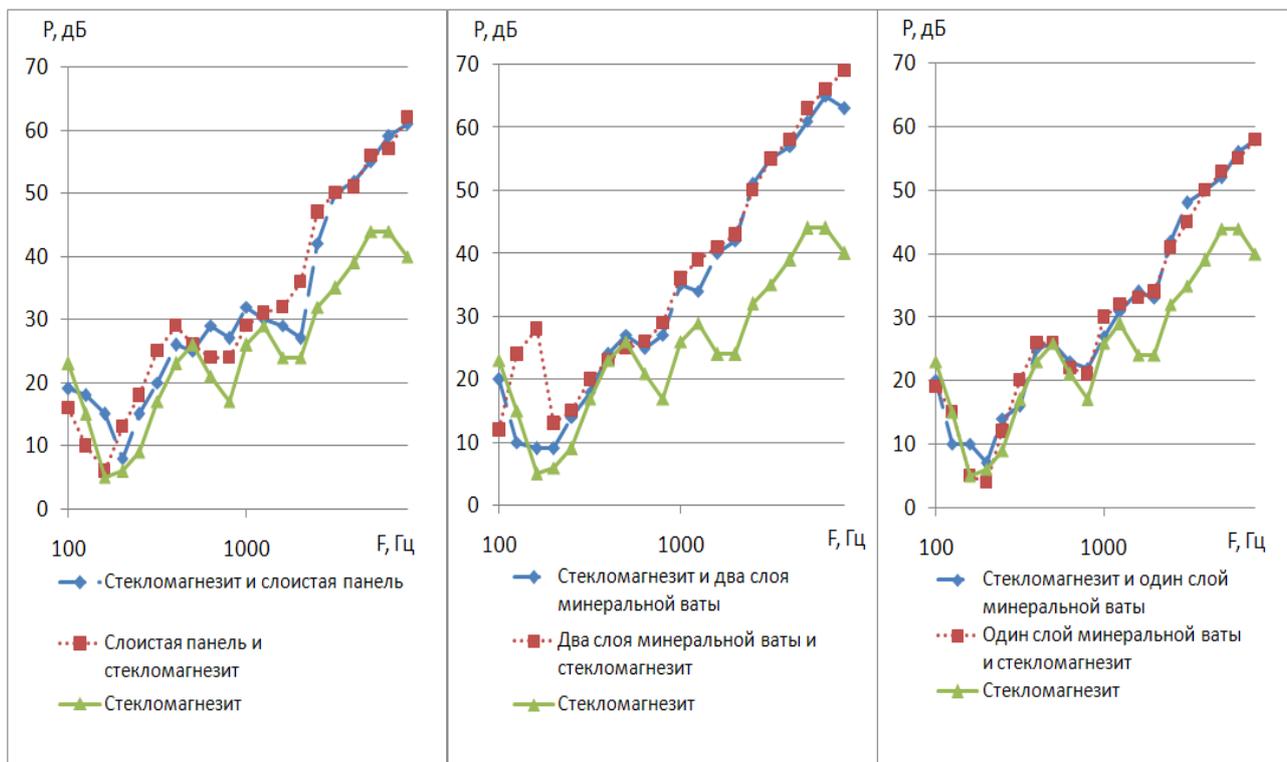


Рисунок 3 – Зависимости ослабления воздушного шума от частоты исследуемыми образцами с различным взаимным расположением материалов

Следующим этапом научных исследований авторов настоящей статьи являются детальный анализ полученных результатов и разработка предложений по использованию рассмотренной методики и созданной экспериментальной установки на практике.

### Литература

- ГОСТ Р 50840–95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости.
- Михайлов В. Г., Златоустова Л. В. Измерение параметров речи. – М.: Радио и связь, 1987. – 168 с.
- Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1968. – 356 с.
- Зельманский О. Б., Петров С. Н. Перспективность исследования материалов на способность снижать разборчивость проходящей через них речи / ВГКС. – Минск, 2009. – С. 176.