

Чепурнов Илья Александрович

канд. техн. наук, доцент, профессор

Захаров Денис Александрович

преподаватель

Шаповалов Иван Олегович

студент

ФГБОУ ВО «Московский государственный
технический университет им. Н.Э. Баумана»

г. Москва

DOI 10.31483/r-110694

ИМИТАЦИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРАХ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ СЛОЖНЫХ ВОЕННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

***Аннотация:** в статье обоснована актуальность имитации акустической обстановки в компьютерных тренажерах для подготовки операторов сложных военно-технических систем. Рассмотрены особенности слухового анализатора человека и основные виды акустических шумов, характерных для рабочей среды оператора сложных военно-технических систем. Описана структура системы имитации акустических шумов в компьютерных тренажерах.*

***Ключевые слова:** компьютерные тренажеры, оператор, сложная военно-техническая система, имитация, акустические шумы, слуховой анализатор, моделирование, звук.*

Технические системы, включающие большое количество взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, обеспечивающих выполнение сложных боевых задач, относят к сложным военно-техническим системам (СВТС). СВТС присущи такие свойства, как: иерархичность, эмерджентность, целостность, интерэктность и целенаправленность [1]. Примерами СВТС могут служить: ракетно-ядерные системы, состоящие из ракетных комплексов и

средств управления и обеспечения системы вооружения противовоздушной обороны, включающие в свой состав радиолокационные станции и зенитные ракетные комплексы, авиационные комплексы и т. п.

В настоящее время стремительное развитие информационных технологий требует активного внедрения в сферу образования компьютерных тренажеров, позволяющих с высокой степенью достоверности воспроизводить различные аспекты операторской деятельности. Подготовка операторов СВТС с использованием тренажерных средств является важнейшим этапом перевода соответствующих профессиональных знаний на уровень умений и навыков [2–3].

Современные компьютерные тренажеры СВТС должны обеспечивать требуемое пространственное и временное соответствие образцу имитируемых шумовых воздействий на оператора. Влияние акустических шумов в рабочей среде оператора СВТС, в одних ситуациях повышает эффективность его работы, в других случаях оказывает негативное дестабилизирующее влияние, затрудняя эффективное выполнение решаемых оператором задач.

Акустические шумы в рабочей среде оператора СВТС можно разделить на следующие виды:

- непрерывный шум (постоянный гул, вызванный работающим оборудованием, двигателями, системами вентиляции);
- прерывистый шум, амплитуда которого попеременно то возрастает, то убывает;
- импульсный шум, представляющий собой серию коротких звуковых импульсов.

При моделировании акустической обстановки в тренажерах СВТС следует принимать во внимание характеристики слухового анализатора человека.

Анализаторы человека-оператора СВТС, представляют собой сложные высокосоввершенные системы, во многом не превзойденные в искусственном мире. Они состоят из множества рецепторов (сенсоров), проводящих нервных путей и центров в коре полушарий головного мозга.

Слуховой анализатор нередко является одним из основных основным источником информации для оператора СВТС о большей части событий, происходящих во внешней среде. Если, например, зрительный анализатор воспринимает только те события, которые происходят в поле зрения оператора, то слуховой позволяет фиксировать все события в пространстве, сопровождающиеся звуковыми эффектами, и направление, в котором расположен их источник. Слуховой анализатор человека осуществляет прием и анализ акустических колебаний, формируя в сознании человека ощущения звука. Слуховой аппарат человека имеет высокую разрешающую способность по частоте, широкий диапазон по интенсивности звука и пеленгационные свойства, позволяющие определять направление на источник звука.

Известно, что точность звуковой пеленгации (среднее квадратическое отклонение) в горизонтальной плоскости достигает 2° . Интенсивность (порог слышимости) абсолютного порога слухового анализатора зависит от частоты звука (рис. 1) [4].

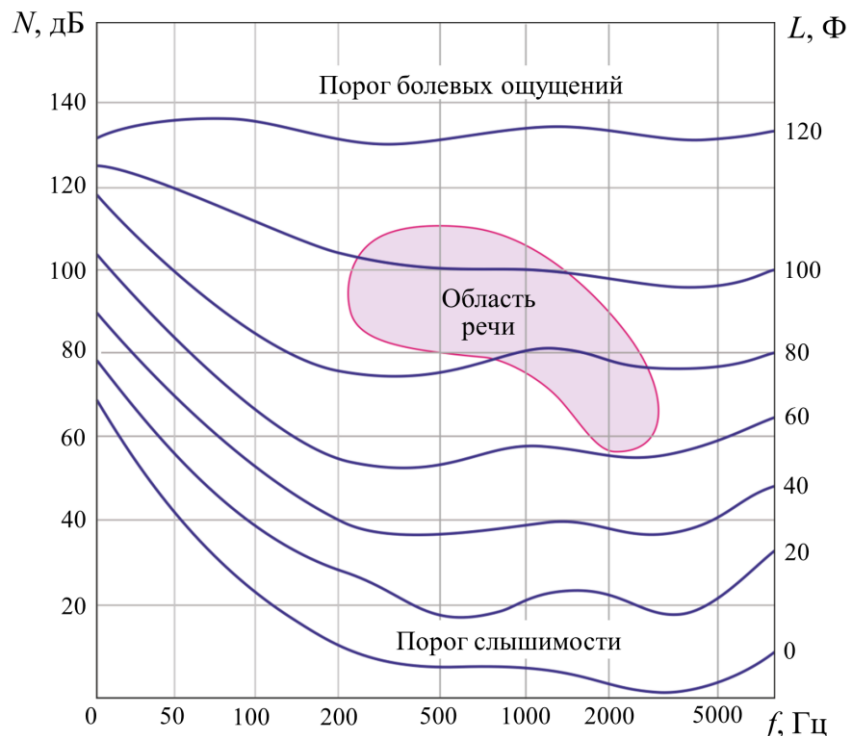


Рис. 1. Линии равной громкости

На рис. 1 по оси абсцисс в логарифмическом масштабе отложена частота звука f в Гц, а по оси ординат слева – сила звука N в дБ. Сила звука равна:

$$N = 10 \lg (J/J_0),$$

где $J_0 = 10^{-16}$ Вт/см² – абсолютный (минимальный) порог слышимости при $f = 1 \dots 3$ кГц. Такой же порядок ($7 \cdot 10^{-17}$ Вт) имеет мощность термодинамического шума вибратора с полосой пропускания 20 кГц при температуре 300 К. Это подтверждает приведенное выше утверждение об абсолютном пороге слухового анализатора.

Наряду с объективной мерой звукового воздействия, также применяется субъективная мера ощущения звука – громкость звука L , выраженная в единицах ощущения – фонах (Ф). Шкала линий равной громкости представлена на рис. 1 по оси ординат справа.

Вследствие основного психофизиологического закона Вебера-Фехнера, ощущение приблизительно пропорционально логарифму интенсивности, поэтому в области наилучшего восприятия звука линии равной громкости почти параллельны оси абсцисс и распределены равномерно. Однако в областях низких и высоких частот эти линии круто поднимаются вверх.

Воздействие на слуховой анализатор человека-оператора звуковых сигналов с разными частотами вызывает снижение восприятия (маскировку) полезного сигнала. Наибольший эффект маскировки полезных сигналов оказывает белый шум, спектральные составляющие которого равномерно распределены по всему диапазону частот.

Для имитации акустических шумов в тренажерах СВТС, широкое применение находят генераторы звука, коммутационная, микширующая, звукоусилительная аппаратура, различные акустические системы. В качестве генераторов звука может использоваться как звуковоспроизводящая аппаратура, так и электронные синтезаторы звука [5].

На рис. 2 представлен один из вариантов структуры системы имитации акустических шумов. Формирование акустической обстановки осуществляется в соответствии с моделируемой ситуацией.

Погрешность соответствия уровней моделируемого звукового давления реальным должна составлять не более ± 3 дБ. Инструктору должна быть предо-

ставлена возможность оперативного уменьшения общего уровня звукового давления вплоть до отключения.



Рис. 2. Структура системы имитации акустических шумов

Воспроизведение моделируемых звуковых событий может быть реализовано двумя способами:

- 1) формирование общего звукового поля с помощью современных интегрированных многоканальных акустических систем;
- 2) применение сетевых имитаторов локального звука, которые можно рассматривать как выходные устройства соответствующих моделей, имитирующих отдельные источники шума.

Выбор того или иного способа имитации акустических шумов в конечном счете определяется количеством источников звука, требований к точности локализации звуковых эффектов и требований к полноте и качеству воспроизведения акустической обстановки в тренажере.

Таким образом, имитация акустических шумов в рабочей среде оператора в компьютерных тренажерах СВТС позволяет существенно повысить уровень адекватности моделируемых на тренажерных средствах ситуаций.

Список литературы

1. Афонин В.П. Основные вопросы эксплуатации сложных военно-технических систем / В.П. Афонин, В.Д. Быстрыков, В.В. Истомин. – М.: ГУЗ, 2013. – 220 с.

2. Чепурнов И.А. Роль и место тренажерных средств при подготовке операторов сложных технических систем / И.А. Чепурнов, Д.А. Захаров, А.Е. Закрытый // Технопарк универсальных педагогических компетенций: материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары: Среда, 2023. – С. 229–234. DOI 10.31483/r-109338. EDN RJHSGG

3. Чепурнов И.А. Показатели качества тренажерных средств для подготовки операторов сложных военно-технических систем / И.А. Чепурнов, В.А. Потапов, Д.А. Захаров // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции. – М: АЛЕФ, 2023. – С. 173–176. DOI 10.34755/IROK.2023.13.95.046. EDN CWMOZR

4. Красовский А.А. Основы теории авиационных тренажеров / А.А. Красовский. – М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.

5. Шукшунов В.Е. Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разработка и опыт эксплуатации / В.Е. Шукшунов. – М.: Машиностроение, 2005. – 383 с. EDN QNSRBT