

УДК 004.5

URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/sacip/1063.html>

ОПИСАНИЕ ВАРИАНТОВ РЕАЛИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЗВУКОВОГО ОКРУЖЕНИЯ

И.Е. Карпов

karpovie@student.bmstu.ru

А.А. Москалик

moskalikaa1@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Описан процесс разработки устройства, которое соединяет компьютерные технологии с сенсорными системами для визуальной интерпретации звукового окружения. Цель исследования — создание интуитивного интерфейса, который поможет пользователям, имеющим нарушения слуха, воспринимать звуковую информацию через визуальные сигналы. Применение таких технологий поможет значительно улучшить качество жизни людей с ограниченными возможностями.

Ключевые слова: визуализация звука, технологии для людей с нарушениями слуха, потеря слуха, доступная среда, инклюзия, преобразование звука в визуальные образы, технологии дополненной реальности

Введение. Потеря слуха является одной из наиболее распространенных форм инвалидности в мире и затрагивает миллионы людей всех возрастов [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), к 2050 г. более 900 миллионов человек, или один из десяти жителей планеты, будут иметь значительные проблемы со слухом. Эта проблема не только затрагивает индивидуальную жизнь людей, но и создает серьезные социальные и экономические последствия для общества в целом [2].

В настоящее время преобладающей и широкодоступной платформой для предоставления технической поддержки и функций, связанных с внедрением и использованием технологии дополненной реальности, являются смартфоны. Согласно текущей статистике, по состоянию на 2022 г. владельцы смартфонов использовали около 6,5 миллиардов подписок на смартфоны (примерно 68 % населения мира), включая случаи, когда пользователь приобретал более одного смартфона. Ожидается, что к 2028 г. этот показатель вырастет почти до восьми миллиардов [3]. Это связано с возросшей доступностью и низкой стоимостью смартфонов, а также с их универсальностью и широким спектром функций. Как упоминалось ранее, помимо обмена информацией и общения этот незаменимый атрибут обладает достаточными возможностями для интеграции с дополненной реальностью (augmented reality — AR).

Согласно мировой статистике, к 2023 г. количество потенциальных пользователей мобильных устройств с дополненной реальностью достигнет 1,4 миллиарда. Ожидается, что рост рынка охватит как корпоративный, так и потребительский секторы, включая цифровые возможности дополненной реальности [4]. Примечательно, что доступность смартфонов и встроенные в них возможности дополненной реальности создают идеальный симбиоз, позволяя людям с нарушениями слуха взаимодействовать с окружающей средой на более высоком уровне [5].

По оценкам ВОЗ, более 5 % населения Земли, или около 430 миллионов человек, нуждаются в реабилитационных услугах из-за потери слуха. Потеря слуха может проявляться в полной глухоте или частичной тугоухости. Одно из направлений инноваций — использование дополненной реальности для разработки устройств и приложений, помогающих людям с нарушениями слуха лучше воспринимать информацию и интерпретировать окружающие звуки [6]. Технологии AR могут интегрировать визуальные подсказки, субтитры и переводы в реальном времени, что повысит доступность коммуникации в различных средах, таких как публичные объявления и образовательные мероприятия [7].

В существующих системах визуализации звука используются разнообразные методы и технологии [8].

1. Осциллографы отображают звуковые волны в виде графиков, показывая изменение амплитуды во времени. Этот метод отличается высокой точностью и детализацией, но ограничен в отображении частотных спектров и требует специальных знаний для интерпретации данных [9].

2. Спектральные анализаторы представляют звук в виде частотного спектра. Преимущества этого метода включают возможность анализа частотного состава звука, что необходимо в профессиональном музыкальном производстве. Однако сложность интерпретации и требования к мощности оборудования для реализации в реальном времени ограничивают практическое применение этого метода.

3. Визуализаторы звука (программное обеспечение) преобразуют звук в анимацию, графику и другие визуальные формы. Эти системы отличаются удобством использования и доступностью, но качество визуализации может зависеть от характеристик исходного аудиосигнала, и для обработки данных требуется достаточная вычислительная мощность компьютера.

4. Аудиовизуальные инсталляции представляют собой комплексные проекты, объединяющие звук и визуальные элементы в интерактивный опыт. Такие инсталляции обеспечивают глубокое погружение в искусство, но отличаются высокой стоимостью и сложностью реализации.

5. Синестезия через технологии предполагает использование технологий для создания синестетического опыта, при котором звук вызывает визуальные образы. Такой подход обеспечивает уникальный и креативный опыт, но может быть сложным в реализации и не всегда воспринимается конечным пользователем.

Итоги сравнения различных устройств для зрительной интерпретации звукового окружения представлены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнение устройств для зрительной интерпретации

Устройство (подход)	Точность	Реальное время	Доступность	Интерактивность	Сложность реализации
Осциллографы	Высокая	Да	Низкая	Нет	Высокая
Спектральные анализаторы	Высокая	Частично	Средняя	Нет	Средняя
Программные визуализаторы	Средняя	Да	Высокая	Да	Низкая
Аудиовизуальные инсталляции	Низкая	Зависит от системы	Низкая	Да	Высокая
Синестезия	Низкая	Зависит от системы	Низкая	Да	Высокая

Видно, что осциллографы и спектральные анализаторы обеспечивают высокую точность визуализации, но требуют более сложной реализации, в то время как программные визуализаторы отличаются более простым исполнением и доступностью. Аудиовизуальные инсталляции и синестезия, хотя и обеспечивают интерактивность, обладают более низкой точностью и зависят от конкретной системы.

Таким образом, выбор подхода к визуализации звука зависит от конкретных целей и требований. Для достижения максимальной точности и удобства использования необходимо учитывать компромиссы между качеством визуализации и сложностью реализации.

Существуют специальные программы, которые преобразуют звуковую информацию в визуальные образы, делая ее доступной для восприятия людьми с нарушениями слуха:

– Audacity: бесплатная программа, известная своими возможностями записи и обработки звука, а также инструментами визуализации. Audacity позволяет просматривать спектрограммы и осциллограммы, что помогает анализировать звук и изучать его характеристики;

– SoundForge: профессиональная программа для обработки звука, которая также включает в себя широкий набор инструментов для визуализации звука. SoundForge предоставляет более продвинутые возможности по анализу и визуализации звука по сравнению с Audacity, но является платной программой;

– GoldWave: еще одна популярная программа для обработки звука с возможностями визуализации. GoldWave предлагает разнообразные инструменты для визуализации, включая спектрограммы, осциллограммы, 3D-визуализацию и другие инструменты для анализа звука.

Существуют также специальные устройства, преобразующие звук в визуальные или тактильные сигналы:

– VibraAlert: преобразует звук в вибрацию, которую пользователь может ощущать на своем теле. VibraAlert подключается к компьютеру и позволяет ощущать звуки звонка, будильника, музыки и другие звуковые сигналы;

– Sonic Boom: преобразует звук в световые сигналы, которые освещают комнату в соответствии с интенсивностью звука. Sonic Boom подключается к компьютеру и может использоваться для визуализации звука в комнате, где находится пользователь;

– Noisy Visualizer: преобразует звук в визуальные образы, которые отображаются на экране компьютера. Noisy Visualizer предлагает разнообразные визуальные эффекты, включая динамические фигуры, цвета и узоры.

Результаты сравнения устройств и программ для визуализации звука сведены в табл. 2.

Таблица 2. Сравнение устройств и программ для визуализации звука

Характеристика	Audacity	SoundForge	GoldWave	VibraAlert	Sonic Boom	Noisy Visualizer
Тип	Программное обеспечение	Программное обеспечение	Программное обеспечение	Устройство	Устройство	Устройство
Функции	Запись звука, обработка звука, визуализация спектрограмм и осциллограмм	Профессиональная обработка звука, расширенные возможности визуализации	Обработка звука, визуализация спектрограмм, осциллограмм, 3D-визуализация	Преобразование звука в вибрацию	Преобразование звука в световые сигналы	Преобразование звука в динамические визуальные эффекты

Окончание табл. 2

Характеристика	Audacity	SoundForge	GoldWave	VibraAlert	Sonic Boom	Noisy Visualizer
Цена	Бесплатно	Платное	Платное	Платное	Платное	Платное
Портативность	Нет, требует компьютера	Нет, требует компьютера	Нет, требует компьютера	Да, портативное	Да, портативное	Нет, требует компьютера
Интерактивность	Ограниченная	Ограниченная	Ограниченная	Низкая	Низкая	Высокая
Точность визуализации	Средняя	Высокая	Высокая	Низкая	Низкая	Средняя
Сложность использования	Средняя	Высокая	Средняя	Низкая	Низкая	Средняя

Программные визуализаторы, такие как Audacity, SoundForge и GoldWave, являются более гибкими и функциональными решениями, позволяющими анализировать и визуализировать звук в деталях. Однако они требуют наличия компьютера и не всегда удобны для использования в динамичной среде.

Устройства, такие как VibraAlert и Sonic Boom, более портативны и подходят для использования в разных местах, но их функциональность может быть более ограниченной. Noisy Visualizer предлагает более интерактивные и динамичные визуальные эффекты, но его использование также связано с компьютером.

Таким образом, необходимость создания нового устройства для визуализации звука очевидна.

Новое устройство должно обладать следующими преимуществами:

- портативность — должно быть небольшим, компактным и удобным для переноски, чтобы его можно было использовать в любом месте;
- Интуитивно понятный интерфейс — он должен быть простым и понятным в использовании, не требующим специальных навыков или знаний;
- функциональность — должна предоставлять широкий спектр визуальных эффектов для представления звука, включая спектрограммы, осциллограммы, динамические фигуры, цвета и узоры;
- работа в реальном времени — это самый важный параметр для людей с нарушенными функциями слуха. Должна быть возможность преобразовывать звук в реальном времени, чтобы пользователь мог сразу воспринимать звуковую информацию визуально;

– интерактивность — позволяет пользователю взаимодействовать с визуальными эффектами, настраивать их под свои нужды;

– доступность — должна быть доступность по цене и широко распространенным, чтобы люди с нарушениями слуха могли получить к нему доступ.

Создание такого устройства может значительно улучшить качество жизни людей с нарушениями слуха, позволяя им лучше понимать звуковой мир, участвовать в общении и деятельности, а также повышать свою самостоятельность и интегрироваться в общество.

Разработка связанного с компьютером устройства для зрительной интерпретации звукового окружения включает несколько этапов.

1. Исследование существующих технологий. Включает в себя анализ существующих решений для визуализации звука, таких как системы, работающие на основе ультразвука или разработки с использованием машинного обучения для распознавания звуков.

2. Проектирование устройства. Предусматривает разработку схемы устройства, которое будет включать микрофон для захвата звуковых сигналов, процессор для обработки данных и визуальный дисплей для вывода информации.

3. Программирование алгоритмов. Включает в себя создание программного обеспечения, которое будет обрабатывать аудиосигналы и конвертировать их в визуальные формы. Для этого планируется использовать методы анализа временных рядов и алгоритмы машинного обучения.

4. Тестирование и доработка. Предполагает проведение тестирования с участием целевой группы пользователей для получения обратной связи и последующей доработки устройства.

При проектировании такого устройства, связанного с компьютером, для зрительной интерпретации звукового окружения можно использовать принцип действия дополненной реальности.

Дополненная реальность объединяет реальный мир и виртуальные объекты, создавая гибкую и интерактивную среду для пользователя. Эта технология позволяет накладывать и отображать дополнительную информацию, 3D-модели или графику на реальные объекты.

Работа дополненной реальности включает в себя несколько основных этапов. Сначала система изучает и анализирует окружающую среду с помощью датчиков, камер, датчиков глубины или GPS. Затем полученные данные обрабатываются для определения положения и ориентации пользователя, а также характеристик окружающих объектов и поверхностей. На этом этапе система, используя компьютерное зрение, алгоритмы обработки изображе-

ний и распознавания объектов, определяет, какие виртуальные объекты или информацию следует отобразить и где их разместить в реальном мире. Затем система отображает эти виртуальные объекты на дисплее устройства пользователя, например смартфона, очков, планшета или специальных гарнитур дополненной реальности. Это может быть наложенное изображение, 3D-модель или графика, звуковые эффекты или другой тип информации [10].

Получение всестороннего доступа к информации о лекциях представляет трудности для глухих или слабослышащих студентов университетов (ДНН), которые посещают занятия вместе с инструкторами по слуху и коллегами [11]. В отличие от своих слышащих коллег, которые могут одновременно обрабатывать информацию о лекции как по слуховому, так и по визуальному каналам, студенты ДНН полагаются исключительно на визуальный ввод. Университеты обычно предлагают ряд приспособлений для обеспечения визуальной доступности устных лекций для студентов ДНН. Эти услуги часто включают сурдоперевод и/или субтитры. Кроме того, записывающие приспособления часто помогают, предоставляя письменные конспекты лекций.

Появление умных очков с дополненной реальностью открывает новые возможности для улучшения восприятия информации и облегчения повседневной жизни людей с нарушениями слуха. Эти достижения в основном основаны на технологиях AR и включают в себя прозрачные оправы с дисплеями, а также встроенные микрофоны, камеры и датчики.

Одним из основных преимуществ внедрения технологии AR в smart-очки для людей с нарушениями слуха является предоставление информации в режиме реального времени по визуальному каналу. Благодаря функции преобразования речи текст, распознанный системой распознавания речи, может быть оперативно обработан и представлен на дисплее очков. Эта функция позволяет людям с нарушениями слуха практически мгновенно читать и понимать произнесенные слова и предложения, тем самым повышая их независимость и улучшая коммуникативные способности [12].

Исследование показало, что технологии AR, такие как smart-очки, мобильные приложения для преобразования звука в язык жестов, геопрозрачная дополненная реальность, AR-коды и тактильные аксессуары, могут облегчить восприятие информации людьми с нарушениями слуха. Эти технологии позволяют создавать реалистичные визуальные и тактильные подсказки, которые могут заменять или дополнять слуховые сигналы, предоставляя пользователям равный доступ к звуковому контенту и общению.

Таким образом, использование AR-технологий и создание инновационных мобильных приложений являются перспективными подходами к облегчению восприятия информации людьми с нарушениями слуха. Эти техноло-

гии способны изменить жизнь многих людей, расширив их возможности для общения, обучения и развлечений. Дальнейшие исследования и разработки в этой области будут способствовать созданию более доступного и инклюзивного общества для всех.

Заключение. Авторы статьи предлагают разработку устройства для зрительной интерпретации звукового окружения как важный шаг к созданию инклюзивных технологий для людей с потерей слуха. Это устройство будет использовать визуальные способы интерпретации звуковых событий, что позволит улучшить качество жизни данной группы населения и способствовать их интеграции в общество. Будущие исследования будут сосредоточены на улучшении алгоритмов обработки звука, расширении функциональности устройства и его адаптации для различных пользовательских групп.

Литература

- [1] Johnson M. Inclusive Technology: Bridging the Gap for the Deaf Community. *Technology and Society Magazine*, 2022.
- [2] Smith J., Brown A. Sound to Sight: The Future of Auditory Augmentation. *Journal of Assistive Technology*, 2021.
- [3] Самарджия А.Ч. Интерактивные системы дополненной реальности для городского туризма. *Центральная европейская конференция по информационным и интеллектуальным системам*, 2015, с. 129–130.
- [4] Parton B.S., Hancock R., Dawson J. Augmented Reality for Deaf Students: Can Mobile Devices Make It Possible? *HCIS 2010*. Brisbane, Australia, 2010, pp. 309–312.
- [5] *Гантимеские костюмы 5G обеспечивают уникальный опыт прослушивания живой музыки для глухих и слабослышащих людей*. URL: <https://www.vodafone.com/news/technology/5g-haptic-suits-unique-live-music-experience> (дата обращения 15.02.2025).
- [6] Cabanillas-Carbonell M., Cusi-Ruiz P., Prudencio-Galvez D., Herrera Salazar J.L. Mobile Application with Augmented Reality to Improve the Process of Learning Sign Language. *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, 2022, no. 16 (11), pp. 51–64. URL: <https://online-journals.org/index.php/i-jim/article/view/29717> (accessed 15.02.2025).
- [7] Berra S., Pernencar K., Almeida F. Silent augmented narratives. Inclusive augmented reality communication for the deaf and hard of hearing. *Media & Jornalismo*, 2020, no. 20 (36), pp. 174–185.
- [8] Sharma S., Shaikh S. Augmented Reality In Human Life. *Journal For Research in Applied Science and Engineering Technology*, 2022, vol. 10, no. V, pp. 3361–3362. <https://doi.org/10.22214/ijrasat.2022.43122>

- [9] Schall G. *Mobile Augmented Reality for Human Scale Interaction with Geospatial Models*. Springer Gabler, 2011, pp. 50–55.
- [10] Miller A., Malasig J., Castro B. et al. The Use of Smart Glasses for Lecture Comprehension by Deaf and Hard of Hearing Students. *CHI EA '17*, 2017, pp. 1909–1915. <https://doi.org/10.1145/3027063.3053117>
- [11] Liu Y., Zhang H. Machine Learning Approaches for Sound Recognition and Visualization. *International Journal of Computer Applications*, 2020.
- [12] К 2032 году объем рынка тактильных технологий превысит 17,49 млрд долларов США при среднегодовом темпе роста 11,56 %. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/haptic-technology-market-size-surpass-usd-1749-billion-rashmi-s> (дата обращения 15.02.2025).

Поступила в редакцию 17.03.2025

Карпов Игорь Евгеньевич — студент кафедры «Системы обработки информации и управления», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Москалик Анна Алексеевна — студентка кафедры «Системы обработки информации и управления», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Спиридонов Сергей Борисович, доцент кафедры «Системы обработки информации и управления», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Карпов И.Е., Москалик А.А. Описание вариантов реализации устройства для зрительной интерпретации звукового окружения. *Политехнический молодежный журнал*, 2025, № 04 (99). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/sacip/1063.html>

DESCRIPTION OF THE IMPLEMENTATION OPTIONS FOR THE DEVICE FOR VISUAL INTERPRETATION OF THE SOUND ENVIRONMENT

I.E. Karpov

karpovie@student.bmstu.ru

A.A. Moskalik

moskalikaa1@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

This paper describes the development of a device that combines computer technology with sensory systems to visually interpret the sound environment. The goal of the study is to create an intuitive interface that will help users with hearing impairments perceive sound information through visual cues. The use of such technologies can significantly improve the quality of life of people with disabilities.

Keywords: sound visualization, technologies for people with hearing impairments, accessibility, inclusiveness, sound-to-visualization, spectrogram, oscillogram, real time, interactivity, portability

Received 17.03.2025

Karpov I.E. — Student, Department of Information Processing and Control Systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Moskalik A.A. — Student, Department of Information Processing and Control Systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Spiridonov S.B., Associate Professor, Department of Information Processing and Control Systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Please cite this article in English as:

Karpov I.E., Moskalik A.A. Description of the implementation options for the device for visual interpretation of the sound environment. *Politekhnicheskiy molodezhnyy zhurnal*, 2025, no. 04 (99). (In Russ.). URL: <https://ptsj.bmstu.ru/catalog/icec/sacip/1063.html>