

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО МОДУЛЯ ТАКТИЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ СЛЕПОГЛУХИХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ QUICKALERT

Васильев Д. Е. (ИТМО)

Научный руководитель — к. п. н, доцент факультета ПИиКТ, Государев И. Б.  
(ИТМО)

**Введение.** Слепоглухота является одной из наиболее тяжёлых форм сенсорной депривации, при которой человек лишён двух основных каналов восприятия информации. По данным систематического обзора Yeo et al. (2025), распространённость двойной сенсорной недостаточности составляет 5,5% среди взрослых старше 20 лет, с прогнозируемым ростом на 27,2% к 2050 году [1]. В России, по оценкам фонда «Со-единение», зарегистрировано более 4 400 слепоглухих граждан, однако реальное число достигает 12–15 тысяч человек [2]. Основным средством коммуникации для данной категории лиц являются тактильные формы общения: дактилология в руку, шрифт Брайля, алфавит Лорма [3]. Однако большинство современных мобильных приложений, включая системы вызова экстренных служб, не предусматривают полноценного тактильного канала обратной связи [4]. Средство экранного доступа VoiceOver на платформе iOS ориентировано преимущественно на аудиоканал, а поддержка дисплеев Брайля требует дорогостоящего внешнего оборудования стоимостью от 2 000 до 6 000 долл. [5]. В связи с этим была поставлена задача разработать программно-аппаратный модуль тактильной обратной связи для слепоглухих пользователей приложения QuickAlert, использующий встроенный линейный актуатор Taptic Engine и фреймворк Core Haptics.

**Основная часть.** Приложение QuickAlert разработано для вызова экстренных служб лицами с ограниченными возможностями здоровья и реализовано на языке Swift с использованием SwiftUI. Текущая версия обеспечивает доступность для пользователей с нарушениями слуха и речи посредством контекстных команд, однако не учитывает потребности слепоглухих пользователей, для которых и визуальная, и аудиальная обратная связь недоступна.

Анализ существующих решений показал, что разработки в области тактильной коммуникации для слепоглухих немногочисленны и преимущественно находятся на стадии прототипов. Систематический обзор Dyzel et al. (2020) выявил лишь 9 публикаций, соответствующих критериям включения [4]. Среди наиболее значимых проектов: система

HapticComm с 24 актуаторами для воспроизведения тактильных символов [6], вибротактильный интерфейс Morse I/O на платформе Android [7], а также носимая тактильная перчатка Ozioko et al. (2020), продемонстрировавшая точность распознавания до 96% на выборке из 20 участников [8]. Вместе с тем, решений на базе iOS Core Haptics для слепоглухих в научной литературе не обнаружено.

Разрабатываемый модуль основан на фреймворке Core Haptics, представленном Apple на WWDC 2019 [9]. Taptic Engine в устройствах iPhone представляет собой линейный резонансный актуатор (LRA) с латентностью порядка 10 мс и рабочим диапазоном 80–230 Гц. Фреймворк обеспечивает четырёхмерное пространство параметров: интенсивность, острота, время и тип события (.hapticTransient для импульсных и .hapticContinuous для длительных сигналов продолжительностью до 30 секунд). Это позволяет формировать вибрационные паттерны, кодирующие элементы интерфейса и статусные сообщения приложения. Стандартизация паттернов обеспечивается форматом ANAP (Apple Haptic and Audio Pattern), описываемым в формате JSON [10].

Принцип работы модуля состоит в следующем: каждому элементу интерфейса приложения присваивается уникальная вибрационная последовательность. При навигации по экрану слепоглухой пользователь получает тактильную обратную связь, информирующую его о типе элемента, доступных действиях и результате выполнения операции. Данный подход функционально аналогичен VoiceOver, но использует вибротактильный канал вместо аудио. Эмпирические данные свидетельствуют о достижимости точности 70–90% распознавания вибротактильных символов на мобильных устройствах [11], а для слепоглухих пользователей – 73–96% точности восприятия тактильных предложений [12].

В перспективе планируется создание внешнего устройства с массивом миниатюрных линейных актуаторов, сопрягаемого с iPhone через Bluetooth, что позволит реализовать многоточечную тактильную стимуляцию и расширить алфавит передаваемых символов.

**Выводы.** В ходе исследования проведён анализ методов тактильной коммуникации слепоглухих, технических характеристик Taptic Engine и фреймворка Core Haptics, а также существующих прототипов вибротактильных интерфейсов. Установлено, что в экосистеме Apple отсутствует специализированный фреймворк тактильной обратной связи для слепоглухих пользователей, несмотря на достаточную выразительность аппаратной базы.

Предложена архитектура программно-аппаратного модуля, преобразующего элементы интерфейса приложения QuickAlert в структурированные вибрационные

паттерны. Модуль обеспечивает тактильную навигацию, подтверждение действий и передачу статусных уведомлений без использования звукового или визуального канала. Практическая значимость разработки определяется снижением стоимости доступа: использование встроенного актуатора iPhone устраняет необходимость приобретения дисплея Брайля.

Дальнейшие исследования предполагают проведение пользовательского тестирования с участием слепоглухих волонтеров, оптимизацию словаря вибрационных паттернов и разработку внешнего тактильного устройства для многоточечной стимуляции.

#### **Список использованных источников:**

1. Yeo, B.S.Y. et al. Dual sensory impairment: Global prevalence / B.S.Y. Yeo et al. // *Alzheimer's & Dementia*. – 2025. – Vol. 21(2). – e14465. – DOI: 10.1002/alz.14465.
2. Фонд поддержки слепоглухих «Со-единение». Ежегодный отчет 2022. URL: <https://so-edinenie.org/> (дата обращения: 15.02.2026).
3. Мещеряков, А.И. Слепоглухонемые дети. Развитие психики в процессе формирования поведения / А.И. Мещеряков. – М. : Педагогика, 1974. – 327 с.
4. Dyzel, V. et al. Assistive technology for deafblindness: A systematic review / V. Dyzel et al. // *Frontiers in Education*. – 2020. – Vol. 5. – 578389. – DOI: 10.3389/educ.2020.578389.
5. Apple Inc. Core Haptics Framework Documentation. URL: <https://developer.apple.com/documentation/corehaptics/> (дата обращения: 15.02.2026).
6. Duvernoy, B. HaptiComm: A touch-mediated communication device for deafblind interaction / B. Duvernoy, S. Topp, V. Hayward // *EuroHaptics 2018*. – Springer, LNCS. – 2018.
7. Gomes, I. et al. Vibration-based communication for deafblind people / I. Gomes et al. // *IEEE PerCom Workshops*. – 2022. – DOI: 10.1109/PerComWorkshops53856.2022.9765570.
8. Ozioko, O. et al. Wearable assistive tactile communication interface based on integrated touch sensors and actuators / O. Ozioko et al. // *IEEE Sensors Journal*. – 2020. – Vol. 20(12). – P. 6517–6527. – DOI: 10.1109/JSEN.2020.2976525.
9. WWDC 2019, Session 520: Introducing Core Haptics. URL: <https://developer.apple.com/videos/play/wwdc2019/520/> (дата обращения: 15.02.2026).
10. Representing Haptic Patterns in AHAP Files. URL: <https://developer.apple.com/documentation/corehaptics/representing-haptic-patterns-in-ahap-files> (дата обращения: 15.02.2026).

11. Brewster, S.A. Tactons: Structured tactile messages for non-visual information display / S.A. Brewster, L.M. Brown // AUIC '04. – 2004. – P. 15–23.
12. Reed, C.M. Haptic communication of language / C.M. Reed, H.Z. Tan, L.A. Jones // IEEE Transactions on Haptics. – 2023. – Vol. 16(2). – P. 134–153. – DOI: 10.1109/TOH.2023.3257539.