

УДК 167.2

## Организация айтрекингowego исследования чтения студентов с нарушением слуха в условиях инклюзивного образования высшей инженерной школы

Попутников Илья Владимирович<sup>(\*)</sup>

poputnikoviv@yandex.ru

SPIN-код: 4059-8160

Фефелова Регина Константиновна

frk@bmstu.ru

SPIN-код: 9649-8174

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

**Аннотация.** Представлены особенности технического оснащения и организации айтрекингowego исследования чтения студентами с нарушением слуха в условиях высшей инклюзивной инженерной школы. Описаны применяемое оборудование, программное обеспечение, стимульный материал и условия эксперимента. Показаны ключевые методологические решения, обеспечивающие надежность регистрации микродинамики взгляда и доступность инструкций для участников с нарушениями слуха.

**Ключевые слова:** айтрекинг, студенты с нарушением слуха, когнитивная нагрузка, оборудование, экспериментальная процедура

**Введение.** Эффективное обучение студентов с нарушениями слуха требует учета их визуально-когнитивного профиля. Айтрекинг позволяет регистрировать микродинамику взгляда и объективно оценивать стратегии чтения [1]. Организация такого исследования в инклюзивной инженерной школе становится основой для особых технических и методологических решений в организации образовательного процесса [2, 3].

**Методы и материалы; результаты.** В исследовании участвовали две группы студентов бакалавриата 18–25 лет: группа сравнения (74 студента с подтвержденным нарушением слуха) и контрольная группа (65 студентов без нарушений слуха).

Для регистрации движений глаз использовался инфракрасный айтрекер Gazepoint GP3 (GP3SD v2) с частотой дискретизации 60 Гц и точностью 0,5–1° [4]. Допустимое смещение головы — ±15 см по глубине, 25 см по горизонтали и 11 см по вертикали. Стимулы предъявлялись на мониторе диагональю 23 дюйма с разрешением 1920×1080 пикселей. Освещение в помещении контролировалось для исключения инфракрасных и пульсирующих источников [4].

Использовался пакет «Нейробюро» [5] с режимами «Проведение эксперимента» и «Анализ эксперимента». Данные выгружались с частотой 60 Гц и содержали координаты взгляда, диаметр зрачка и временные метки. Для разметки событий применялся алгоритм I-VT (порог 70°/с, фиксации ≥ 60 мс) [1]. Дополнительно использовалась автоматическая разметка зон интереса (AOI) по словам.

Процедура эксперимента включала пять этапов:

- вводное сообщение с жестовым переводом и автоматическим распознаванием речи (Google Live Transcribe) [2];
- персональный инструктаж;
- калибровку по 9-точечной схеме;
- верификацию (точность  $<1,5^\circ$ );
- чтение текста в комфортном темпе.

Инструкции выводились на вспомогательный экран. Повторы калибровки выполнялись при превышении порогов ошибки.

Использовались два типа текстов: нарративный (бытовой, 76 слов) и описательный учебный (153 слова, формулы, система уравнений). Тексты адаптировались под экран, строки выравнивались по ширине, применялся шрифт Times New Roman, увеличенный кегль и межстрочный интервал. Строка включала до 60 символов [1].

Исключались артефакты (blink/lost), а также повторные перечтения. Для сглаживания использовалось объединение соседних фиксаций при интервале  $\leq 60$  мс и расстоянии  $\leq 0,5^\circ$  [1].

**Результаты.** Описанная методика позволила обеспечить корректность проведения эксперимента и высокое качество регистрируемых данных. Применение 9-точечной калибровки и верификации гарантировало точность отслеживания взгляда, а использование алгоритма I-VT и автоматической разметки зон интереса обеспечило стандартизированную обработку показателей. Контроль освещения, применение вспомогательных технологий для инструктажа и адаптация текстов под экран позволили создать равные условия участия для всех студентов.

**Заключение.** Организация айтрекингового исследования в условиях инклюзивной инженерной школы требует комплексного подхода: выбора доступного оборудования, адаптации стимульного материала, контроля внешних условий и применения вспомогательных технологий (жестовый перевод, автоматическая транскрипция) [2, 3]. Представленный протокол обеспечивает высокое качество данных и учитывает особенности восприятия студентов с нарушениями слуха.

### Список источников

- [1] Holmqvist K., Nyström M., Andersson R., Dewhurst R., Jarodzka H., van de Weijer J. Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures. Oxford, Oxford University Press, 2011, 560 p.
- [2] McFarland M. Google Offers a Pair of Apps to Help the Deaf Community. Wired, 2019. URL: <https://www.wired.com/story/google-live-transcribe-sound-amplifier-for-android/> (accessed 03.08.2025).
- [3] Verbit. Assistive Technology for Deaf and Hard of Hearing Students. URL: <http://verbit.ai/captioning/assistive-technology-for-deaf-and-hard-of-hearing-students/> (accessed 07.08.2025).
- [4] Gazepoint. GP3 Eye Tracker (GP3SD v2) — Specification Sheet. URL: <https://www.gazept.com/product/gazepoint-gp3-eye-tracker/> (accessed 20.06.2025).
- [5] Neurobureau. *Руководство пользователя: версия 04.2024*. Москва, Нейробюро, 2024.