



ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ PRIMELEC ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОДВИЖЕНИЙ ГЛАЗ (Отчет о посещении кафедры и лаборатории неврологии Клиники Цюрихского университета)

ОКУТИН О. Л., Институт психологии РАН, Москва

ОКУТИНА Г. Ю., Институт психологии РАН, Москва

Данная публикация представляет собой информационный материал об итогах научного визита в Клинику Цюрихского университета и результатах ознакомления с принципами работы айтрекеров компании Primelec, аппарата которой используется в научных и практических исследованиях кафедры и лаборатории неврологии Цюрихского университета, а также с конструктивными особенностями и спецификой использования данного оборудования.

Ключевые слова: окуломоторная активность, айтрекер, точность измерений движений глаз, окулограмма.

По инициативе научного руководителя проекта профессора В. А. Барабанщикова и для сопоставления результатов исследований, проводимых на айтрекере SMI HiSpeed, с результатами аналогичных исследований, проводимых на базе аппаратного комплекса Primelec, детектирующего движения непосредственно с поверхности глаз испытуемого посредством поискового кольца, авторами статьи было проведено несколько встреч с коллегами из Клиники Цюрихского университета.

Глава лаборатории профессор Д. Штрауманн с интересом откликнулся на предложение о посещении нашей научной группой Клиники университета и организовал встречу со всеми специалистами, которые проводят научные и практические исследования на оборудовании Primelec.

Во встречах принимали участие:

профессор Доминик Штрауманн (Dominik Straumann) – заведующий лабораторией кафедры неврологии (http://www.neuroscience.ethz.ch/research/motor_systems/straumann),

доктор наук Крис Бокисч (Chris Bockisch) – психолог, специализация «окулография», США, научный сотрудник кафедры (http://www.bockisch.net/CV/Christopher_J_Bockisch_CV.htm#Personal),

а также ученые из Швейцарии, Австралии, Тайваня, работающие на кафедре и в лаборатории неврологии Цюрихского университета, соискатели и аспиранты, сотрудники кафедр и лабораторий Цюрихского университета.

Цель визита в Клинику состояла в ознакомлении с принципами работы айтрекеров компании Primelec, в тестировании аппаратуры, а также в обсуждении ее возможностей по регистрации классических видов движений глаз (саккад, фиксаций, дрейфов, торзионных движений). Кроме того, одной из рабочих задач визита являлась проверка результатов исследований микро- (верхний диапазон) и макро- (нижний и средний диапазоны) движе-



ний глаз, полученных нашей научной группой на основании окулограмм испытуемых, регистрация которых была проведена на айтрекерах компании SMI High Speed, причем данные для сравнения должны были быть получены принципиально иным способом, чем применяемый в айтрекерах SMI.

Доминик Штрауманн провел ознакомительную экскурсию по объектам лаборатории, где установлено оборудование фирмы Primelec, обратив особое внимание участников встречи на последнюю разработку фирмы – комплекс CS681. Данный айтрекер построен на принципе индукции электрического тока, вызываемой при движении металлического контура в магнитном поле. В качестве подвижного элемента выступает мягкое кольцо с двумя расположенными внутри контурами индуктивности, надеваемое на глаз таким же образом, как и контактные линзы. В качестве источников магнитного поля выступает электропроводный куб (может исполняться в различных размерах), противоположные грани которого являются, в свою очередь, контурами, задающими электромагнитное поле. Поскольку таких пар граней три и они расположены попарно взаимно перпендикулярно, то при движении поискового кольца внутри куба в момент движения глаз происходит снятие показаний индуктивного электрического тока. Параметры его, в свою очередь, легко могут быть преобразованы в физические координаты сферической системы координат. При этом центр координат расположен в точке вращения глаза, положительное направление горизонтального вращения – от центра влево, положительное направление вертикального вращения – вниз, положительное направление торзий располагается по часовой стрелке (рис. 1).



Рис. 1. Доминик Штрауманн, профессор, заведующий лабораторией кафедры неврологии Цюрихского университета (справа). Айтрекер фирмы Primelec – комплекс CS681



В комплексе для исследований на айтрекере используется специальное кресло, которое может фиксироваться и поворачиваться в трех плоскостях, а сидящий в кресле испытуемый пристегивается ремнями безопасности, которыми обычно оснащены реактивные самолеты. Скорость вращения кресла вокруг вертикальной оси может достигать $450^\circ/\text{сек}$. Таким образом, наряду с глазодвигательными исследуются и вестибулоокуломоторные реакции человека. Поворотный параболический экран используется при исследованиях периферического зрения, а также для сохранения соразмерности углов поворота глаза: поскольку все точки этого экрана равноудалены от глаз испытуемого, то поворот глаз из различных позиций (из прямой или из приведенной) на один и тот же угол в любом направлении приводит к образованию на поверхности экрана равных по длине дуг и, следовательно, свидетельствует о равном количестве информации, воспринимаемой испытуемым посредством зрительной перцепции. Голова испытуемого достаточно жестко крепится к плоскости спинки кресла с помощью тех масок, что используются при радиооблучении новообразований мозга. Даже при быстрых и/или резких движениях кресла, вызываемых мощными электродвигателями, голова испытуемого не совершает движений, что позволяет регистрировать на окулограмме только истинные движения глаз (рис. 2).



Рис. 2. Дополнительный айтрекер установлен на специальной подвижной платформе, которая может совершать вертикальные движения с различной скоростью, что позволяет проводить исследования движений глаз при различных краткосрочных перегрузках как положительных, так и отрицательных



Профессор Доминик Штрауманн также отметил, что в планах лаборатории стоит изучение глазодвигательной активности человека при перемещении его в капсуле по линейной траектории с различными скоростями и ускорениями; для этих целей в исследовательском комплексе осуществлена укладка специальных рельсов, по которым в скором времени будут перемещаться специальные капсулы; именно в эти капсулы помещается испытуемый, причем положение его тела в пространстве капсулы может меняться. Кроме того, большое количество экспериментальных исследований имеют непосредственное отношение к решению задач практической медицины и вопросов оптимизации лечебно-диагностического процесса в университетской Клинике.



Рис. 3. Установка с айтрекером, одной из особенностей устройства которого является большого размера внешний куб

Вниманию научной группы была также представлена еще одна установка, отличительной чертой которой является внешний куб большого размера, что позволяет, как показывает опыт практических исследований, повысить точность измерений и чувствительность прибора; на рис. 3 виден черный цилиндр, куда помещается неподвижное кольцо, и аппаратура выводится на ноль. Кроме того, на рис. 4 представлен также изготовленный из прозрачного пластического материала калибровочный прибор, предназначенный для точной градуировки аппаратуры.



Рис. А. Калибровочный прибор

В калибровочном приборе кольцо поворачивается в трех плоскостях по очереди, что обеспечивает наиболее точную фиксацию соответствующих значений снимаемых электрических показателей, а также делает возможной калибровку аппаратуры в нескольких направлениях. Кроме того, данный прибор позволяет регистрировать так называемые «движения манекена». Если при тестировании аппаратуры SMI (Барабанщиков, Окутина, Окутин, 2010; Окутин, Окутина, 2011) нами был использован манекен в статическом положении, то в данном случае есть возможность вращать вручную закрепленное на калибровочной площадке кольцо (манекен) в трех плоскостях поочередно или одновременно, что создает необходимые условия для экстракции аппаратных артефактов из окулограмм и регистрации лишь истинных движений глаз.

Стимульный материал, как правило, предьявляется в виде проекций на экран или стену, кроме того, возможно использовать проекцию изображения, поданного с экрана компьютерного монитора; однако сам монитор как носитель стимульного материала не используется.

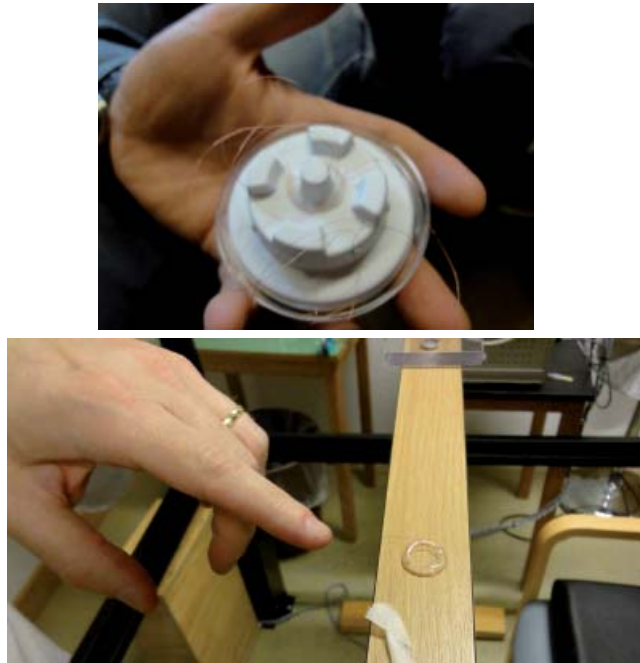


Рис. 5, 6. Кольцо, которое надевается на глаз испытуемого

Специальное кольцо надевается на глаз испытуемого (рис. 5, 6) с предварительной анестезией лекарством, принятым ВОЗ в качестве допустимого. При этом на поверхности глаза остаются лежать две проволоочки; если кольцо снабжено одной проволочкой, тогда информация снимается по трем каналам, если кольцо снабжено двумя проволочками, то информация снимается по шести каналам и является более точной.

Главным недостатком аппаратуры, который был обсужден во время встречи и с которым приходится считаться при проведении исследований, является подвижность кольца относительно роговицы. По словам доктора Штрауманна, в первые минуты испытаний кольцо может несколько перемещаться по поверхности глаза, что вызвано отсутствием плотного прилегания между кольцом и поверхностью глаза, а также возможным наличием воздушных пузырей. Цюрихские коллеги приобрели достаточный опыт работы с аппаратурой, чтобы отличить артефакты, возникающие по причине подвижности кольца относительно поверхности глаза, от реальной глазодвигательной активности, однако строгих критериев ими приведено не было. На вопрос о возможности небольших смещений кольца по поверхности глаза в момент серий быстрых саккад также был дан положительный ответ. Таким образом, несмотря на заявленную высокую точность аппаратуры, ученым требуется приобретение большого опыта работы для отсекаания тех данных, которые, будучи артефактами, могут исказить результаты исследований.

Кроме того, проволоочки, выходящие в районе угла глаза, являются причиной мнимых торзий в момент моргания: из-за них нижнее веко при моргании вызывает поворот кольца вокруг центра, избежать чего сотрудники лаборатории планируют с помощью выведения проволоочки в центре глаза.

Нам было предложено испытать на себе аппаратуру фирмы Primelec CS681 в качестве испытуемых. Процедура надевания кольца выполняется специально обученным сотрудни-



ком, который занимает отдельную штатную должность и в обязанности которого входят: анестезия глаза, установка кольца на поверхность глаза, его центрирование и снятие с глаза после испытаний, а также контроль за состоянием испытуемых во время исследования. Во время установки кольца на глаз сотрудница лаборатории поделилась небезынтересной информацией о реакциях испытуемых на процедуру подготовки к исследованию, в частности, о тех случаях, когда испытуемые, здоровые взрослые люди, в процессе надевания кольца даже теряли сознание. Из неприятных ощущений можно отметить некоторый дискомфорт при установке кольца, а также наличие во время исследования торчащих из глаза, пусть и тонких, но проволочек. Достаточно неприятным было и ощущение при снятии кольца – рыбок за проволочки (в процессе испытаний кольцо достаточно плотно было соединено с поверхностью глаза за счет сил поверхностного натяжения). Отметим и небольшой болевой синдром после окончания действия анестезии.

При тестировании нами аппаратуры Primelec выполнялись две задачи:

поочередная фиксация взора на точках, расположенных в центре экрана, а также на точках с координатами ($\pm 12^\circ$, 0); первая координата – горизонтальный поворот, вторая – вертикальный;

детекция саккад различной амплитуды и ориентации с фиксациями взора между саккадами.

Обсуждалась с коллегами и проблема появления фликов при тестировании айтрекера компании SMI HiSpeed (Барабанщиков, Окутина, Окутин, 2010). Были обнаружены участки окулограмм, в соответствии с которыми можно было заключить, что глаз совершал быстрые скачки амплитудой по 0,5 градуса за 2 мсек. Данный факт нуждался в проверке самого своего существования на айтрекерах, построенных принципиально иначе, чем захват видеокамерой изображения глаза с вычислением центра зрачка и центра инфракрасного глазного блика, вызванного подсветкой, как это происходит на аппаратуре SMI HiSpeed.

Профессор Штрауманн предложил провести испытание на глазе с искусственно (медикаментозно) зауженным зрачком для облегчения расчета центра зрачка, а доктор Бокич выдвинул идею о необходимости внимательного контроля тени и других черных пятен на глазе в момент фиксации, так как, возможно, аппаратура «перескакивает» на фальшивый центр зрачка.

Отдельной темой для обсуждения стал вопрос о возможностях использования «манекен-теста» и процедуры оптимизации диапазонов представления выходных данных в графическом виде, которые позволят сгладить влияние «шумов» аппаратуры, что, в свою очередь, даст возможность работать с подлинными «сырыми» данными, не «загрубляя» и не «сглаживая» их с помощью фильтров (Окутин, Окутина, 2011).

В итоге нами было проведено несколько продуктивных встреч с коллегами из Цюрихского университета с обсуждением самого широкого круга вопросов, касающихся современного состояния экспериментальной психологии в целом и аппаратурных исследований в частности. И в заключение добавим, что Цюрихский государственный университет является одним из ведущих научных и исследовательских центров Швейцарии и находится на государственном финансировании, однако частично необходимое оборудование закупается на собственные средства университета и Клиники. Ученые Цюрихского университета и Клиники проявили большой интерес к экспериментальным исследованиям, проводящимся на базе Института психологии РАН и Центра экспериментальной психологии МГППУ, и выразили готовность поддерживать научное сотрудничество с российскими коллегами.



Литература

Барabanциков В. А., Окутина Г. Ю., Окутин О. Л. Чувствительность айтрекера и точность измерений положения глаз // Экспериментальная психология в России: Традиции и перспективы. М.: Институт психологии РАН, 2010. С.90–96.

Окутин О. Л., Окутина Г. Ю. Оценка и нивелирование «шумов» айтрекера // Экспериментальная психология. 2011. Т. 4. № 1. С.100–105.

THE MAIN CHARACTERISTICS AND FEATURES OF APPLICATION OF THE PRIMELEC HARDWARE FOR RESEARCH OF EYE MICROMOVEMENTS (Report on the visit to the Chair and the Laboratory of Neurology, Clinic of Zurich University)

OKUTIN O.L., *Institute of Psychology RAS, Moscow*

OKUTINA G. Yu., *Institute of Psychology RAS, Moscow*

This publication represents the information material on the results of the scientific visit to the Clinic of Zurich University and the results of acquaintance with the work principles of the Eye Tracker of Primelec company, the equipment which is used in the scientific and practical research of the Department and the Laboratory of Neurology of Zurich University, as well as to the design features and specific use of this equipment.

Keywords: oculomotor activity, eye tracker, accuracy of eye movements, oculogram.

Transliteration of the Russian references

Baraban'nikov V. A., Okutina G. Ju., Okutin O. L. Chuvstvitel'nost' ajtrekera i tochnost' izmerenij polozhenija glaz // Jeksperimental'naja psihologija v Rossii: Tradicii i perspektivy. M.: Institut psihologii RAN, 2010. S. 90–96.

Okutin O. L., Okutina G. Ju. Ocenka i nivelirovanie «shumov» ajtrekera // Jeksperimental'naja psihologija. 2011. T. 4. № 1. S.100–105.