



ГРАФОМОТОРНАЯ АДАПТАЦИЯ К КОМПЬЮТЕРНЫМ ИСКАЖЕНИЯМ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ КООРДИНАТАМИ ЗРИТЕЛЬНОГО И МОТОРНОГО ПОЛЕЙ

ТЕРЕЩЕНКО Т.В.*, ФГБОУ ВО МО «Государственный университет «Дубна»», Дубна, Россия,
e-mail: tereschchenkotv@gmail.com

СОКОЛОВ Р.В.**, ФГБОУ ВО МО «Государственный университет «Дубна»», Дубна, Россия,
e-mail: sokolov-r@yandex.ru

ГОНЧАРОВ О.А.***, РАНХиГС при Президенте РФ, Москва, Россия,
e-mail: oleggoncharov@inbox.ru

Исследование посвящено перцептивно-моторной координации и адаптации в условиях компьютерного искажения соотношения координат моторного и зрительного полей. Экспериментально изучено изменение скорости и точности выполнения графомоторной задачи при разных угловых смещениях направления движения курсора компьютерной мыши, моторная адаптация к измененным условиям восприятия траектории движения руки, гендерные различия в адаптации, скорости и качестве выполнения графомоторной задачи. Эксперимент проводился в компьютерном варианте. Применялось 9 условий углового смещения (0–180°). Среди 25 участников эксперимента были 12 девушек и 13 юношей в возрасте от 17 до 25 лет. Согласно результатам, скорость и точность выполнения графомоторной задачи снижается с увеличением углового смещения ($p < 0,001$). По точности и степени адаптации все экспериментальные условия разделились на три группы. Наибольший разброс значений и число ошибок отмечались при угловом смещении 135°. При меньших угловых смещениях увеличение времени выполнения графомоторной задачи приводит к повышению точности, а от 90° — к снижению. Гендерные различия выявлены на уровне тенденции ($p = 0,087$) — юноши выполняли задачу быстрее и точнее, но адаптация к измененным условиям протекала одинаково.

Ключевые слова: перцептивно-моторная координация, графомоторный навык, адаптация к искажениям обратной связи, половые различия в двигательных-пространственных способностях.

Введение в проблематику исследования

Отношение восприятия и действия. Это отношение является одной из ключевых фундаментальных проблем психологической науки, которая не теряет своей актуальности на протяжении почти двух столетий. Взаимодействие субъекта с окружающей средой,

Для цитаты:

Терещенко Т.В., Соколов Р.В., Гончаров О.А. Графомоторная адаптация к компьютерным искажениям соотношения между координатами зрительного и моторного полей // Экспериментальная психология. 2018. Т. 11. № 1. С. 92—113. doi:10.17759/exppsy.2018110106

* Терещенко Т.В. Аспирант, кафедра психологии, факультет социальных и гуманитарных наук, ФГБОУ ВО МО «Государственный университет «Дубна»». E-mail: tereschchenkotv@gmail.com

** Соколов Р.В. Старший преподаватель, кафедра психологии, факультет социальных и гуманитарных наук, ФГБОУ ВО МО «Государственный университет «Дубна»». E-mail: sokolov-r@yandex.ru

*** Гончаров О.А. Доктор психологических наук, профессор кафедры общей психологии института общественных наук РАНХиГС при Президенте РФ. E-mail: oleggoncharov@inbox.ru



его исполнительные действия будут адекватны внешним условиям только на основе точно воспринятой информации (Барабанщиков, 2008; Белопольский, 2012; Глушков и др., 1974), а практически любая двигательная задача будет реализована правильно лишь при наличии максимально полного и объективного восприятия как самого объекта, так и каждой детали собственного действия (правильности и последовательности его выполнения). Исследования отечественных физиологов, особое место среди которых занимают работы Н.А. Бернштейна и П.К. Анохина и их коллег, показали, что управление сложными движениями происходит не только за счет заранее заготовленных баллистических пусковых механизмов, но и на основе внесения в совершаемое действие поправок, источником которых является получаемая извне афферентная информация и сенсорные коррекции (Бернштейн, 1966). В то же время само действие является активным орудием объективного познания мира — оно дает субъекту новую тактильно-кинестетическую информацию и «проверяет» получаемую зрительную (Барабанщиков, 2008; Запорожец и др., 1967; Гордеева, 1995; Гордеева, Зинченко, 1982).

За длительный период исследования особенностей взаимосвязи восприятия и действия взгляды на их сущность значительно менялись в зависимости от ведущей парадигмы и культурно-исторических концепций исследователей. Первоначально рассматриваемые исследователями изолированно (еще со времен античной философии) как два несвязанных друг с другом процесса, восприятие и действие постепенно становятся двумя неотъемлемыми составляющими одного общего процесса взаимодействия индивида с окружающей средой; получает свое развитие идея о единстве восприятия и действия. Апогеем ее развития мы считаем понимание восприятия как перцептивного действия (А.Н. Леонтьев, А.В. Запорожец, В.П. Зинченко, Дж. Гибсон, У. Найссер, В.А. Барабанщиков), а двигательных актов — как исполнительных звеньев перцептивной активности (Барабанщиков, 1990). Причем двигательные акты и сами по себе являются источником новой информации, которая должна быть воспринята и обработана перцептивной системой (Барабанщиков, 1990). И только в XX в. в психологии окончательно укоренилось понимание неразрывной взаимосвязи восприятия и действия, появились ее описательные модели.

В предлагаемом исследовании взаимосвязь восприятия и действия находит отражение в нарушении соотношения перцептивного и моторного полей, точнее в распаде выработанных навыков перцептивно-моторной (а именно, зрительно-моторной) координации. Под **перцептивно-моторной координацией** мы понимаем процесс управления движениями конечностей и всего тела в соответствии с получаемой перцептивной информацией. Перцептивно-моторные действия представляют собой точные и преднамеренные мускульные или моторные движения, выполняемые в ответ на оптическую стимуляцию, т. е. направляемые зрительной системой (Шиффман, 2003). Зрительно-моторная координация играет существенную роль как в повседневной жизни, так и в профессиональной операторской деятельности, в том числе при управлении движущимися объектами (вождение автомобиля, работа оператора в условиях производства и др.) (Запорожец, 1986; Захарченко, 1969; Дорохов и др., 2010). Перцептивно-моторное взаимодействие весьма чувствительно как к наличным условиям осуществления деятельности, так и к индивидуальным особенностям субъекта. Нарушение параметров перцептивно-моторной координации оказывает существенное влияние на работоспособность оператора (Дорохов и др., 2010).

В онтогенезе формирование перцептивно-моторной координации происходит в процессе активного взаимодействия субъекта с окружающим пространством. Наиболее



известные исследования роли активности в процессе формирования перцептивно-моторной координации провели Р. Хелд и коллеги («карусельные эксперименты» (Held, Hein, 1963). Согласно их результатам, одного только восприятия при пассивном двигательном опыте недостаточно для успешного формирования перцептивно-моторной координации и пространственного восприятия. Для этого необходимо, чтобы изменения визуальной стимуляции происходили одновременно и были связаны с активными произвольными действиями, чтобы субъект мог видеть последствия своих движений. Аналогичные результаты были получены в экспериментах с обезьянами (Bauer, Held, 1975), а также при изучении моторного поведения младенцев — наибольшее значение имеют движения, совершаемые по отношению к воспринимаемому объекту (хватание, протягивание руки) (Бернштейн, 1966; Шиффман, 2003). В другом эксперименте испытуемым надевали клинообразные призмы, смещавшие сетчаточное изображение на 11° влево (Held, Bossom, 1961): испытуемые «активной» подгруппы могли самостоятельно гулять по улице в течение часа, не снимая призм; «пассивных» испытуемых экспериментатор вывозил на прогулку только в инвалидном кресле; после снятия призм испытуемых просили указать на определенную точку пространства. Испытуемые «активной» подгруппы, адаптировавшиеся к создаваемому призмой искажению, чаще указывали на точку, смещенную на 11° в противоположную сторону (вправо), и совершали значительно меньше ошибок, чем испытуемые «пассивной» подгруппы.

При исследовании особенностей зрительно-пространственного восприятия и зрительно-моторной координации ученые, как правило, делают акцент на одном из двух аспектов данного процесса — либо на *перцептивном*, либо на *моторном*. Наиболее известные исследования, посвященные *перцептивной* составляющей зрительно-моторной координации, чаще всего основываются на оценке глазодвигательной активности (В.А. Барабанщиков, В.И. Белопольский, А.Д. Логвиненко, Д.В. Захарченко, В.Б. Дорохов, Г.Н. Арсеньев, Т.П. Лаврова, О.Н. Ткаченко, А.Н. Пучкова, Н.Ю. Вергилес, В.П. Зинченко и др.) (Барабанщиков, 1990, 2008; Белопольский, 2008, 2012; Захарченко, 2015; Зинченко, Вергилес, 1969; Логвиненко, Жедунова, 1980, 1981; Дорохов и др., 2010).

В нашем исследовании акцент делается на *моторной* составляющей — распаде ***двигательного (графомоторного) навыка***, используемого в непривычных условиях соотношения зрительного и моторного полей. С этой точки зрения перцептивно-моторная координация изучалась такими учеными, как В.П. Зинченко, А.В. Запорожец, Л.А. Венгер, А.И. Рузская, Н.Д. Гордеева и др. (Запорожец и др., 1967; Гордеева, Зинченко, 1982; Гордеева, 1995; Запорожец, 1986; Дорохов и др., 2010; Ястребцев, 2010).

Под *двигательным навыком* в широком смысле мы понимаем способность субъекта за счет тренировки (обучения) автоматически (без сознательного контроля) осуществлять движения, первоначально требовавшие сознательного контроля и произвольной регуляции (Мещеряков, Зинченко 2009). Согласно концепции Н.А. Бернштейна, при автоматизации движений контроль за их выполнением опускается на нижестоящие уровни построения, за счет чего движения выполняются быстро, четко и не требуют смысловой регуляции и сознательного контроля (Бернштейн, 1966). Восприятие, в свою очередь, становится более обобщенным, контролируя только отдельные, наиболее сложные стадии осуществления движения. Ориентировочная и оперативная компоненты движения откладываются в памяти и становятся за счет этого неосознаваемыми (Запорожец и др., 1967). При выполнении уже автоматизированного навыка сознание концентрируется на его конечной цели, а част-



ные детали движения осуществляются автоматически, как бы «сами собой» (Ильин, 2003); Коц, 1986). Повторение особенно важно на первых этапах обучения навыку (Бернштейн, 1966; Соловьёва, 2015). На этапе обучения навыку (в том числе в условиях инвертированного пространства) ведущую роль играет перцептивная (зрительная) обратная связь, в то время как уже сложившийся навык преимущественно опирается на проприоцептивные и моторные каналы (Ястребцев, 2010). При попадании в новые условия функционирования сформированный навык может деавтоматизироваться, т. е. частично или полностью разрушаться для того, чтобы часть его программы могла быть изменена, перестроена (Ильин, 2003). Таким образом осуществляется перенос навыка.

Графомоторный навык является одной из разновидностей двигательного и относится к изобразительной деятельности и письму. В современных условиях у большинства людей хорошо сформирован двигательный навык управления компьютерной мышью. Как правило, пользователи не следят за направлениями движения руки и управляют им на автоматическом уровне, удерживая в сознании только цель и конечный пункт движения курсора на экране, т. е. рисование или написание текста с помощью мыши на экране компьютера можно отнести к сложившимся графомоторным навыкам.

Изменение условий выработки графомоторного (перцептивно-двигательного) навыка в нашем исследовании осуществлялось на основе моделирования ситуации *интермодального конфликта* и процесса *адаптации* к нему. Такие условия важны с точки зрения развития приспособительных возможностей человека (оператора). Несмотря на богатую историю изучения вопроса моторной адаптации к измененным условиям восприятия, вопрос о ее механизмах, динамике и пространственно-временных характеристиках остается недостаточно изученным (Логвиненко, Жедунова, 1981). В целом, адаптация к интермодальным конфликтам восприятия и моторики заслуживает изучения по нескольким причинам. Во-первых, важно знать, в какой степени восприятие сохраняет способность адекватно контролировать моторные действия в условиях его реструктурирования или искажения. Во-вторых, при изучении нарушений перцептивно-моторной системы появляется возможность обнаружить факторы, изменяющие ее нормальное функционирование. В-третьих, изучение адаптации к искажениям стимуляции может выявить более универсальные адаптивные механизмы, функционирование которых обеспечивает приспособительные возможности зрительной системы в целом (Шиффман, 2003).

Несмотря на то, что исследования искажения обратной связи начались еще в XIX в., наиболее развернутое представление о механизмах адаптации к зрительно-моторному конфликту было сформировано в 60–70-е гг. XX столетия на основании результатов исследований адаптации к оптическим искажениям поля зрения (C.S. Harris, R.B. Welch, I. Kohler, И. Рок, А.Д. Логвиненко) (Бавро, 1993; Логвиненко, Жедунова, 1980, 1981; Рок, Харрис, 1974; Kohler, 1962).

Среди «классических» исследований процесса адаптации к конфликту зрительной и тактильно-кинестетической модальностей можно выделить три основных подхода, основывающихся на положениях: а) доминирования зрения над движением; б) доминирования движения над зрением; в) о равнозначном вкладе обеих модальностей (Бавро, 1993; Братусь, 2007). Первый подход предполагает, что в условиях искаженного зрительного восприятия происходит перестройка моторной сферы таким образом, чтобы она соответствовала «видению» (Ч. Харрис, И. Рок, Р. Велч, А. Логвиненко, Г. Пик, Дж. Хей и др.). Другими словами, предпочтение отдается зрительной информации, а моторика и кинестетика «под-



страиваются» под новые условия восприятия (Бавро, 1993; Логвиненко, Жедунова, 1980, 1981; Рок, Харрис, 1974).

Второй подход основывается, в том числе, на результатах первых экспериментов в области зрительного искажения (Дж. Стреттон, И. Кёлер, Г. Гельмгольц, Р. Хелд, отечественная теория деятельности) и предполагает, что моторная адаптация ведет за собой перцептивную (Held, Bossom, 1961, 1963; Kohler, 1962; Stratton, 1897).

Третий, более современный (по сравнению с двумя предыдущими), подход предполагает, что картина «нового» мира и движений в нем строится на основе совмещения (фузии) разномодальных образов на основе сходства их содержаний (Бавро, 1993). В перцептивной психологии накоплено достаточное количество данных, как подтверждающих основные положения вышеперечисленных теорий, так и опровергающих их.

Первые классические эксперименты по искажению зрительной обратной связи принадлежат Дж. Стреттону и И. Кёлеру. В экспериментах Дж. Страттона (1897) использовались инвертирующие очки. С их помощью можно было менять местами правую и левую, верхнюю и нижнюю части сетчаточного образа, при этом одна из частей может сжиматься, а другая расширяться. Человек, одевший такие очки, видит соответственно искаженный мир (Логвиненко, Жедунова, 1980, 1981; Братусь, 2007; Шиффман, 2003; Stratton, 1897). Первым испытуемым в своем эксперименте был сам Дж. Стреттон. Он постоянно носил инвертирующие очки в течение нескольких дней и заметил, что вначале наблюдались заметные нарушения перцептивно-моторной координации в связи с искажением зрительной обратной связи, получаемой от внешнего мира. Но уже через несколько дней ношения он мог назвать свое зрительное восприятие нормальным и почти не затрудняющим координацию движений в пространстве.

На основе этого Дж. Стреттон делает вывод о том, что перцептивная система человека способна адаптироваться к новому видению мира (Stratton, 1897), но на основании оставленных Стреттоном комментариев сложно сказать, видел ли он мир правильно ориентированным или научился ориентировать свои движения в соответствии с искажением (Салведи, 1991). Неоднозначные результаты данного эксперимента положили основу дискуссиям о том, какая адаптация является первичной — перцептивная или моторная.

Спустя тридцать лет американский психолог П. Иверт повторил эксперимент Дж. Стреттона, продлив его до двух недель, в результате не обнаружив адаптации ни у одного из испытуемых, среди которых был он сам (Логвиненко, Жедунова, 1980, 1981; Шиффман, 2003). И. Кёлер изучал адаптацию к различным формам оптических искажений шестьдесят лет спустя после экспериментов Дж. Стреттона (Kohler, 1962). Его результаты кажутся еще более запутанными: к ношению очков, через которые окружающие объекты видятся зеркально отраженными, испытуемые адаптируются в течение месяца, но часть окружающих объектов продолжает восприниматься искаженно. Как и опыты Дж. Стреттона, результаты исследования И. Кёлера не позволяют сделать однозначного вывода относительно интересующего нас вопроса — перестает ли окружающий мир видеться искаженным или же человек просто научается действовать в «перевернутой среде» (Логвиненко, Жедунова, 1980; Шиффман, 2003).

Два длительных эксперимента, посвященных адаптации к инверсии, проведенных в американских университетах (J. Peterson, F. Snyder, N. Pronko) не выявили возможностей к адаптации (Логвиненко, Жедунова, 1980, 1981). В итоге из-за неоднозначности результатов, полученных в ходе экспериментов с инвертирующими устройствами, назрела про-



блема изучения специфики адаптации зрительно-моторной системы человека к искажению зрительной обратной связи. Исследования интермодального конфликта продолжаются, появляются новые экспериментальные процедуры и новые гипотезы относительно роли перцепции и моторики в общей адаптации к искаженным условиям восприятия.

Методы изучения двигательных навыков. Изменения, происходящие в процессе формирования навыка, можно представить в виде кривой научения. В системе координат на оси абсцисс обычно откладывается независимая переменная — количество совершенных попыток (проб), иногда — время. А на оси ординат отображаются параметры зависимой переменной, по изменениям которой мы судим об успешности формирования навыка (Ильин, 2003). Чаще всего такими критериями являются скорость выполнения и количество допускаемых ошибок. В нашем эксперименте для анализа динамики успешности выполнения графомоторной задачи в разных условиях используются эти же параметры.

Близкие к нашему экспериментальному плану исследования проводились в 70-е гг. Н.Д. Гордеевой и В.П. Зинченко (Гордеева, Зинченко, 1982; Гордеева 1995). В них применялось довольно сложное техническое устройство, которое позволяло испытуемому управлять положением и размером индикатора на телеэкране с помощью специального манипулятора. Движения манипулятора осуществлялись по трем координатам (X, Y, Z) в условиях нормального и инвертированного соотношения моторного и перцептивного полей аналогично управлению курсором мыши на компьютере. Эксперимент показал, что после формирования сенсомоторного навыка в нормальных условиях его адаптация к инвертированному управлению требует значительного времени и усилий — даже после 20 серий скорость управления в условиях инверсии была значительно ниже по сравнению с нормальными условиями. Однако при этом затрачиваемое на выполнение задания время в последовательных сериях сокращалось быстрее, чем в нормальных условиях, что можно объяснить общим явлением переноса ранее сформированного навыка. Результаты микроструктурного анализа обнаружили влияние предыдущих стадий эксперимента на параметры движения: так, временные и качественные показатели успешности ориентировочных действий в условиях полной инверсии выше в случае, когда до этого были пройдены все условия частичной инверсии, а не только нормальные условия (Гордеева, Зинченко, 1982; Гордеева, 1995).

В последние годы активно проводятся исследования с применением методов нейровизуализации с целью изучения вклада различных мозговых структур в процессы формирования сенсомоторных навыков и их перестройки при пространственных искажениях и временных задержках зрительной обратной связи (Bedard, Sanes, 2014; Shergill et al, 2013). Так, в одной из недавних работ (Limanowski et al, 2017) испытуемые прослеживали рукой движение объекта в трехмерной виртуальной среде с помощью специальной перчатки, при этом периодически вводились временные задержки обратной связи разной длительности. Регистрация активности мозговых структур с помощью функциональной магниторезонансной томографии (fMRI) показала, что длина временной задержки отражалась на активности нижнетеменной и задневисочной коры, а неожиданное введение задержек повышало активность латеральной затылочно-височной коры. Самым любопытным результатом оказались данные о том, что величина ошибки моторного прослеживания коррелирует с активностью передней интрапариетальной извилины в контралатеральном полушарии. Авторы предположили, что именно этот участок «вычисляет» величину ошибки и отвечает за моторную коррекцию искаженной обратной связи (Limanowski et al, 2017).



Гендерные различия в моторно-пространственных способностях. Согласно литературным данным, мужчины имеют преимущество в решении ряда пространственных задач, в том числе в условиях визуально искаженного восприятия (Анастази, 2001; Бендас, 2006). Но в отношении перцептивно-моторной координации превосходство мужчин касается в большинстве случаев крупной моторики и общего положения тела в пространстве; также наблюдаются гендерные различия и в уровне перцептивно-моторной координации в возрастном диапазоне — сравнительный анализ мужской и женской выборок одного возраста указывает на более высокие значения показателей координации у мужчин, чем у женщин (Бендас, 2006). В свою очередь, женщины обладают лучше развитой мелкой моторикой (Анастази, 2001). Поэтому сложно однозначно предсказать, какие способности внесут больший вклад в решение графомоторной задачи — общие пространственные или мелкая моторика рук. Однако на основании обзора исследований, результаты которых указывают на более успешное решение пространственных задач мужчинами, можно предположить, что при решении графомоторной задачи также будет наблюдаться некоторое преимущество мужчин. Кроме того, мужчины лучше ориентируются в зрительно искаженных (неопределенных) условиях восприятия. Преимущество женщин в мелкой моторике, на наш взгляд, не должно оказать существенного влияния на результаты решения графомоторной задачи, поскольку при современном уровне овладения навыками работы с компьютером управление компьютерной мышью является одинаково привычным как для женщин, так и для мужчин, кроме того, мужчины значительно чаще женщин играют в компьютерные игры, связанные с быстрой перцептивно-моторной координацией и управлением мышью.

Цель и гипотезы исследования

Целью исследования является изучение адаптации сложившегося графомоторного навыка к новым условиям управления объектом — искажениям соотношения координат зрительного и моторного полей. На наш взгляд, при данных искажениях нарушаются привычные для испытуемого перцептивно-моторное взаимодействие и зрительная обратная связь. В процедуре описываемого эксперимента происходит не формирование нового моторного навыка, а только его расстройство, а также адаптация к новым условиям осуществления, и нас интересуют особенности протекания этого процесса. Еще одной задачей исследования стало определение взаимосвязи скорости и точности выполнения заданий при разных угловых смещениях и в процессе адаптации к ним (от первой пробы к третьей). Исходя из этого, мы предполагаем, что:

1. Степень расстройства параметров графомоторной деятельности (разрушение навыка) будет возрастать с увеличением угла искажения соотношения между координатами зрительного и моторного полей.
2. Процесс адаптации к компьютерным искажениям соотношения между координатами зрительного и моторного полей будет зависеть от величины угла искажения.
3. Скорость и точность выполнения заданий взаимосвязаны таким образом, что чем быстрее они выполняются, тем больше допускается ошибок, и наоборот. Однако эта взаимосвязь будет различаться при разных угловых смещениях.
4. В процессе адаптации к компьютерным искажениям будет теснее проявляться взаимосвязь скорости и точности выполнения заданий (при переходе от первых проб каждого условия к третьим).



5. В зависимости от пола испытуемых будет различаться степень расстройств и адаптации графомоторной деятельности к компьютерным искажениям соотношения между координатами зрительного и моторного полей — у мужчин по сравнению с женщинами будут выше скорость и качество выполнения графомоторной задачи и степень адаптации.

Методика исследования

Участники. В эксперименте добровольно приняли участие 25 студентов Государственного университета «Дубна», учащихся на разных кафедрах и направлениях. Возраст участников — от 17 до 25 лет (средний возраст — 19,64). Среди них 12 девушек и 13 юношей. Зрение у всех участников было нормальным или скорректированным до нормального с помощью очков/контактных линз. У всех участников ведущая рука — правая.

Процедура. Эксперимент проводился в константных условиях лаборатории экспериментальных исследований кафедры психологии университета «Дубна» в отсутствие посторонних людей и шумов, за одним и тем же столом, с одинаковым оборудованием для всех участников эксперимента.

Участникам эксперимента на экране ноутбука (диагональ 12") в графическом редакторе «Paint» предьявлялось кольцо, образованное двумя окружностями синего цвета (рис. 1). Диаметр внешней окружности на экране составлял 116 мм, а внутренней — 110 мм.

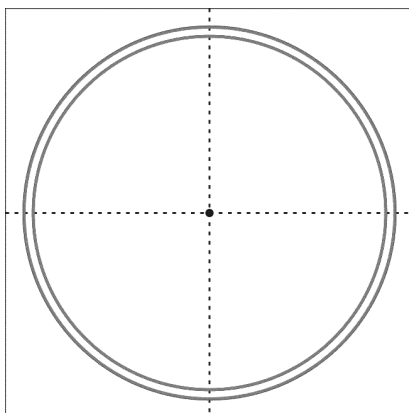


Рис. 1. Предъявляемый на экране компьютера стимульный материал

Задача участников состояла в проведении с помощью мышки линии внутри кольца с максимальной скоростью и точностью. *Инструкция* для испытуемых звучала следующим образом: «Перед собой на экране Вы видите кольцо. Ваша задача — с помощью мышки провести линию внутри этого кольца как можно быстрее и по возможности не «заезжая» за его пределы. Рисовать нужно начинать с верхней точки и двигаться далее по часовой стрелке желательно одним нажатием кнопки (не отпуская)».

В эксперименте привычный навык осуществления графических действий курсором мыши за счет манипулирования ею требуется адаптировать к новым условиям: движения курсора на экране и самой мыши на столе разнонаправлены. Осуществляется это за счет специальной компьютерной программы (подробнее см. подраздел «Программное обеспечение»), позволяющей повернуть движение курсора на любой градус по осям x и y . В эксперименте использовались следующие углы поворота курсора (экспериментальные условия): 0° (контрольное условие), 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 90° , 135° , 180° . Для контроля эффектов по-



следовательности использовалась схема позиционного уравнивания таким образом, чтобы ни одно экспериментальное условие не повторялось в одинаковой позиции и в последовательности с другим более одного раза. Исключением было контрольное условие, всегда предъявляемое первым. Восемь последовательностей равномерно распределены между участниками эксперимента.

На каждое экспериментальное условие отводилось три попытки, т. е. испытуемые рисовали окружность по три раза при каждом значении углового смещения. Степень адаптации анализировалась по разнице в качестве выполнения заданий от первой к третьей пробе. Каждый испытуемый выполнял всего 27 проб. На выполнение всей серии участники тратили от 30 до 60 минут. Для количественной обработки результатов были выбраны два основных параметра: *время* и *точность* выполнения каждой пробы.

Программное обеспечение. В эксперименте было использовано несколько компьютерных программ. Стимульный материал предъявлялся участникам эксперимента в графическом редакторе «*Paint*», входящим в пакет стандартных программ ОС «*Windows*», а дальнейшая обработка проводилась на основе сохраненного растрового изображения в bmp-формате. С помощью специальной компьютерной программы «*SakasaMouse*»¹ движение курсора мыши на мониторе компьютера смещалось в зависимости от серии эксперимента на некоторый градус (всего 8 вариантов искажений плюс контрольное условие). Программа предназначена для изменения направления движения курсора мыши по осям *x* и/или *y*. Угол смещения задается вручную (рис. 2).

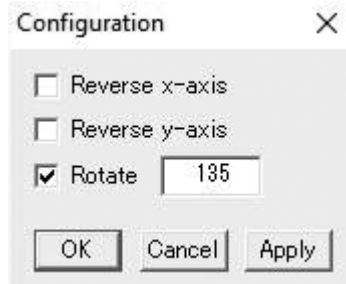


Рис. 2. Окно программы «*SakasaMouse*», в котором задается смещение направления движения курсора компьютерной мыши

Параллельно с процедурой выполнения задания происходила регистрация параметров движения мыши и затраченного времени в программе «*Power Graph*»². По этим данным мы имели возможность проследить, как разворачивается во времени процесс рисования. Если в графическом редакторе виден только конечный результат, то в «*Power Graph*» можно видеть, как происходило движение, где были временные задержки, резкие движения и т. д. Кроме того, с помощью «*Power Graph*» «засекалось» время выполнения каждой пробы.

Для оценки точности выполнения графомоторных действий нами была разработана специальная компьютерная программа, анализирующая отклонение линии, проведенной ис-

¹ Данная программа находится в свободном доступе, является бесплатной и не имеет авторских ограничений ее использования (кроме коммерческих целей). Авторские права принадлежат Ara (ara999@gmail.com) (Japanese). (Version 1.03).

² Программное обеспечение «*Power Graph*» предназначено для записи, визуализации, обработки и хранения аналоговых сигналов, регистрируемых с помощью аналогово-цифровых преобразователей (АЦП). Производитель: ООО «ДИСофт», 2016. (Версия 3.3.9).



пытуемым, от «идеальной» траектории, находящейся посередине кольца. Оценка точности производилась в данной программе по полученным в ходе эксперимента bmp-изображениям. В качестве «идеальной» окружности рассматривалась окружность, имеющая радиус, представленный как средняя величина радиусов двух образующих кольцо синих окружностей, на которые ориентировался испытуемый. Алгоритм программы начинал поиск с верхней точки кольца, перебирая все точки (пиксели) на изображении. Как только находилась черная точка на линии, нарисованной испытуемым, то до нее по теореме Пифагора рассчитывалось расстояние от центра окружности и вычислялась абсолютная величина разности с радиусом идеальной окружности. Далее все эти абсолютные величины разностей суммировались, и это значение служило показателем точности выполнения задания, измеряемым в пикселях.

Количественная обработка полученных результатов проводилась в статистической программе «Statistica 8» методами многофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями и корреляционного анализа.

Результаты и обсуждение

Время выполнения задания плавно возрастало при увеличении угла искажения ($F(8,192) = 11,841; p < 0,001$). Эта динамика наблюдалась для всех трех проб каждого экспериментального условия (рис. 3). Наибольшего времени выполнения потребовали задания с искажением в 135° и 180° . Post-hoc-анализ показал, что только при условии искажения в 135° и 180° значения времени выполнения задания существенно отличались от значений времени выполнения задания при малых искажениях ($0-60^\circ$), тем не менее эти значения не достигали уровня значимости, который был достигнут при выполнении заданий при искажении в 75° и 90° .

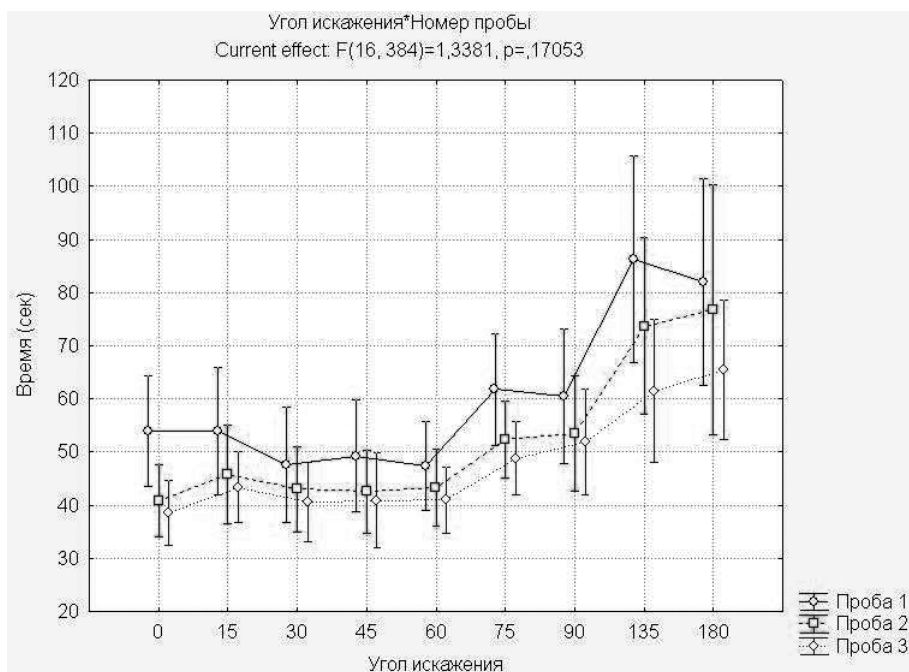


Рис. 3. График зависимости времени выполнения графомоторного задания от величины угла искажения отдельно по трем пробам каждого условия



Точность выполнения задания тоже значительно снижается при увеличении угла искажения ($F(8, 192) = 8,884; p < 0,001$), но не так однонаправленно, как время. На рис. 4 видно, что условие 135° стоит особняком от остальных — для него характерны максимальные число ошибок и разброс значений. Только это условие значимо отличается от остальных по результатам *post-hoc*-анализа. Однако если его исключить из обработки, то значимыми окажутся отличия точности при смещениях в $75^\circ, 90^\circ$ и 180° от остальных ($0-60^\circ$). Таким образом, мы выделили три группы угловых смещений на основании точности выполнения: $0-60^\circ$ — количество ошибок невелико; $75^\circ, 90^\circ, 180^\circ$ — количество ошибок заметно выше; 135° — наибольший разброс значений и максимальное число ошибок (максимальная степень расстройтва графомоторного навыка).

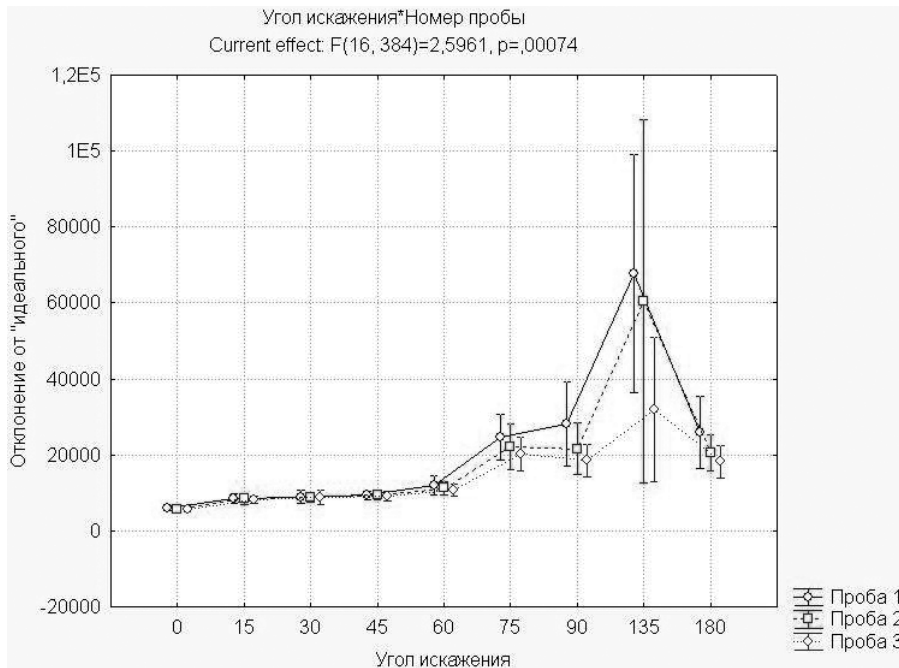


Рис. 4. График зависимости точности выполнения графомоторного задания от величины угла искажения отдельно по трем пробам каждого условия

Интересным представляется, что искажение в 180° вызывает меньше затруднений, чем искажение 135° (рис. 5). Мы предполагаем, что поправки, которые необходимо внести в движение руки при искажениях 90° и 180° , легче рассчитать логически (например, при 180° испытуемый понимает, что нужно вести мышку вправо, чтобы получить движение курсора влево). Гораздо труднее рассчитать нужное направление при искажении в 135° , и приходится полагаться в большей степени на непосредственную перцептивно-моторную коррекцию результатов методом проб и ошибок в онлайн режиме.

Адаптация к искажениям *по времени* происходит при всех условиях эксперимента, что видно на рис. 3. Время выполнения заданий плавно уменьшается от первой пробы к третьей на высоком уровне значимости ($F(2, 48) = 45,785; p < 0,001$).

Точность выполнения статистически значимо возрастает от первой попытки к третьей ($F(2, 48) = 7,202; p = 0,002$). Однако если посмотреть на график на рис. 4, видно, что

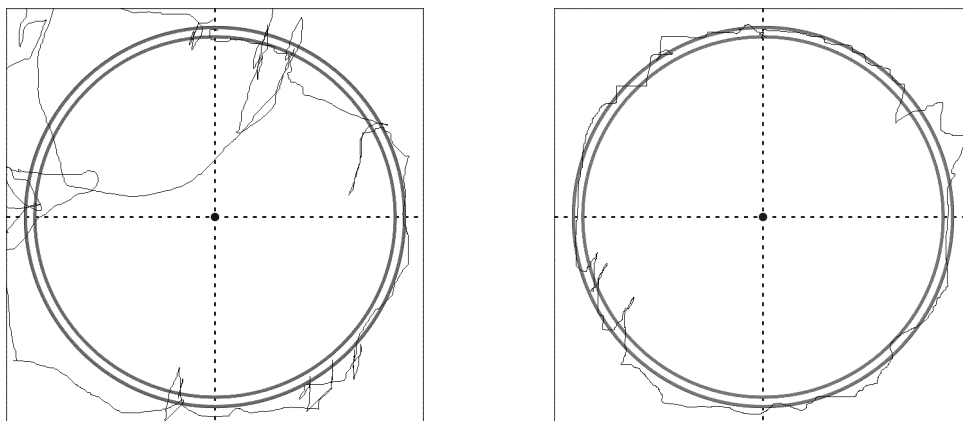


Рис. 5. Пример выполнения первых проб одним испытуемым при углах искажения 135° (слева) и 180° (справа)

значимость в основном достигается за счет большого разброса значений на 135°. К тому же на данном рисунке невозможно рассмотреть различия на углах от 0° до 75°. Чтобы получить более точные данные, был проведен статистический анализ отдельно по каждому углу искажения. При углах искажения от 0° до 60° включительно не обнаружено значимых различий между точностью выполнения первой, второй и третьей проб. Для искажений в 75° и 90° были обнаружены статистически значимые различия ($p = 0,044$ и $p = 0,008$) — точность плавно возрастает от первой пробы к третьей. Для условий 135° и 180° обнаружена та же динамика возрастания точности, но на уровне статистической тенденции ($p = 0,056$ и $p = 0,099$ соответственно). Таким образом, мы снова наблюдаем три условные группы: 0–60° (включительно); 75° и 90°, 135° и 180°. В условиях искажения до 75° все три пробы выполняются с примерно одинаковой точностью, при искажениях в 75°, 90°, 135° и 180° точность возрастает от первой пробы к третьей (но с разной статистической значимостью).

Эти данные можно объяснить тем, что при относительно небольших углах искажения графомоторика нарушается незначительно, поэтому либо испытуемые не стремятся улучшить ее, либо, даже если и происходит увеличение точности от первой пробы к третьей, оно незначительно по абсолютным величинам. Большие угловые искажения (75° и 90°) приводят к достаточно существенным нарушениям графомоторики. Испытуемые закономерно стараются улучшить свои результаты и достигают достаточно высоких результатов в отличие от таких же попыток в условиях искажения на 135° и 180°. Мы предполагаем, что нарушения графомоторики при самых больших искажениях (135° и 180°) настолько существенны, что не всегда могут быть скорректированы за три (дающиеся в эксперименте) попытки. Большинству испытуемых требуется большее число проб для значимого улучшения своих результатов. Для более детального изучения процесса формирования нового графомоторного навыка управления компьютерной мышью в сильно искаженных условиях отражения результатов моторных действий требуется значительно больше проб.

Взаимосвязь точности и времени выполнения графомоторной задачи. Помимо анализа отдельных параметров решения графомоторной задачи (времени и точности) также интересно выявить особенности их взаимосвязи, с целью чего был проведен корреляционный анализ. Его общая картина показывает явное преимущество обратных (отрицательных) корреляций между временем и точностью выполнения задачи (см. табл. 1).



Вполне предсказуемо, что чем медленнее человек выполняет графомоторную задачу, тем качественнее (точнее) будет его результат.

Таблица 1

Значения коэффициентов линейной корреляции по Пирсону между временем и точностью выполнения заданий при разных углах смещения отдельно по трем пробам (не включено контрольное условие)

Угол смещения	15°			30°			45°			60°		
	Проба I	Проба II	Проба III	Проба I	Проба II	Проба III	Проба I	Проба II	Проба III	Проба I	Проба II	Проба III
Коэффициент корреляции	-,221	-,062	-,384	-,311	-,449*	-,293	-,333	-,449*	-,448*	-,443*	-,52**	-,526**
Уровень знач.	,289	,768	,058	,130	,024*	,155	,104	,024*	,025*	,027*	,008**	,007**
Угол смещения	75°			90°			135°			180°		
	Проба I	Проба II	Проба III	Проба I	Проба II	Проба III	Проба I	Проба II	Проба III	Проба I	Проба II	Проба III
Коэффициент корреляции	-,228	-,270	-,57**	,226	-,091	-,119	,274	,359	-,167	-,184	,245	,092
Уровень знач.	,274	,192	,003**	,278	,665	,571	,185	,078	,426	,380	,239	,663

Но результаты оказались не столь однозначными. Статистически значимые корреляции между скоростью и точностью выполнения графомоторной задачи наблюдаются только во второй пробе условия 30° ($p=0,024$), второй и третьей пробах условия 45° ($p=0,024$; $p=0,025$), во всех трех пробах условия 60° ($p=0,024$; $p=0,008$; $p=0,007$) и в третьей пробе условия 75° ($p=0,003$).

Таким образом, связь между скоростью и точность выполнения обнаруживается только в условиях с искажениями 30–75° и наиболее выражена при углах 45° и 60°. Такие данные поддаются интерпретации в русле изложенного выше анализа. На малых углах искажения (15–30°) графомоторика нарушается незначительно, и скорость выполнения задачи никак не сказывается на точности — можно рисовать с любой скоростью одинаково точно. В средних по величине условиях искажений (45–60°) графомоторные навыки ощутимо расстраиваются, испытуемые стремятся улучшить свои результаты, и снижение скорости позволяет совершать более точные движения. При более значительных искажениях (75° и выше) пропадает значимая связь между временем и точностью решения графомоторной задачи. Здесь одно лишь увеличение времени не позволяет значительно улучшить точность движений.

Кроме того, обратим внимание на знак коэффициентов корреляции. Оказалось, что при условиях с искажениями от 90° начинают появляться положительные корреляции (хоть и с недостаточным уровнем значимости). Получается, что иногда увеличение затрачиваемого на выполнение задачи времени приводит к обратному результату — ухудшению точности. Это объясняется тем, что в попытках адаптировать свои движения участники



эксперимента совершают много неверных движений. Такая динамика может отражать, в том числе, ситуации, когда испытуемый «запутывается», не понимает, в какую сторону ему необходимо двигать руку, чтобы решить задачу, и начинает анализировать или совершать хаотичные движения мышью. Как ни парадоксально, этого удается избежать, совершая меньше попыток приблизить свои движения к «идеальной» траектории и тратя на это соответственно в целом меньше времени. Эти данные согласуются с нашим предположением о том, что при существенных искажениях не происходит значимого улучшения результата решения задачи. Другими словами, испытуемый не успевает адаптировать свои движения в соответствии с новыми условиями за время трех экспериментальных проб.

Скорость и точность выполнения графомоторной задачи и адаптация к искажениям в зависимости от пола. Статистически значимых различий между результатами испытуемых разного пола обнаружено не было. Возможно, на такой результат повлияло небольшое количество испытуемых в двух подгруппах (12 девушек, 13 юношей). На уровне статистической тенденции ($F(1, 23) = 3,2; p = 0,087$) испытуемые женского пола тратят в целом несколько больше времени на решение задачи (вне зависимости от условия эксперимента). Больше всего времени для испытуемых женской группы потребовало выполнение заданий при угле искажения 135° , а для мужского пола — 180° , хотя эти различия были не столь выраженными (рис. 6).

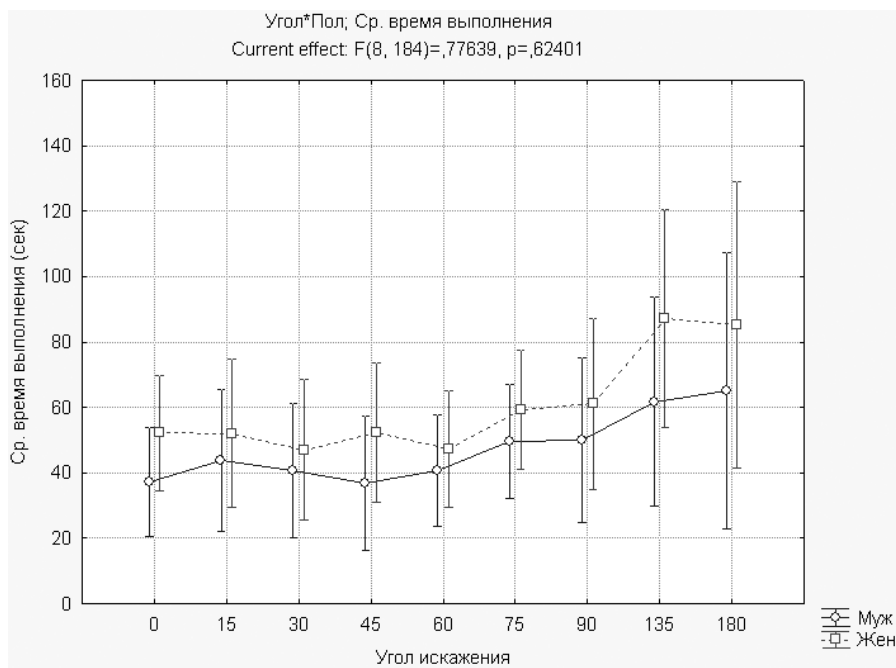


Рис. 6. График времени выполнения заданий в зависимости от величины угла искажения и пола испытуемых

Похожие результаты получены относительно гендерных различий в *точности* выполнения задачи. Выявилась тенденция ($F(1, 23) = 3,177; p = 0,088$), показывающая, что испытуемые мужской группы выполняют задание точнее, чем испытуемые-женщины. Взаимодействие пола испытуемого и угла искажения (по точности выполнения) оказалось значимым ($F(8, 184) = 3,342; p = 0,001$), но это достигается в основном за счет различий при



угле искажения 135° (рис. 7). Именно это условие вызывает сильные трудности (как по *времени*, так и по *точности* выполнения графомоторной задачи) у испытуемых женского пола и не вызывает их у испытуемых мужского пола, что может быть связано с общими гендерными различиями в пространственном мышлении и перцептивно-моторной координации.

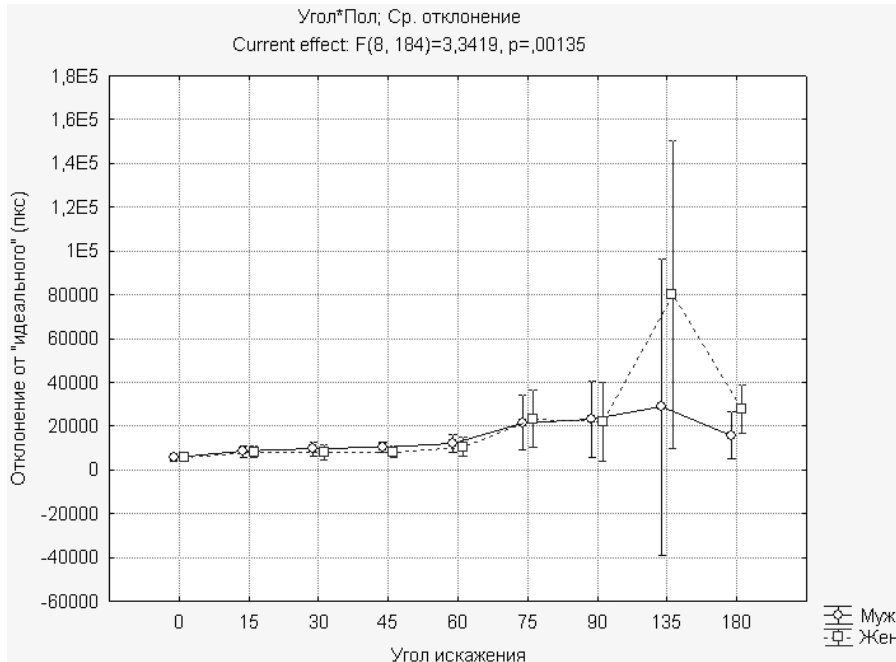


Рис. 7. График точности выполнения заданий в зависимости от величины угла искажения и пола испытуемых

Сравнительные примеры качества выполнения первой пробы при условии искажения 135° испытуемыми женского и мужского пола можно увидеть на рис. 8.

Статистически значимого влияния пола испытуемых на *адаптацию* по времени и точности от первой попытки к третьей не обнаружено. У мужчин и у женщин наблюдается одинаковая динамика: по времени — возрастание скорости выполнения задачи от первой попытки к третьей, по точности — улучшение качества выполнения задачи от первой попытки к третьей.

Выводы

1. Степень расстройств параметров графомоторной деятельности возрастает с увеличением угла компьютерного искажения соотношения между координатами зрительного и моторного полей. Чем больше угол искажения, тем больше времени требуется на выполнение заданий и тем ниже их точность. Более детальный анализ позволил выделить три группы углов искажения по степени влияния на расстройство графомоторных навыков. При углах искажения от 0° до 60° нарушения скорости и точности выполнения заданий выражены незначительно и легко корректируются. Заметно большие трудности вызывают искажения 75° , 90° и 180° . Самые выраженные расстройства проявились при угле искажения 135° , что, вероятно, связано с трудностями логической корректировки программы графомоторного навыка.

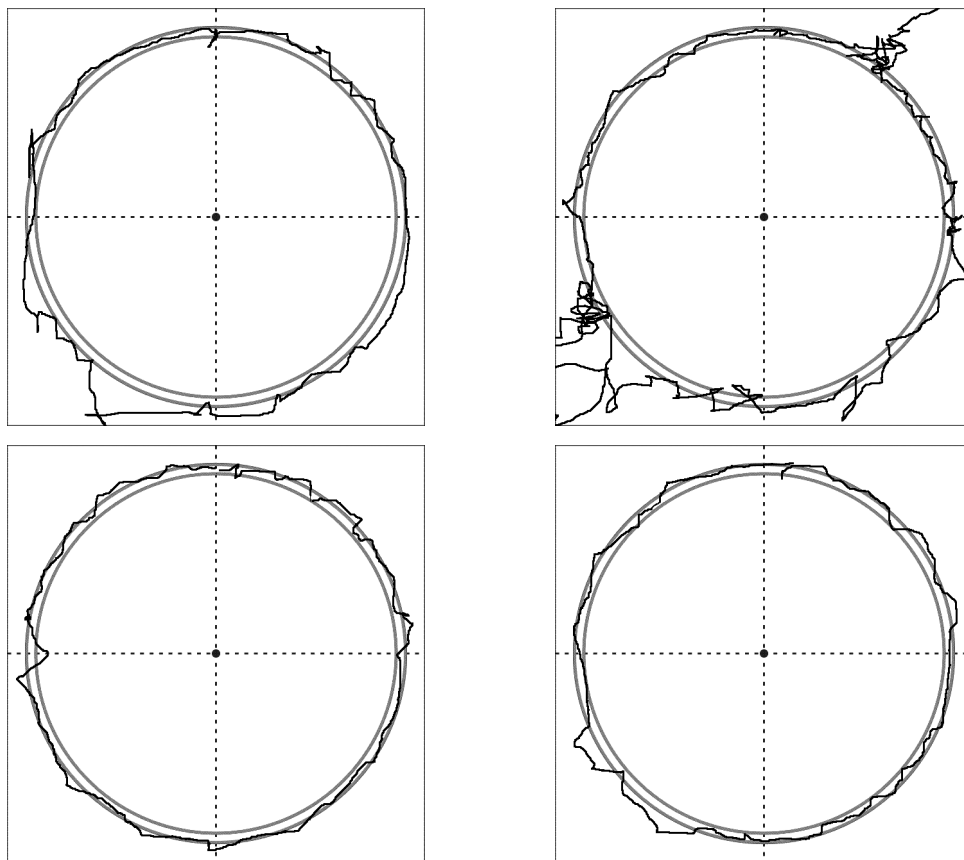


Рис. 8. Примеры выполнения первой пробы при угле искажения 135° двумя испытуемыми женского пола (вверху) и двумя испытуемыми мужского пола (внизу)

2. Адаптация к компьютерным искажениям соотношения между координатами зрительного и моторного полей также различается в зависимости от величины угла искажения, но не столь однозначно. При небольших углах искажения от 0° до 60° от первой к третьей пробе испытуемые не стремятся к улучшению результатов, возможно, в связи с незначительными нарушениями. Наиболее выражена динамика адаптации при углах искажения 75° и 90° — результаты третьих проб значительно лучше первых. При самых больших углах искажения 135° и 180° отмечается тенденция к улучшению результатов, но трех попыток явно недостаточно для их значимого улучшения.

3. Время и точность выполнения графомоторной задачи в условиях искажения коррелируют между собой, причем преобладают обратные корреляции — чем больше времени испытуемый тратит на решение задачи, тем более точно она выполняется. Наиболее значимые взаимосвязи наблюдаются при искажениях 45° и 60° . Начиная с искажения в 90° , появляются положительные корреляции. То есть при существенных искажениях увеличение затрачиваемого на решение задачи времени не приводит к ожидаемому улучшению точности, а порою, наоборот, ухудшает результат.

4. Анализ результатов не выявил значимых гендерных различий по параметрам выполнения графомоторной задачи в искаженных условиях и по характеристикам адапта-



ции к этим искажениям. Однако тенденция к более быстрому и точному выполнению заданий испытуемыми мужского пола, особенно при больших углах искажения, позволяет планировать дальнейшие исследования в данном направлении на более представительных выборках.

Заключение

Нами была проведена работа по экспериментальному исследованию перцептивно-моторной координации и адаптации в условиях компьютерного искажения соотношения координат моторного и зрительного полей. В теориях и экспериментах, на которые мы опирались при проведении и планировании своего эксперимента, в большинстве делается акцент на изучении перцептивной составляющей процесса зрительно-моторной координации. Наш эксперимент дополняет картину исследований моторной составляющей. В качестве примера перцептивно-моторной координации нами был выбран графомоторный навык, что позволяет расширить данное исследование, выбрав уклон в педагогическую практику или изучение динамических характеристик почерка и его формирования/изменения.

Изучение интермодального конфликта часто ассоциируется с классическими исследованиями оптических искажений поля зрения (60–70-е гг. XX в.). Наше исследование (вместе с другими) дополняет эту картину, описывая интермодальный конфликт на основе локальных искажений зрительной обратной связи от движения руки, что может способствовать снижению влияния второстепенных факторов.

Условия эксперимента позволяют наблюдать динамику процесса адаптации в объективных «единицах измерения», таких как скорость и количество ошибок. Выбор и адекватность этих параметров указывают на внутреннее сходство процесса адаптации и процесса формирования/изменения моторного навыка. Исходя из результатов эксперимента, можно говорить о том, что адаптация происходит только при определенной степени нарушения соотношения координат зрительного и моторного полей. При небольших углах искажения адаптация оказывается ненужной для качественного выполнения задачи, а при больших углах искажения требует дополнительных усилий. Полученные в ходе эксперимента данные позволяют проследить динамику научения и перестройки навыка, а также определить характер условий, оказывающих существенное влияние на перцептивную адаптацию.

Представленное экспериментальное исследование отличается простотой технического осуществления, в отличие от многих других (изучающих глазодвигательные движения, призматические искажения, моторные навыки управления манипуляторами разного типа и т. п.), оно не требует использования сложной аппаратуры, не нагружает зрение участников дополнительными оптическими системами.

Проведенное исследование вносит вклад в изучение фундаментальных проблем восприятия, адаптации, а также в разработку общей проблемы отношения восприятия и действия, в изучение процессов перцептивно-моторной адаптации к визуальным искажениям, роли перцептивного контроля в процессе осуществления действий.

Результаты исследования могут быть применены в разных областях перцептивной психологии, медицины и коррекции: эргономике (скорость и способность рабочих адаптировать свои действия к измененным условиям, избегание искажений, к которым сложно или невозможно адаптировать свои действия); восстановлению нарушенных двигательных функций и оценке хода и качества процесса восстановления. Кроме того,



разработанная экспериментальная методика может использоваться в других научных исследованиях, а также в качестве теста на гибкость (адаптивность) перцептивно-моторной координации. Кроме того, данная методика может быть использована и для диагностики некоторых личностных особенностей: стрессоустойчивости по отношению к повторяющимся однообразным и сложным задачам, целеустремленности при затруднениях в выполнении поставленной задачи, уровня самоотношения в ситуации, когда не получается выполнить задачу настолько качественно, как хотелось бы; особенностей построения стратегии решения сложной перцептивно-моторной задачи — быстро и менее качественно, либо более точно, но с большими временными затратами. Такого рода метод может найти применение как в консультационной практике, так и, например, в кадровой и профорientационной работе.

Благодарности

Работа выполнена на базе Государственного университета «Дубна». Авторы благодарят за помощь в сборе данных для исследования руководителя лаборатории экспериментальных исследований при кафедре психологии факультета социальных и гуманитарных наук Государственного университета «Дубна» А.И. Назарова.

Литература

1. Анастаси А. Дифференциальная психология. Индивидуальные и групповые различия в поведении: учеб. пособие. М.: Апрель Пресс, ЭКСМО-Пресс, 2001. 752 с.
2. Бавро Н.И. Интермодальная координация зрительных и проприоцептивных пространственных образов (новые феномены и их механизмы): автореф. дисс. ... канд. психол. наук. М., 1993. 24 с.
3. Барабанищikov В.А. Детерминация перцептивного процесса (к вопросу об объяснении феноменов восприятия) // Методология и история психологии. Т. 3. 2008. № 1. С. 117—127.
4. Барабанищikov В.А. Динамика зрительного восприятия. М.: Наука, 1990. 240 с.
5. Белопольский В.И. Пространственные системы отсчета и управление поведением человека // Знание. Понимание. Умение. 2012. № 4. С. 268—274.
6. Белопольский В.И. Функциональная структура и динамика зрения человека: автореф. дисс. ... д-ра психол. наук. М., 2008. 51 с.
7. Бендас Т.В. Гендерная психология: учеб. пособие. СПб.: Питер, 2006. 431 с.
8. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. 349 с.
9. Большой психологический словарь / Под ред. Б.Г. Мещерякова, В.П. Зинченко. 4-е изд. СПб.: Прайм-Еврознак, 2009. 811 с.
10. Восприятие и действие / А.В. Запорожец, В.П. Зинченко, Л.А. Венгер, А.И. Рузская. М.: Просвещение, 1967. 322 с.
11. Гордеева Н.Д. Экспериментальная психология исполнительного действия. М.: Тривола, 1995. 324 с.
12. Гордеева Н.Д., Зинченко В.П. Функциональная структура действия. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982. 208 с.
13. Запорожец А.В. Восприятие, движение, действие // Избранные психологические труды: в 2 т. Т. 1. Психическое развитие ребенка / Под. ред. В.В. Давыдова, В.П. Зинченко. М.: Педагогика, 1986. С. 119—153.
14. Захарченко Д.В. Изменение параметров окулomotorных и двигательных реакций оператора под действием алкоголя: дисс. ... канд. биол. наук. М., 2015. 105 с.
15. Зинченко В.П., Вергилес Н.Ю. Формирование зрительного образа. М.: Изд-во МГУ, 1969. 106 с.
16. Ильин Е.П. Психомоторная организация человека: учебник для вузов. СПб.: Питер, 2003. 382 с.
17. Коц Я.М. Спортивная физиология: учебник для институтов физической культуры. М.: Физкультура и спорт, 1986. 240 с.



18. Логвиненко А.Д., Жедунова Л.Г. Адаптация к инверсии сетчаточных изображений: непрерывное ношение инвертоскопа не является необходимым // Вопросы психологии. 1981. № 6. С. 83–92.
19. Логвиненко А.Д., Жедунова Л.Г. Адаптация к инвертированному зрению // Вопросы психологии. 1980. № 6. С. 97–108.
20. Логвиненко А.Д., Жедунова Л.Г. Адаптация к оптическим трансформациям сетчаточного изображения // Вопросы психологии. 1980. № 5. С. 149–161.
21. Общая психология: в 7 т.: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. Б.С. Братуся. Т. 2: Ощущение и восприятие. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 416 с.
22. Психомоторный тест для диагностики зрительно-моторной координации при прослеживании движущихся объектов / В.Б. Дорохов, Г.Н. Арсеньев, Т.П. Лаврова, О.Н. Ткаченко, А.Н. Пучкова, В.В. // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / Под. ред. В.А. Барабанщикова. М.: Институт психологии РАН, 2010. С. 252–256.
23. Рок И., Харрис Ч. Зрение и осязание // Восприятие. Механизмы и модели / Пер.с англ. Л.Я. Белопольского, Ю.И. Лашкевича; под ред. Н.Ю. Алексеенко. М.: Мир, 1974. С. 275–289.
24. Соловьёва Л.В. Развитие мелкой моторики как основа формирования графомоторных навыков у младших школьников (обобщение опыта работы). Шарья: ЦДиК, 2015. 25 с.
25. Человеческий фактор: в 6 т. Т. 1. Эргономика — комплексная научно-техническая дисциплина / Под ред. Г. Салвенди. М.: Мир, 1991. 599 с.
26. Шиффман Х.Р. Ощущение и восприятие. 5-е изд. СПб.: Питер, 2003. 928 с.
27. Энциклопедия кибернетики: в 2 т. Т. 1 / Под. ред. В.М. Глушкова, Н.М. Амосова, И.А. Артеменко. К.: Главная редакция украинской советской энциклопедии, 1974. 608 с.
28. Ястребцев В.С. Экспериментальное исследование влияния инверсии пространства на точность выполнения движения // Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы / Под. ред. В.А. Барабанщикова. М.: Институт психологии РАН, 2010. С. 337–341.
29. Bauer J. A., Held R. Comparison of visually guided reaching in normal and deprived infant monkeys // Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes. 1975. Vol. 1. P. 298–308.
30. Bedard P., Sanes J.N. Brain representations for acquiring and recalling visual–motor adaptations // NeuroImage. 2014. Vol. 101. P. 225–235.
31. Held R., Bossom J. Neonatal deprivation and adult rearrangement: Complementary techniques for analyzing plastic sensory-motor coordinations // Journal of Comparative and Physiological Psychology. 1961. Vol. 54. № 1. P. 33–37.
32. Held R., Hein A. Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior // Journal of Comparative and Physiological Psychology. 1963. Vol. 56. P. 872–876.
33. Kohler I. Experiments with goggles // Scientific American. 1962. Vol. 206. P. 62–86.
34. Limanowski J., Kirilina E., Blankenburg F. Neuronal correlates of continuous manual tracking under varying visual movement feedback in a virtual reality environment // NeuroImage. 2017. Vol. 146. P. 81–89.
35. Modulation of somatosensory processing by action / S.S. Shergill, T.P. White, D.W. Joyce, P.M. Bays, D.M. Wolpert, Ch.D. Frith // NeuroImage. 2013. Vol. 70. P. 356–362.
36. Stratton G.M. Vision without inversion of the retinal image // Psychological Review. 1897. Vol. 4. № 4. P. 341–360.



GRAPHIC-MOTOR ADAPTATION TO COMPUTER DISTORTIONS BETWEEN COORDINATES OF THE VISUAL AND MOTOR FIELDS

TERESCHENKO T.V.*, State University Dubna, Dubna, Russia,
e-mail: tereschenkotv@gmail.com

SOKOLOV P.B.**, State University Dubna, Dubna, Russia,
e-mail: sokolov-r@yandex.ru

GONCHAROV O.A.***, RANEPa, Moscow, Russia,
e-mail: oleggoncharov@inbox.ru

The article presents. The paper is devoted to perceptual-motor coordination and adaptation in the conditions of computer distortion between the coordinates of motor and visual fields. We studied experimentally changes and relationship between the speed and accuracy of motor execution at different angular displacements of the computer mouse movement, adaptation to the changed conditions of the cursor movement perception, gender differences in speed and quality of the graphic-motor task. The experiment was carried out in a computer version. It is used nine conditions of angular displacements (from 0° to 180°). 25 subjects participated in the experiment: 12 women and 13 men aged 17-25 years. According to the results, speed and accuracy of the graphic-motor task are decreasing with increasing angular displacement ($p < 0,001$). We identified three groups of angular displacement according to the degree of accuracy and adaptation. The largest range of values and errors is observed at the angular displacement in 135°. At small angular displacements (less 75°) the increase of execution time leads to accuracy improvement, but at the angles more than 90° it leads to accuracy decline. Gender differences were at the level of statistical trend ($p = 0,087$) – men performed tasks faster and more accurately than women, but adaptation to the changed conditions was almost equal.

Keywords: perceptual-motor coordination, graphic-motor skill, adaptation to visual feedback distortion, gender differences in motor-spatial abilities.

Acknowledgements

The research was supported by State University Dubna. The authors are grateful for assistance in data collection guide of Experimental Researches Laboratory at Department of Psychology, State University Dubna Nazarov A.I.

References

1. Anastazi A. *Differentsial'naya psikhologiya. Individual'nye i gruppovye razlichiya v povedenii: ucheb. Posobie [Differential psychology. Individual and group distinctions in behavior]*. Moscow, Aprel' Press, EKSMO-Press, 2001. 752 p. (In Russ.).

For citation:

Tereschenko T.V., Sokolov P.B., Goncharov O.A. Graphic-motor adaptation to computer distortions between coordinates of the visual and motor fields. *Exsperimental'naya psikhologiya = Experimental psychology (Russia)*, 2018, vol. 11, no. 1, pp. 92–113. doi:10.17759/expsy.2018110106

* Tereschenko T.V. PhD student, Department of social sciences and humanities, State University Dubna. E-mail: tereschenkotv@gmail.com

** Sokolov P.B. Senior lecturer, Department of social sciences and humanities, State University Dubna. E-mail: sokolov-r@yandex.ru

*** Goncharov O.A. Doctor in Psychology, Professor, Department of general psychology, RANEPa. E-mail: oleggoncharov@inbox.ru



2. Barabanshchikov V.A. Determinatsiya pertseptivnogo protsessa (k voprosu ob ob'yasnenii fenomenov vospriyatiya) [Determination of perceptual process (to a question about an explanation of perception's phenomena)]. *Metodologiya i istoriya psikhologii*. [Methodology and history of psychology], 2008, vol. 3, no. 1, pp. 117–127. (In Russ.).
3. Barabanshchikov V.A. *Dinamika zritel'nogo vospriyatiya* [Dynamics of visual perception]. Moscow, Nauka, 1990. 240 p. (In Russ.).
4. Bavro N.I. *Intermodal'naya koordinatsiya zritel'nykh i propriotseptivnykh prostranstvennykh obrazov (novye fenomeny i ikh mekhanizmy)* Avtoref. diss. na soiskanie uchenoi stepeni kandidata psikhologicheskikh nauk. [Intermodal coordination visual and propriotseptivnykh of spatial images. PhD thesis]. Moscow, 1993. 24 p. (In Russ.).
5. Bauer J. A., Held R. Comparison of visually guided reaching in normal and deprived infant monkeys. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 1975, vol. 1, p. 298–308.
6. Belopol'skii V.I. *Funktsional'naya struktura i dinamika vzora cheloveka* Avtoref. diss. na soiskanie uchenoi stepeni doktora psikhologicheskikh nauk [Functional structure and dynamics of the person's look. Doctoral thesis]. Moscow, 2008. 51 p. (In Russ.).
7. Belopol'skii V.I. *Prostranstvennye sistemy otscheta i upravlenie povedeniem cheloveka* [Spatial reference systems and management of behavior of the person]. *Znanie. Ponimanie. Umenie* [Knowledge. Understanding. Ability], 2012, no. 4, pp. 268–274. (In Russ.).
8. Bendas T.V. *Gendernaya psikhologiya* [Gender psychology]. Saint-Petersburg, Piter, 2006. 431 p. (In Russ.).
9. Bedard P., Sanes J.N. Brain representations for acquiring and recalling visual–motor adaptations. *NeuroImage*, 2014, vol. 101, pp. 225–235.
10. Bernshtein N.A. *Ocherki po fiziologii dvizhenii i fiziologii aktivnosti* [Sketches on physiology of movements and physiology of activity]. Moscow, Meditsina, 1966. 349 p. (In Russ.).
11. *Bol'shoi psikhologicheskii slovar'* [Big psychological dictionary]. In Meshcheryakov B.G., Zinchenko V.P. (eds.). Saint-Petersburg, Praim-Evroznak, 2009. 811 p. (In Russ.).
12. Chelovecheskii factor. Ergonomika – kompleksnaya nauchno-tekhnicheskaya distsiplina [Human factor. Ergonomics – complex scientific and technical discipline]. In Salvendi G. (ed.). Moscow, Mir, 1991. 599 p. (In Russ.).
13. *Entsiklopediya kibernetiki*. [Cybernetics encyclopedia]. In Glushkov V.M., Amosov N.M., Artemenko I.A. (ed.). Kiev, Glavnaya redaktsiya ukrainskoi sovet'skoi entsiklopedii, 1974. 608 p. (In Russ.).
14. Gordeeva N.D. *Eksperimental'naya psikhologiya ispolnitel'nogo deistviya* [Experimental psychology of executive action]. Moscow, Trivola, 1995. 324 p. (In Russ.).
15. Gordeeva N.D., Zinchenko V.P. *Funktsional'naya struktura deistviya* [Functional structure of action]. Moscow, Mosk. University Publ., 1982. 208 p. (In Russ.).
16. Held R., Bossom J. Neonatal deprivation and adult rearrangement: Complementary techniques for analyzing plastic sensory–motor coordinations. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1961, vol. 54, no. 1, pp. 33–37.
17. Held R., Hein A. Movement-produced stimulation in the development of visually guided behavior. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 1963, vol. 56, pp. 872–876.
18. Il'in E.P. *Psikhomotornaya organizatsiya cheloveka* [Psychomotor organization of the person]: *uchebnik dlya vuzov*. Saint-Petersburg, Piter, 2003. 382 p. (In Russ.).
19. Kohler I. Experiments with goggles. *Scientific American*, 1962, vol. 206, pp. 62–86.
20. Kots Ya.M. *Sportivnaya fiziologiya* [Sports physiology]. Moscow, Fizkul'tura i sport, 1986. 240 p. (In Russ.).
21. Limanowski J., Kirilina E., Blankenburg F. Neuronal correlates of continuous manual tracking under varying visual movement feedback in a virtual reality environment. *NeuroImage*, 2017, vol. 146, pp. 81–89.
22. Logvinenko A.D., Zhedunova L.G. Adaptatsiya k inversii setchatochnykh izobrazhenii: nepreryvnoe noshenie invertoskopa ne yavlyaetsya neobkhodimym [Adaptation to inversion of retinal images: continuous carrying an invertoskop isn't necessary]. *Voprosy psikhologii* [Psychology questions], 1981, no. 6, pp. 83–92. (In Russ.).
23. Logvinenko A.D., Zhedunova L.G. Adaptatsiya k invertirovannomu zreniyu [Adaptation to the inverted sight]. *Voprosy psikhologii* [Psychology questions], 1980. № 6. pp. 97–108. (In Russ.).



24. Logvinenko A.D., Zhedunova L.G. Adaptatsiya k opticheskim transformatsiyam setchatochnogo izobrazheniya [Adaptation to optical transformations of the retinal image]. *Voprosy psikhologii [Psychology questions]*, 1980, no. 5, pp. 149–161. (In Russ.).
25. Obshchaya psikhologiya. V 7 t. T. 2: Oshchushchenie i vospriyatie [Feeling and perception]. In Bratus' B.S. (ed.). *Общая психология [General Psychology]*. Moscow, Akademiya, 2007. 416 p. (In Russ.).
26. Psikhomotorni test dlya diagnostiki zritel'no-motornoj koordinatsii pri proslezhivanii dvizhushchikh-sya ob"ektov [The psychomotor test for diagnostics of visual and motor coordination at tracing moving objects]. In Barabanshchikov V.A. (ed.), *Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы [Experimental psychology in Russia: traditions and prospects]*. Moscow, Institut psikhologii RAN, 2010. pp. 252–256. (In Russ.).
27. Rok I., Kharris Ch. Zrenie i osyazanie [Sight and touch]. In Alekseenko N.Yu. (ed.), *Vospriyatie. Mekhanizmy i modeli: per.s angl. L.Ya Belopol'skogo, Yu.I. Lashkevicha [Perception. Mechanisms and models]*. Moscow, Mir, 1974. pp. 275–289. (In Russ.).
28. Shiffman Kh.R. *Oshchushchenie i vospriyatie [Feeling and perception]*. Saint-Petersburg, Piter, 2003. 928 p. (In Russ.).
29. Shergill S.S., White T.P., Joyce D.W., Bays P.M., Wolpert D.M., Frith Ch.D. Modulation of somatosensory processing by action. *NeuroImage*, 2013, vol. 70, pp. 356–36.
30. Solov'eva L.V. *Razvitie melkoi motoriki kak osnova formirovaniya grafomotornykh navykov u mladshikh shkol'nikov (obobshchenie opyta raboty) [Development of small motility as a forming basis the grafomotornykh of skills at younger school students (generalization of a work experience)]*. Shar'ya, TsDiK, 2015. 25 p. (In Russ.).
31. Stratton G.M. Vision without inversion of the retinal image. *Psychological Review*, 1997, vol. 4, no. 4, pp. 341–360.
32. Yastrebtshev V.S. *Экспериментальное исследование влияния инверсии пространства на точность выполнения движения [Experimental study of space inversion's influence on the accuracy of the movement]*. In Barabanshchikov V.A. (ed.), *Экспериментальная психология в России: традиции и перспективы [Experimental psychology in Russia: traditions and prospects]*. Moscow, Institut psikhologii RAN, 2010. pp. 337–341. (In Russ.).
33. Zakharchenko D.V. *Izmenenie parametrov okulomotornykh i dvigatel'nykh reaktsii operatora pod deistviem alkogolya. diss. na soiskanie uchenoi stepeni kandidata biologicheskikh nauk [Change of parameters oculomotor and motive reactions of the operator under the influence of alcohol. PhD thesis]*. Moscow, 2015. 105 p. (In Russ.).
34. Zaporozhets A.V. Vospriyatie, dvizhenie, deistvie [Perception, movement, action]. In Davydov V.V., Zinchenko V.P. (ed.), *Izbrannye psikhologicheskie trudy. V 2 t. T. 1. Psikhicheskoe razvitie rebenka [Chosen psychological works. In 2 vol. Vol. 1. Mental development of the child]*. Moscow, Pedagogika, 1986. pp. 119–153. (In Russ.).
35. Zaporozhets A.V., Zinchenko V.P., Venger L.A., Ruzskaya A.I. *Vospriyatie i deistvie [Perception and action]*. Moscow, Prosveshchenie, 1967. 322 p. (In Russ.).
36. Zinchenko V.P., Vergiles N.Yu. *Formirovanie zritel'nogo obraza [Formation of a visual pattern]*. Moscow, MGU Publ., 1969. 106 p. (In Russ.).