



ИНСТРУМЕНТАРИЙ | TOOLS

Научная статья | Original paper

Многофакторная диагностика перцептивных процессов спортсменов в виртуальной среде и на 2D мониторе

Б.И. Беспалов¹ ✉, С.В. Леонов², А.М. Мухамедов¹, Н.И. Булаева¹,
А.А. Якушина², И.С. Поликанова²

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, Российская Федерация

² Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований,
Москва, Российская Федерация

✉ bespalovb@mail.ru

Резюме

Контекст и актуальность. Одна из актуальных задач спортивной психологии состоит в разработке виртуальных диагностических тренажеров с включением в них батареи многофакторных хронометрических тестов, направленных на оценку перцептивных и двигательных процессов спортсменов и обладающих высоким уровнем надежности и валидности. **Цель** работы состояла в разработке таких тестов для системы виртуальной реальности HTC Vive Pro на базе игровой платформы Unity.

Методы и материалы. В исследовании приняли участие две группы испытуемых: основную группу составили профессиональные хоккеисты, контрольную группу — студенты (по 14 человек в каждой группе). В качестве зависимой переменной было выбрано латентное время двигательных реакций (ВР) испытуемых на момент появления шайбы на площадке, ВР на начало или на направления ее движения. На двух уровнях варьировались четыре переменные — «Среда» (виртуальная или 2D-монитор), «Расстояние» от шайбы до ворот, «Направление» их движения в левую или правую сторону ворот, а также направление в одну из двух близких «Зон» ворот. Все тесты выполнялись вначале на 2D-мониторе, а затем в виртуальной среде. **Результаты.** Показано, что некоторые тестовые показатели обладают высокой критериальной валидностью, т. е. значительно различаются в группе студентов и хоккеистов, а также имеют значимые корреляционные и регрессионные связи с профессиональными показателями хоккеистов. Эти различия и связи объяснялись путем оценивания и сравнения длительности перцептивных и премоторных процессов, таких как восприятие варьлируемых характеристик движения шайб и выбор правильных клавиш ответа на эти характеристики. Ретестовая надежность тестовых показателей, полученных в разных средах, оценивалась по коэффициентам их корреляции и у большинства показателей оказалась высокой. **Выводы.** Это позволяет при разработке виртуальных диагностических тренажеров проводить инструментальную психодиагностику перцептивных и двигательных процессов спортсменов не только в виртуальной среде, но и «в полевых условиях» с помощью динамичных хронометрических тестов, запускаемых на ноутбуке (без шлема VR).

Ключевые слова: хронометрические психологические тесты на платформе Unity, диагностика перцептивных процессов хоккеистов, система виртуальной реальности HTC Vive Pro



Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России проекта «Конвергентное исследование когнитивных процессов для задач комплексной реабилитации с применением технологий виртуальной реальности».

Благодарности. Авторы выражают благодарность тренерам хоккейных команд М.Р. Самохину и А.А. Крученко за помощь в сборе показателей профессионального мастерства хоккеистов.

Для цитаты: Беспалов, Б.И., Леонов, С.В., Мухамедов, А.М., Булаева, Н.И., Якушина, А.А., Поликанова, И.С. (2025). Многофакторная диагностика перцептивных процессов спортсменов в виртуальной среде и на 2D мониторе. *Экспериментальная психология*, 18(1), 200–221. <https://doi.org/10.17759/expsy.2025180113>

Multifactorial diagnostics of perceptual processes of athletes in virtual reality and on a 2 D monitor

B.I. Bespalov¹ ✉, S.V. Leonov², A.M. Mukhamedov¹, N.I. Bulaeva¹,
A.A. Yakushina², I.S. Polikanova²

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

²Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation
✉ bespalovb@mail.ru

Abstract

Context and relevance. One of the urgent tasks of sports psychology is to develop virtual diagnostic simulators with the inclusion of a battery of chronometric tests aimed at assessing the perceptual and motor processes of athletes and possessing a high level of reliability and validity. **Objective.** The purpose of this work was to develop such tests for the HTC Vive Pro virtual reality system based on the Unity gaming platform. **Methods and materials.** Two groups of subjects participated in the study: the main group consisted of professional hockey players, the control group consisted of students (14 people in each group). The latent time of motor reactions (RT) of the subjects to the time of the appearance of the puck on the court, BP to the beginning or to the direction of its movement, was chosen as the dependent variable. Four variables varied on two levels – the «Environment» (virtual or 2D monitor), the «Distance» from the puck to the gate, the «Direction» of their movement to the left or right side of the gates, as well as the direction to one of the two adjacent «Zones» of gates. All tests were initially performed on a 2D monitor, and then in a virtual environment. **Results.** It is shown that some test indicators have high criterion validity, i.e. they differ significantly in the group of students and hockey players, and also have significant correlation and regression relationships with professional indicators. These differences and connections were explained by estimating and comparing the duration of perceptual and premotor processes, such as perceiving varying characteristics of puck movement and choosing the right keys to respond to these characteristics. The retest reliability of the test indicators obtained in different environments was assessed by their correlation coefficients and proved to be high for most indicators. **Conclusions.** This makes it possible, when developing virtual diagnostic simulators, to carry out instrumental psychodiagnostics of perceptual and motor processes of athletes not only in a virtual environment, but also “in the field” using dynamic chronometric tests run on a laptop (without a VR helmet).

Keywords: chronometric psychological tests on the Unity platform, diagnostics of hockey players' perceptive processes, HTC Vive Pro virtual reality system



Funding. The work was carried out with the financial support of the Russian Ministry of Education and Science of the project “Convergent research of cognitive processes for complex rehabilitation using virtual reality technologies”.

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the coaches of the hockey teams M.R. Samokhin and A.A. Kruchenko for their help in collecting indicators of professional skills of hockey players.

For citation: Bespalov, B.I., Leonov, S.V., Mukhamedov, A.M., Bulaeva, N.I., Yakushina, A.A., Polikanova, I.S. (2025). Multifactorial diagnostics of perceptual processes of athletes in virtual reality and on a 2D monitor. *Experimental Psychology (Russia)*, 18(1), 200–221. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/expsy.2025180113>

Введение

В настоящее время системы виртуальной реальности (VR) успешно применяются в психологии при экспериментальном изучении, диагностике, коррекции и терапии психических состояний (Барабанщиков, Селиванов, 2022, 2023; Майтнер, Селиванов, 2021; Селиванов, 2021; Selivanov, Selivanova, Babieva, 2020), при изучении процессов восприятия, внимания и памяти (Kroon, 2019; Войскунский, Меньшикова, 2008; Гасимов, Маслова, Ковалёв, 2022), для формирования сенсомоторных навыков и изучения их переноса из виртуальной среды в реальную (Levac, Huber, Sternad, 2019).

В психологии спорта VR-технологии используются при разработке спортивных тренажеров (Поликанова и др., 2022; Polikanova et al., 2022; Леонов и др., 2022), на которых моделируются и в контролируемых условиях изучаются отдельные спортивные действия. В ряде работ показано, что практика выполнения спортивных действий в виртуальной среде приводит к улучшению показателей предвосхищения места приземления мяча в крикете (Discombe et al., 2022), а также к повышению точности броска у начинающих игроков в гольф (Harris et al., 2020). В условиях конкуренции с виртуальным соперником улучшаются результаты в гребле (Parton, Neumann, 2019) и пр.

При разработке динамичных виртуальных сред с высокой степенью иммерсивности (т. е. обеспечивающих глубокое погружение в среду и «эффект присутствия») в психологии используются такие платформы (движки), как Unity и Unreal Engine, предназначенные, прежде всего, для создания компьютерных игр. В ряде работ изучался вопрос о возможности использования этих платформ для создания и проведения в VR-среде хронометрических психологических экспериментов, в которых предъявляются высокие требования к точности контроля длительности и моментов предъявления на дисплеях шлема VR динамичных зрительных стимулов (сцен), а также к точности регистрации времени реакции (ВР) на них.

Используемая в нашем исследовании платформа Unity, взаимодействующая со шлемом HTC Vive Pro, была протестирована в работе (Le Chénéchal, Chatel-Goldman, 2018). В ней измерена средняя временная задержка – 1 (равная $M = 31,33$ мс, $\sigma = 1,41$ мс) между моментом подачи программой Unity команды на подготовку вывода стимула на дисплей шлема и моментом появления стимула на дисплеях, в ответ на который фотодиод замыкал кнопку контроллера за время < 1 мс. Другая аппаратно-программная временная задержка – 2 ($M = 13,63$ мс, $\sigma = 4,8$) возникает между моментом замыкания фотодиодом кнопки контроллера при появлении стимула на дисплее и моментом регистрации этого замыкания программой Unity.



Аналогичные результаты получены в работе (Wiesing, Fink, Weidner, 2020), в которой описанные выше аппаратные задержки измерены для платформы Unreal Engine и системы виртуальной реальности HTC Vive Pro. Для этой платформы суммарное время двух описанных выше задержек ВР в среднем составляет: $M = 55,07$ мс, при $\sigma = 3,33$ мс. Близкие по величине задержки ВР регистрировались (с помощью фотодиода и другого оборудования) также у разных тахистоскопов, работающих в среде ОС Windows (Турковский и др., 2014). Например, для программы «Presentation», установленной на ноутбуке HP ProBook 6450b с частотой обновления дисплея 60 гц и мышью с частотой 125 гц, средняя аппаратная задержка ВР составляет: $M = 52$ мс, при $\sigma = 7,3$ мс.

Описанные задержки ВР не позволяют достаточно точно *синхронизировать моменты появления* стимулов на дисплеях или моменты нажатия испытуемыми клавиш ответа с временными метками на ЭЭГ, МЭГ, КГР и пр. Однако постоянная средняя величина этих задержек не препятствуют использованию платформы Unity для разработки диагностических хронометрических экспериментов, в которых анализируются разности средних ВР, получаемых на разных уровнях варьируемых переменных. Описанные задержки исключаются из разностей ВР, а их небольшие дисперсии, входящие в общую дисперсию регистрируемых ВР, влияют только на оценки значимости их различий.

С учетом изложенных данных авторами настоящего исследования был разработан на платформе Unity хронометрический эксперимент, состоящий из четырех тестов, направленных на диагностику перцептивных процессов хоккеистов, которые выполняются при подготовке и «ориентировке» их сенсомоторных актов в реальной хоккейной игре. Основными задачами проведенного исследования являются следующие.

1. Построение для каждого теста групповых регрессионных моделей времени реакции (ВР) испытуемых и выделение тестовых показателей (средние групповые ВР, их разности и коэффициенты регрессии), по которым данные группы испытуемых значимо различаются; описание возможных психологических причин этих различий, а также механизмов влияния на ВР варьируемых факторов.

2. Определение ретестовой надежности тестов (воспроизводимость порядка испытуемых и пр.) проводимых с использованием шлема виртуальной реальности (в среде VR) и на 2D мониторе (в среде МОН).

3. Оценка критериальной валидности тестовых показателей при их сравнении в группе студентов и хоккеистов, а также путем расчета их корреляционных и регрессионных связей с показателями профессионального мастерства хоккеистов.

4. Оценка возможности проведения на ноутбуках (без шлема VR) создаваемых на платформе Unity динамичных хронометрических тестов с целью оперативного тестирования спортсменов «в полевых условиях» при разработке стационарных диагностических тренажеров в виртуальной среде.

Гипотезы исследования.

1. Средние групповые ВР хоккеистов во всех тестах будут значимо меньше аналогичных ВР в группе студентов.

2. Статистически значимые и одноименные тестовые показатели, получаемые при тестировании в среде VR и МОН, будут значимо коррелировать друг с другом, т. е. будут иметь высокую ретестовую надежность, что позволит рассматривать одинаковые тестовые задания в разных средах как параллельные формы тестов.



3. Тестовые показатели будут иметь значимые корреляционные и регрессионные связи с профессиональными показателями хоккеистов, т. е. будут обладать высокой критериальной валидностью, а также допускать психологическую интерпретацию и объяснение.

Материалы и методы

Оборудование. В исследовании использовался компьютер на базе процессора Intel Core i7-7700K с видеокартами Intel HD Graphics 630 и NVIDIA GeForce GTX 1070 Ti. Виртуальная среда отображалась в шлеме HTC Vive Pro Eye, с частотой обновления кадров 90 гц. Звук выводился через наушники шлема. Движение и положение шлема в пространстве отслеживались с помощью двух базовых станций SteamVR 2.0. Изображение, показываемое в шлеме, с той же частотой транслировалось также на экран 2D-монитора. Использовался ЖК монитор Samsung Syncmaster 2233rz с диагональю 22» и частотой обновления экрана до 120 гц. Для регистрации ответов испытуемых использовалась проводная клавиатура Genius KB-110, на которой были оставлены четыре буквенные клавиши (Ф, Ё, Д, Ж). Остальные были удалены для того, чтобы испытуемый мог на ощупь быстро находить нужные для ответа клавиши, находясь в шлеме VR (рис. 1).



Рис. 1. Монитор, на котором отображаются ледовая арена, зоны ворот и места подачи шайбы. Кнопки ответа выделены белым цветом на клавиатуре

Fig. 1. The monitor on which the ice arena, the goal zones and the puck feed points are displayed. The answer buttons are highlighted in white on the keyboard

Выборка. В исследовании приняли участие 28 человек. В основную группу вошли хоккеисты московской команды (14 человек, средний возраст – 19,5 лет); в контрольную группу вошли студенты МГУ (7 мужчин, 7 женщин, средний возраст – 22,7 лет).

Описание исследования. В тесте 1 измерялось ВР испытуемых на появление шайбы на льду виртуальной хоккейной площадки, которую они видели со стороны ворот на экране монитора (–1) или через очки VR (+1). Шайбы по одной предъявлялись на линии, перпендикулярной к линии ворот и проходящей через их центр. Проекционные размеры шайб на мониторе, а



также ближнее и дальнее место их предъявления на виртуальной площадке показаны на рис. 1. Эти места соответствуют 9 (–1) и 18 (+1) физическим метрам от ворот реальной площадки. Цифры в скобках (–1) и (+1) представляют собой кодированные значения переменных «Среда» (далее – СРЕДА) и «Расстояние» (далее – РАССТ), которые входят в экспериментальные планы. В тесте 1 испытуемый реагировал на момент появления шайбы на площадке, нажимая на клавишу «Ж» клавиатуры. Отсчет ВР начинался от момента подачи команды на предъявление шайбы и заканчивался в момент регистрации программой нажатия на клавишу ответа. Ответ, данный в течение первых 100 мс после показа шайбы, считался ошибочным (аналог фальстарта в легкой атлетике) и сопровождался звуковым сигналом. После ответа в тесте 1 шайба с экрана исчезала и начинался отсчет интервала (2,5 или 3,5 с) до начала следующей пробы.

В тесте 2 шайбы случайным образом предъявлялись в тех же точках площадки, что и в тесте 1. После предъявления шайба оставалась неподвижной в течение 1 или 2 с. Затем она начинала двигаться в сторону ворот по линии, проходящей через центр ворот. В тесте 2 испытуемый должен был как можно быстрее нажимать на клавишу «Ж» клавиатуры в ответ на начало движения шайбы. Ответ, данный до начала движения шайбы или в первые 100 мс после начала ее движения, считался ошибочным и сопровождался звуковым сигналом.

В тесте 3 шайбы также предъявлялись на ближнем или дальнем расстоянии (9 или 18 м) и оставались неподвижными 1 или 2 с. После этого они двигались в правую (–1) или левую (+1) сторону ворот, в зоны под номером 2 (рис. 1). Испытуемый должен был быстро определять направление движения шайбы и давать ответ нажатием указательными пальцами разных рук на правую (Д) или левую (Л) клавишу клавиатуры. ВР регистрировалось от момента подачи команды на движение шайбы до момента регистрации программой нажатия на клавишу клавиатуры.

В тесте 4 все шайбы предъявлялись с дальнего расстояния и оставались неподвижными 1 или 2 с. Затем они двигались в одном из двух направлений (далее – НАПР) в правую (–1) или левую (+1) стороны ворот, в которых выделялись две зоны под номером 3 (–1) или номером 2 (+1) (рис. 1). Тем самым к переменной «Направление» добавлялась переменная «Зона» (далее – ЗОНА), которая варьировалась на двух уровнях: +1 – более близкая к центру ворот зона 2 и –1 – дальняя от центра зона 3. В тесте 4 испытуемый должен был быстро определять номер зоны, в которую летит шайба. Испытуемый отвечал путем нажатия указательными или средними пальцами рук на одну из четырех клавиш клавиатуры, которые соответствуют зонам ворот. При тестировании на мониторе зоны ворот демонстрировались испытуемым только во время их инструктирования, тогда как при тестировании в шлеме они могли видеть эти зоны, наклоняя голову немного вниз.

Во всех тестах время движения шайб до ворот с ближнего и дальнего расстояния составляло 450 и 720 мс соответственно, что обеспечивало одинаковую скорость их движения по экрану монитора. Ошибочные пробы сопровождалась звуковым сигналом и сразу же повторялись с теми же параметрами до тех пор, пока испытуемый не давал правильный ответ. Перед каждым тестом в обеих средах испытуемый выполнял несколько тренировочных проб. Время проведения всего эксперимента с одним испытуемым составляло около 25 минут.

Экспериментальные планы в 4-х тестах.

В тесте 1 экспериментальный план включал две переменные: СРЕДА и РАССТ, уровни которых кодировались числами +1 или –1 (см. выше). На каждой комбинации этих уровней (+1, +1), (+1, –1), (–1, +1), (–1, –1) регистрировалось по 10 правильных ответов.



Всего в тесте 1 было 40 проб, предъявляемых в квазислучайном порядке. Одна и та же комбинация уровней переменных во всех тестах не появлялась более двух раз подряд.

Тест 2 совпадал с тестом 1 по варьируемому переменным и по общему количеству правильных проб (40).

В тесте 3 варьировались переменные СРЕДА, РАССТ и НАПР движения шайбы. На каждой из 8 комбинаций уровней этих переменных регистрировалось 10 правильных ВР.

В тесте 4 варьировались переменные СРЕДА, НАПР и ЗОНА. В нем также регистрировалось 10 правильных ВР на каждой из 8 комбинаций уровней переменных. Все тесты в порядке их нумерации вначале выполнялись на мониторе. Затем испытуемым надевали шлем, и тесты в том же порядке повторялись в среде VR.

Во всех тестах переменные *варьировались независимо* друг от друга, т. е. коэффициенты корреляции между соответствующими им столбцами чисел +1 и –1 равнялись нулю. В этом состоит *ортогональность* экспериментальных планов. Их *сбалансированность* состояла в одинаковом числе проб на разных комбинациях уровней варьируемых факторов.

Методы и схема обработки данных. Полученные в эксперименте данные подвергались корреляционному и регрессионному анализу, который проводился с помощью программы STATISTICA 8.0.360. На первом этапе для каждого испытуемого и теста составлялись *индивидуальные таблицы*, в столбцах которых находились «сырые» ВР и кодированные значения варьируемых в тесте переменных. Эти таблицы обрабатывались с помощью множественного регрессионного анализа для вычисления индивидуальных средних ВР и коэффициентов регрессии (КоРег) по каждому тесту и испытуемому. И далее средние индивидуальные ВР переносились в *групповые таблицы*, которые по соответствующим планам обрабатывались с помощью множественного регрессионного анализа.

Результаты

При рассмотрении «сырых» ВР, входящих в индивидуальные таблицы данных, было обнаружено, что числовые значения некоторых ВР могли совпадать с точностью до 0,1 мс в разных тестах, средах и у разных испытуемых. Например, в ряду ВР: 277,6; 255,4; 288,8; 255,4; 311,1; 266,1 мс — второе значение ВР совпадает с четвертым. Кроме этого, при делении указанных и других ВР на число 11,1 мс, т. е. на длительность кадров, в которых стимулы с частотой 90 гц выводятся на дисплей шлема и параллельно на монитор, получаются целые числа 25; 23; 26; 23; 28; 24; 23. Они представляют собой номера кадров, в которых испытуемый нажимал на клавишу ответа. Разности между регистрируемыми ВР также с высокой точностью кратны величине 11,1 мс ($277.6 - 255.4 = 22,2$ мс и т. д.).

Описанные результаты объясняются тем, что в нашем эксперименте оценка времени ответа (нажатия клавиши) осуществлялась сразу после «отрисовки» каждого кадра. Если через некоторое латентное время после появления стимула (шайбы или ее движения), испытуемый нажимал на одну из клавиш в какой-либо момент текущего кадра, то время этого ответа округлялось программой до момента окончания данного кадра, совпадающего с моментом «опроса» клавиш ответа.

По этой причине значения ВР в каждом тесте увеличиваются в среднем на постоянную величину 5,55 мс, что не существенно для диагностических экспериментов, в которых анализируются разности средних ВР. Вместе с тем стандартное отклонение этой фиксированной задержки ВР равно 3,32 мс, что является значительно меньшей величиной по срав-



нению с минимальным стандартным отклонением индивидуальных ВР, которое наблюдается в тесте 1 и равно 15 мс. На разности средних ВР между испытуемыми и на значимость коэффициентов корреляции и регрессии, представленных в табл. 1 и 2, описанные погрешности регистрации ВР не влияют.

Таблица 1 / Table 1

Уравнения регрессии для групповых ВР
Regression equations for group RT

| Студенты (14 человек) | Хоккеисты (14 человек) |
|---|---|
| Тест 1 | |
| ВР _{расч} = 325* + 15* •СРЕДА + 7•РАССТ F(2,53) = 3,96, p < 0,025, R ² = 0,13 | ВР _{расч} = 308* + 4•СРЕДА + 4•РАССТ F(2,53) = 2,96, p < 0,06, R ² = 0,08 |
| Тест 2 | |
| ВР _{расч} = 300* + 2•СРЕДА + 19* •РАССТ F(2,53) = 13,14, p < 0,001, R ² = 0,31 | ВР _{расч} = 308* + 9* •СРЕДА + 19* •РАССТ F(2,53) = 12,1, p < 0,001, R ² = 0,29 |
| Тест 3 | |
| ВР _{расч} = 356* – 4•СРЕДА + 28* •РАССТ – 1•НАПР F(3,108) = 26,63, p < 0,001, R ² = 0,41 | ВР _{расч} = 359* – 001•СРЕДА + 26* •РАССТ + 001•НАПР F(3,108) = 33,09, p < 0,001, R ² = 0,48 |
| Тест 4 | |
| ВР _{расч} = 538* – 29* •СРЕДА + 3•НАПР – 2•ЗОНА F(3,108) = 10,74, p < 0,001, R ² = 0,21 Среднее число ошибок на одного студента в 80 пробах в тесте 4: 16,5 (20,6%) | ВР _{расч} = 499* – 23* •СРЕДА + 2•НАПР + 3•ЗОНА F(3,108) = 4,99, p < 0,003, R ² = 0,12 Среднее число ошибок на одного хоккеиста в 80 пробах в тесте 4: 25,8 (32,2%) |

Примечание: жирным шрифтом и знаком «*» выделены константы и коэффициенты регрессии (в мс), значимые по критерию Стьюдента при p < 0,05; «•» — знак умножения коэффициентов регрессии на кодированные значения независимых переменных.

Note: the constants and regression coefficients (in ms) that are significant according to the Student's criterion at p < 0.05 are highlighted in bold and with a "*" sign; "•" is the sign of multiplication of the regression coefficients by the encoded values of independent variables.

Вычисляемые по уравнениям регрессии значения времени реакции (ВР_{расч}) аппроксимируют средние групповые экспериментальные значения времени реакции (ВР_{эксп}). Константы уравнений регрессии в табл. 1 равны среднему значению переменной ВР_{эксп}, а коэффициенты регрессии b_i равны ковариациям ВР_{эксп} с соответствующей переменной X_i:

$$b_i = \text{cov}(X_i, \text{ВР}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot \text{вр}_j.$$

Из этой формулы вытекает, что для наших планов коэффициенты регрессии равны *половине разности между средними ВР на положительном (+1) и отрицательном (-1) уровне переменной X_i*. Например, значимый КоРег при переменной «среда» у студентов в тесте 1 равен 15 мс. Это означает, что у студентов среднее ВР на *появление* шайбы в среде VR (которая кодируется числом +1) на 30 мс *больше*, чем ВР в среде МОН, которая кодируется числом (-1).

Гипотеза о равенстве нулю всех коэффициентов каждого уравнения регрессии (H₀: b₁ = b₂ = b₃ = 0) проверялась с помощью указанного в табл. 1 F-критерия, по которому во всех моделях, кроме одной (у хоккеистов в тесте 1), данная гипотеза отвергается при



$p < 0,05$. Качество регрессионных моделей оценивалось также с помощью коэффициента детерминации R^2 . Он равен *доле (или проценту) дисперсии* зависимой переменной (ВРэксп), которая обусловлена и статистически объясняется совместным влиянием на эту дисперсию варьируемых переменных. Небольшая (менее 0,5) величина R^2 свидетельствует о том, что на дисперсию ВРэксп существенно влияют также не учтенные в моделях характеристики испытуемых и другие факторы.

Проверка выполнения постулатов регрессионного анализа.

1. Во всех тестах в группе хоккеистов *средние значения* остатков регрессионных моделей (разностей между ВРэксп и ВРрасч) не отличаются от нуля при $p < 0,001$ по t-критерию, что соответствует одному из постулатов регрессионного анализа.

Для проверки постулата о *гомоскедастичности остатков*, т. е. гипотезы о *равенстве* их дисперсий на разных уровнях варьируемых переменных, использовалась следующая процедура. Остатки в каждом тесте возводились в квадрат, и эти данные образовывали новую переменную, аналогичную переменной ВРэксп. Такие столбцы квадратов остатков в каждом тесте подвергались регрессионному анализу с теми же независимыми переменными, что и в случае ВРэксп. Анализ показал, что независимые переменные во всех тестах не влияют на квадраты остатков (при $p < 0,001$). Это означает, что дисперсии остатков (пропорциональные их суммам квадратов) не различаются на разных уровнях переменных, т. е. постулат регрессионного анализа о гомоскедастичности остатков в полученных моделях не нарушается.

2. Проверка наличия у остатков значимой автокорреляции, т. е. корреляции исходного столбца остатков с тем же столбцом, сдвинутым на ячейку вверх, осуществлялась с помощью статистики Дарбина–Уотсона (DW). Эта проверка показала, что в тестах 1 и 3 имеется слабая автокорреляция остатков.

3. Нормальность распределения остатков моделей проверялась по D-критерию Колмогорова–Смирнова. Его значения во всех тестах в группе хоккеистов меньше критического значения, что позволяет принять нулевую гипотезу о совпадении фактического распределения остатков с нормальным.

Индивидуальные тестовые показатели хоккеистов T_i , а также показатели их профессионального мастерства P_i , разработанные совместно с тренером команды, представлены в табл. 2. В эту таблицу не включены вратарь и еще один хоккеист, у которых отсутствовали некоторые профессиональные показатели.

Профессиональные показатели хоккеистов. P_1 — возраст. P_2 — игровой стаж в годах. P_3 — спортивный разряд. P_4 — номер игрового звена (пятерки), в котором играет хоккеист. P_5 — игровое время в мин (среднее время участия в игре за последние 5 игр). P_6 — результативность (сумма забитых голов и результативных передач после 5 игр). P_7 — скорость принятия решений в игре на хоккейной площадке по 10-ти балльной шкале (1 — очень малая скорость принятия решения — до 5 секунд на одно решение, 10 — очень большая скорость принятия решений — «за доли секунды»).

Тестовые показатели хоккеистов. T_1, T_2, T_3 и T_4 — средние индивидуальные ВР в тестах 1, 2, 3 и 4, усредненные по двум средам. T_5 — средние индивидуальные КоРег при переменной СРЕДА в тесте 4. T_6 и T_7 — КоРег при переменной РАССТ в тестах 2 и 3. T_8 и T_9 — разности между средними индивидуальными ВР в тестах 3 и 2 и 4 и 3. T_{10} — число ошибок каждого хоккеиста в тесте 4.

Матрица парных корреляций между всеми показателями представлена в табл. 3.



Таблица 2 / Table 2

Профессиональные и тестовые показатели 12 хоккеистов
Professional and test scores of 12 hockey players

| ИСП ХОК | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 |
|------------|-----|------|-----|-----|----|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|----|-----|-----|------|-----|
| 1 | 18 | 11 | 2 | 3 | 10 | 5 | 8 | 280 | 293 | 349 | 458 | -26 | 17 | 11 | 56 | 109 | 37 |
| 2 | 19 | 15 | 1 | 3 | 10 | 3 | 7 | 276 | 272 | 328 | 533 | -6 | 14 | 22 | 56 | 205 | 8 |
| 3 | 19 | 15 | 2 | 1 | 25 | 4 | 8 | 353 | 351 | 371 | 525 | -67 | 35 | 34 | 20 | 154 | 24 |
| 4 | 22 | 6 | 3 | 4 | 5 | 0 | 6 | 350 | 299 | 369 | 565 | -47 | 35 | 47 | 70 | 196 | 35 |
| 5 | 19 | 15 | 1 | 3 | 10 | 0 | 7 | 312 | 303 | 358 | 449 | -7 | 9 | 42 | 54 | 92 | 32 |
| 6 | 19 | 15 | 2 | 3 | 10 | 2 | 8 | 281 | 305 | 356 | 462 | -10 | 16 | 27 | 52 | 106 | 25 |
| 7 | 17 | 6 | 2 | 4 | 5 | 1 | 6 | 314 | 305 | 366 | 572 | -9 | 12 | 17 | 61 | 206 | 24 |
| 8 | 21 | 17 | 2 | 1 | 25 | 5 | 8 | 286 | 301 | 357 | 524 | -6 | 10 | 23 | 56 | 167 | 17 |
| 9 | 20 | 10 | 3 | 4 | 5 | 2 | 7 | 282 | 306 | 354 | 485 | -31 | 13 | 15 | 48 | 131 | 33 |
| 10 | 18 | 11 | 2 | 2 | 20 | 4 | 8 | 303 | 327 | 391 | 523 | -34 | 32 | 40 | 64 | 132 | 20 |
| 11 | 22 | 18 | 2 | 2 | 20 | 5 | 8 | 314 | 293 | 352 | 471 | -10 | 21 | 19 | 59 | 120 | 32 |
| 12 | 18 | 11 | 1 | 1 | 25 | 11 | 8 | 403 | 360 | 378 | 528 | -50 | 29 | 37 | 18 | 150 | 33 |
| Сред | 19 | 13 | 2 | 3 | 14 | 4 | 7 | 313 | 310 | 361 | 508 | -25 | 20 | 28 | 51 | 147 | 27 |
| Дисп | 2,6 | 15,7 | 0,4 | 1,4 | 67 | 9,0 | 0,6 | 1486 | 619 | 254 | 1755 | 431 | 97 | 140 | 258 | 1551 | 74 |

Примечание: буквами **Pi** и **Ti** обозначены профессиональные и тестовые показатели хоккеистов.
Note: the letters **Pi** and **Ti** indicate the professional and test variables of hockey players.

Таблица 3 / Table 3

Матрица парных корреляций между профессиональными **Pi**
и тестовыми **Ti показателями хоккеистов**

The matrix of paired correlations between professional **Pi and test **Ti** indicators of hockey players**

| Показа- тели | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 |
|-----------------|-------|---------------|-------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-------|
| P1 | 1,00 | 0,30 | 0,45 | -0,02 | 0,06 | -0,17 | -0,05 | -0,03 | -0,33 | -0,23 | -0,06 | 0,04 | 0,10 | 0,12 | 0,29 | 0,03 | 0,15 |
| P2 | 0,30 | 1,00 | -0,43 | -0,60* | 0,56 | 0,24 | 0,68* | -0,26 | -0,11 | -0,38 | -0,55 | 0,34 | -0,25 | -0,13 | -0,21 | -0,42 | -0,34 |
| P3 | 0,45 | -0,43 | 1,00 | 0,42 | -0,34 | -0,39 | -0,27 | -0,16 | -0,12 | 0,16 | 0,15 | -0,27 | 0,22 | -0,13 | 0,35 | 0,09 | 0,34 |
| P4 | -0,02 | -0,60* | 0,42 | 1,00 | -0,99* | -0,74* | -0,78* | -0,39 | -0,58* | -0,31 | 0,02 | 0,29 | -0,32 | -0,17 | 0,60* | 0,15 | 0,23 |
| P5 | 0,06 | 0,56 | -0,34 | -0,99* | 1,00 | 0,74* | 0,76* | 0,41 | 0,60* | 0,38 | 0,03 | -0,31 | 0,37 | 0,18 | -0,56 | -0,12 | -0,21 |
| P6 | -0,17 | 0,24 | -0,39 | -0,74* | 0,74* | 1,00 | 0,67* | 0,46 | 0,54 | 0,23 | 0,00 | -0,31 | 0,26 | -0,10 | -0,62* | -0,09 | 0,05 |
| P7 | -0,05 | 0,68* | -0,27 | -0,78* | 0,76* | 0,67* | 1,00 | -0,02 | 0,36 | 0,11 | -0,51 | -0,11 | 0,13 | -0,13 | -0,44 | -0,58* | -0,06 |
| T1 | -0,03 | -0,26 | -0,16 | -0,39 | 0,41 | 0,46 | -0,02 | 1,00 | 0,77* | 0,60* | 0,40 | -0,70* | 0,67* | 0,58* | -0,59* | 0,18 | 0,36 |
| T2 | -0,33 | -0,11 | -0,12 | -0,58* | 0,60* | 0,54 | 0,36 | 0,77* | 1,00 | 0,78* | 0,19 | -0,75* | 0,60* | 0,43 | -0,78* | -0,11 | 0,21 |
| T3 | -0,23 | -0,38 | 0,16 | -0,31 | 0,38 | 0,23 | 0,11 | 0,60* | 0,78* | 1,00 | 0,32 | -0,59* | 0,64* | 0,57 | -0,21 | -0,06 | 0,24 |
| T4 | -0,06 | -0,55 | 0,15 | 0,02 | 0,03 | 0,00 | -0,51 | 0,40 | 0,19 | 0,32 | 1,00 | -0,31 | 0,38 | 0,24 | 0,03 | 0,92* | -0,36 |
| T5 | 0,04 | 0,34 | -0,27 | 0,29 | -0,31 | -0,31 | -0,11 | -0,70* | -0,75* | -0,59* | -0,31 | 1,00 | -0,85* | -0,44 | 0,59* | -0,09 | -0,33 |
| T6 | 0,10 | -0,25 | 0,22 | -0,32 | 0,37 | 0,26 | 0,13 | 0,67* | 0,60* | 0,64* | 0,38 | -0,85* | 1,00 | 0,59* | -0,30 | 0,14 | 0,19 |
| T7 | 0,12 | -0,13 | -0,13 | -0,17 | 0,18 | -0,10 | -0,13 | 0,58* | 0,43 | 0,57 | 0,24 | -0,44 | 0,59* | 1,00 | -0,10 | 0,03 | 0,07 |
| T8 | 0,29 | -0,21 | 0,35 | 0,60* | -0,56 | -0,62* | -0,44 | -0,59* | -0,78* | -0,21 | 0,03 | 0,59* | -0,30 | -0,10 | 1,00 | 0,11 | -0,08 |
| T9 | 0,03 | -0,42 | 0,09 | 0,15 | -0,12 | -0,09 | -0,58* | 0,18 | -0,11 | -0,06 | 0,92* | -0,09 | 0,14 | 0,03 | 0,11 | 1,00 | -0,48 |
| T10 | 0,15 | -0,34 | 0,34 | 0,23 | -0,21 | 0,05 | -0,06 | 0,36 | 0,21 | 0,24 | -0,36 | -0,33 | 0,19 | 0,07 | -0,08 | -0,48 | 1,00 |

Примечание: жирным шрифтом и знаком «*» выделены коэффициенты корреляции, значимые при $p < 0,05$.
Note: the correlation coefficients, significant at $p < 0,05$, are highlighted in bold and with a “*” sign.



Анализ и объяснение результатов

В тесте 1 у студентов среднее ВР (325 мс) на 17 мс больше, чем в группе хоккеистов (308 мс) при $p = 0,053$ по t-критерию, что объясняется наличием у хоккеистов профессионального опыта, включающего более совершенные способы (особенности процессов) реагирования на появление шайбы. Эти способы проявляются в уменьшении длительности процесса восприятия момента появления шайб и процесса *организации* двигательного ответа, что может быть обусловлено большей автоматизацией этих процессов у хоккеистов. Об этом свидетельствует также незначимость у хоккеистов КоРег при переменных СРЕДА и РАССТ, т. е. их среднее групповое ВР в меньшей степени, чем у студентов, зависит от этих факторов.

В тесте 2 средние ВР на начало движения шайб в группе студентов (300 мс) и хоккеистов (308 мс) значимо не различаются по t-критерию ($p = 0,21$). Это может быть обусловлено тем, что сенсомоторная реакция на начало движения шайбы, которая после предъявления оставалась неподвижной в течение 1 или 2 с, у хоккеистов автоматизирована слабо, что сближает ее длительность с реакцией студентов.

В обеих группах значим и равен 19 мс КоРег РАССТ. Это означает, что хоккеисты и студенты реагируют на начало движения находящейся на большем удалении шайбы в среднем на 38 мс медленнее, чем на начало движения шайбы, находящейся на более близком расстоянии. Для объяснения этого результата нужно учесть, что в тестах 1, 2 и 3 переменная РАССТ полностью смешана с фактором проекционного размера (РАЗМ) шайб, который варьировался на двух уровнях синхронно с РАССТ.

Фактор РАЗМ состоит в том, что в обеих средах видимый размер шайбы на дальнем расстоянии от ворот примерно в 3 раза меньше ее размера на ближнем расстоянии (см. рис. 1). При этом на дисплее монитора различие расстояний между дальним и ближним местом предъявления шайб является малым по значению (около 7 см) и вряд ли может оказывать существенное влияние на ВР. Поэтому весьма вероятно, что именно размер шайбы в большей степени, чем расстояние до нее, влияет на восприятие начала движения шайбы в тесте 2, а также на восприятие направления ее движения в тесте 3.

В тесте 3 средние ВР и КоРег при переменных СРЕДА, РАССТ и НАПР у группы студентов и хоккеистов не различаются при $p < 0,05$, что свидетельствует об отсутствии у этого теста показателей, имеющих критериальную валидность по фактору групповой принадлежности испытуемых. Данный результат может объясняться тем, что в тесте 3 угол между направлениями движения шайб в правую или левую сторону ворот был достаточно большим (60°). Это не создавало для испытуемых обеих групп значительных трудностей в различении этих направлений, в отличие от различения более близких направлений в тесте 4.

Анализ разностей ВР в тестах 3 и 2 (показатель $T8 = T3 - T2$). Как видно из табл. 1, среднее ВР в тесте 3 в группе *студентов* равно 356, что на 56 мс больше, чем ВР в тесте 2 (300 мс) в той же группе (данные ВР равны константам в уравнениях регрессии). Кроме того, в группе *хоккеистов* средние ВР в тесте 3 на 51 мс больше, чем ВР в тесте 2. Эти различия ВР можно объяснить особенностями процессов на первой (перцептивной) и на второй (премоторной) временной стадии распознавания стимулов в этих тестах. На первой стадии осуществляются процессы определения начала или направления движения шайбы, а на второй стадии — процессы выбора двигательного ответа, которые предшествуют нажатию (на третьей стадии) на одну (в тесте 2) или на одну из двух (в тесте 3) клавиш ответа.



Можно предположить, что для восприятия начала или направления движения шайбы она должна пролететь определенное расстояние, средняя величина R которого в тесте 2 меньше, чем в тесте 3. Из этого следует, что при одинаковой скорости (V) шайб в этих тестах средняя длительность процесса восприятия *начала* их движения в тесте 2 будет составлять $T^2 = R_{нач} \cdot V$, — а среднее время восприятия *направления* движения шайбы в тесте 3 будет составлять: $T^3 = R_{напр} \cdot V$, где $R_{нач}$ и $R_{напр}$ — проходимое шайбой среднее расстояние, необходимое для восприятия начала или направления ее движения. Предположение о том, что $R_{напр} > R_{нач}$, может объяснять различия в длительности ($T^3 > T^2$) перцептивных процессов в указанных тестах.

Данная гипотеза была проверена и подтверждена в дополнительном эксперименте на группе спортсменов по стендовой стрельбе (по движущимся мишеням), для которых в тестах 2 и 3 (проводимых на 14-дюймовом ноутбуке с частотой обновления экрана 60 гц) шайбы предъявлялись на одном расстоянии $R = 15$ см от линии ворот, но варьировалось время прохождения ими этого расстояния (0,75 и 0,5 с), что соответствовало двум скоростям движения шайб по экрану $V_1 = 20$ см/с и $V_2 = 30$ см/с (Беспалов, 2025). При большой скорости шайбы (V_2) в тесте 3 среднее групповое ВР было $T^3_{V_2} = 413$ мс, что значительно меньше на 19 мс (0,019 с) среднего ВР для меньшей скорости шайб ($T^3_{V_1} = 432$ мс). (Данная разность ВР значима при $p < 0,01$, по результатам двухфакторного дисперсионного анализа «направление x скорость движения шайбы»). Это означает, что при большой скорости шайба проходит расстояние $R_{напр}$ на 0,019 с быстрее, чем при малой скорости.

Поскольку время прохождения шайбой расстояния R составляет $T = R/V$, то при известных скоростях V_1 и V_2 из соотношения $R_{напр}/V_1 - R_{напр}/V_2 = T^3_{V_1} - T^3_{V_2} = 0,019$ с можно определить: $R_{напр} = 0,019/(1/20 - 1/30) = 0,019/(0,05 - 0,033) = 0,019/0,017 = 1,12$ см. Результатом деления этого расстояния на среднюю скорость (25 см/с) движения шайб является оценка длительности перцептивного процесса определения направления шайбы в тесте 3, которая составляет $T^3_{перц} = R_{напр}/25 = 1,12/25 = 0,045$ с., или 45 мс.

В тесте 2 среднее ВР на начало движения быстрых шайб ($T^2_{V_2} = 0,349$ мс) также меньше ВР на начало движения медленных шайб ($T^2_{V_2} = 0,361$ мс) на 12 мс при $p = 0,04$ по t -критерию для зависимых выборок индивидуальных средних ВР. Аналогичный предыдущему расчет показывает, что для восприятия начала движения шайбы, ей необходимо переместиться на $R_{нач} = 0,012/0,017 = 0,71$ см, что происходит за время $T^2_{перц} = 0,71/25 = 0,028$ с = 28 мс, т. е. начало движения шайбы определяется на $45 - 28 = 17$ мс быстрее, чем ее направление.

Поскольку в описанном эксперименте со стрелками по движущимся мишеням разность средних ВР в тесте 3 (423 мс) и в тесте 2 (355 мс) равна 68 мс, то можно полагать, что одна четвертая часть от этой величины (17 мс) равна различию между длительностью перцептивных процессов в этих тестах. Также можно полагать, что в эксперименте с *хоккеистами* четвертая часть (13 мс) от разности ВР (51 мс) в тестах 3 и 2, т. е. четверть показателя Т8, обусловлена разными длительностями процессов на перцептивной стадии этих тестов. Оставшиеся 3/4 части (38 мс) показателя Т8 могут быть обусловлены различием в длительности процесса выбора клавиши двигательного ответа в тестах 3 и 2, который осуществляется на премоторной стадии.

На второй, премоторной, стадии выполнения теста 3 хоккеисты выбирали для нажатия одну из двух клавиш ответа, получая за 38 мс в среднем 1 бит информации ($\text{Inf}_{\text{Тест3}} = \log_2 2 = 1$ бит) о правильной клавише, которая с помощью инструкции была соот-



несена с одним из двух равновероятных стимулов (направлений движения шайб). В тесте 2 предъявлялся только один стимул (начало движения шайбы по одному направлению), распознавание которого осуществлялось нажатием одной клавиши (с получением равной нулю статистической информации: $\text{Inf_Тест}2 = \log_2 1 = 0$ бит). В связи с этим можно полагать, что 3/4 разности ВР (38 мс) в этих тестах у хоккеистов, т.е. 3/4 их показателя Т8 = 51 мс) обусловлена процессом получения ими на премоторной стадии одного бита информации о правильной клавише ответа.

Связи показателя Т8 с профессиональными показателями хоккеистов. Показатель Т8 имеет значимый коэффициент корреляции ($r = 0,60$; $p < 0,05$) с номером пятерки (Р4), в которой играют хоккеисты, а также с показателем их результативности Р6 ($r = -0,62$). Первая (положительная) корреляция означает, что чем больше номер пятерки, т.е. меньше уровень мастерства хоккеиста по этому показателю, тем больше индивидуальная разность ВР в тестах 3 и 2. Вторая отрицательная корреляция согласуется с первой и означает, что увеличение показателя Т8 у хоккеистов сопровождается снижением результативности.

Средние групповые значения показателя Т8 в среде МОН (59 мс) у хоккеистов на 18 мс больше ($p < 0,05$), чем в среде VR (41 мс). Это означает, что в трехмерной виртуальной среде различия между длительностью перцептивных процессов определения начала или направления движения шайб уменьшаются, а информация о правильном ответе на направление движения шайбы извлекается быстрее.

В тесте 4 испытуемые решали достаточно сложную задачу, включающую различение и выбор одного из двух близких направлений движения шайбы, летящей в соседние зоны с номерами 2 или 3 (см. рис. 1). На мониторе угловое различие между этими направлениями составляло около 12° . Сравнение констант в уравнениях регрессии из табл. 1 показывает, что у студентов среднее групповое ВР в тесте 4 равно 538 мс и значимо больше на 39 мс по t-критерию ($p < 0,01$), чем в группе хоккеистов (499 мс). Это свидетельствует о критериальной валидности показателя Т4 (ВР в тесте 4) по критерию групповой принадлежности.

Описанный результат объясняется тем, что различение близких направлений движения шайбы и выбор одного из них являются профессионально важными процессами для хоккеистов, хорошо сформированными в игре¹. Поэтому в тесте они выполняются быстрее, чем у студентов. Для обоснования этого объяснения в следующих параграфах осуществляется оценка индивидуальных длительностей указанных процессов у хоккеистов, а также вычисляются их корреляции с профессиональными показателями.

Анализ разностей ВР в тестах 4 и 3 у хоккеистов (показатель Т9 = Т4 – Т3).

Как видно из табл. 2, среднее значение показателя Т4 (групповое ВР у хоккеистов в тесте 4) равно 508 мс, что на 147 мс больше, чем аналогичный показатель Т3 в тесте 3. Предполагается, что основной вклад в разность ВР между этими тестами вносят процессы различения и выбора близких направлений движения шайб в тесте 4. Суммарная длительность этих процессов оценивались «методом вычитания» из средних ВР в тесте 4 средних ВР в тесте 3. Данный метод часто используется в когнитивной психологии при оценке влияния на ВР разных факторов. Для его обоснования в нашем случае необходимо описать и сравнить психические процессы, входящие в решение задач в тестах 4 и 3.

¹ О теории и методах диагностики профессионально важных качеств, процессов и других компонентов спортивных актов см.: Беспалов, 2023.



В тесте 4 движение шайбы вначале относится испытуемым к одному из двух сильно различающихся направлений — в правую или левую сторону ворот. Затем выполняются процессы различения и выбора одного из двух близких направлений движения шайбы в зону 2 или 3. После определения (на первой стадии опознания) одного из этих направлений осуществляется (на второй стадии) выбор одной из двух клавиш ответа для нажатия на нее пальцами правой или левой руки.

В тесте 3 движение шайбы также вначале относится к правому или левому направлению, после чего из двух альтернатив выбирается нужная клавиша ответа. В этом тесте отсутствуют только процессы перцептивного различения и выбора одного из двух близких направлений движения шайбы в зону ворот 2 или 3, тогда как остальные процессы в нем сходны (по содержанию и возможно по длительности) с процессами в тесте 4.

В связи с этим разности индивидуальных или групповых средних ВР в тестах 4 и 3 (показатель Т9 из табл. 2) можно рассматривать как оценки совокупной длительности двух перцептивных процессов — различения двух близких направлений движения шайбы и выбора одного из них в тесте 4. Об этом свидетельствует, в частности, значимая корреляция показателей Т9 и Т4 ($r = 0,92$; $p < 0,01$; см. табл. 3). Кроме этого, по результатам парного регрессионного анализа $T4 = 364 + 0,98 \cdot T9$, а их взаимный коэффициент детерминации $R^2 = 0,85 = r^2$. Это означает, что $85\% = R^2 \cdot 100\%$ дисперсии показателя Т4 обусловлено индивидуальными различиями (дисперсией) показателя Т9, что согласуется с его интерпретацией, как наиболее важной части показателя Т4.

Связи показателя Т9 с профессиональными показателями. Как можно увидеть из сравнения констант в уравнениях регрессии в табл. 1, показатель Т9_{студ} в группе студентов равен $538 - 356 = 182$ мс, что на 42 мс больше (при $p < 0,01$) этого показателя в группе хоккеистов $T9_{\text{хок}} = 499 - 359 = 140$ мс. Это свидетельствует о критериальной валидности данного показателя по критерию групповой принадлежности, а также о том, что хоккеисты значительно быстрее различают и выбирают близкие направления движения шайб в тесте 4.

Показатель Т9 обладает также критериальной валидностью по корреляционному критерию, поскольку имеет значимый и отрицательный коэффициент корреляции ($r = -0,58$) с экспертными оценками «скорости принятия решений на хоккейной площадке» (показатель Р7). Это означает, что быстрое («за доли секунды») принятие хоккеистами решений в игре на площадке, которое оценивалось экспертами большими числами по 10-балльной шкале, сопровождается малыми разностями ВР между тестами 4 и 3. В связи с этим данная корреляция позволяет соотнести показатель Т9 с *временем принятия решения* о направлении движения шайбы в одну из близких зон ворот в тесте 4.

Следует также отметить, что в тесте 4 значимые КоРег при переменной СРЕДА в группе студентов и хоккеистов имеют отрицательные значения (-29 и -23 мс). Это означает, что в среде VR студенты и хоккеисты значительно быстрее, чем на мониторе (на 58 и 46 мс соответственно), различают и выбирают правильное направление движения шайбы. Данный результат можно объяснить тем, что работа в шлеме VR позволяет испытуемым лучше воспринимать движение шайбы и зоны ворот, что облегчает и ускоряет решение тестовой задачи в отличие от предъявления аналогичных стимулов на мониторе.

Связи показателя Т2 с профессиональными показателями. Показатель Т2 (среднее индивидуальное ВР в тесте 2) имеет значимую корреляцию с показателем Р5 — игровое время ($r = 0,60$) и с показателем Р4 — номер игровой пятерки ($r = -0,58$). Первая (положи-



тельная) корреляция означает, что чем больше у хоккеиста игровое время и, соответственно, выше уровень его мастерства, тем он медленнее (за большее время) реагирует на начало движения шайбы в тесте 2. Вторая (отрицательная) корреляция означает, что чем больше номер пятерки, в которой играет хоккеист, т. е. чем ниже уровень его профессионального мастерства по данному показателю, тем меньше его ВР в тесте 2, т. е. он быстрее реагирует на начало движения шайбы в тесте 2. Аналогичные по знаку, но менее значимые (при $p < 0,25$) корреляции между Т2 и показателями Р4 и Р5 наблюдаются также в тестах 1 и 3 (см. табл. 3).

Эти корреляции согласуются с тем, что у пяти наиболее опытных хоккеистов, играющих в первых двух пятерках, среднее по первым трем тестам ВР (343 мс) значительно больше на 26 мс (при $p < 0,015$), чем ВР у семи менее опытных хоккеистов из 3-й и 4-й пятерок (317 мс). Для объяснения этих весьма неожиданных результатов можно предположить, что на предъявление, начало или направление движения шайбы в тестах 1, 2 и 3 у более опытных хоккеистов вначале «рефлекторно» актуализируется сформированная в игре, но внешне не выраженная моторная реакция на появление или движение шайбы, которая отличается от нажатия на клавишу ответа. Для «отмены» или преодоления такой непроизвольной, внутренней и профессионально специфичной реакции на шайбу требуется определенное время, что увеличивает среднее ВР у более опытных хоккеистов (см. также раздел «Обсуждение результатов»).

Ретестовая надежность тестовых показателей оценивалась по величине и значимости коэффициентов корреляции между одноименными тестовыми показателями, полученными при выполнении хоккеистами одинаковых (по целям испытуемых) тестов в среде МОН и VR. Для показателей Т1, Т2, Т3, Т4 и Т9 эти корреляции равны соответственно 0,47; 0,49; 0,51, 0,80 и 0,79 при их значимости от 0,07 до 0,001. Ретестовая надежность показателей Т6 и Т7 (КоРег РАССТ в тесте 3 и в тесте 2 соответственно) равна 0,65 ($p < 0,01$) и 0,34; $p = 0,21$). Ретестовая надежность интегрального показателя Т8 ниже: $r = 0,34$; $p = 0,24$.

Обсуждение результатов

Полученные в тесте 1 данные о том, что студенты реагируют на момент предъявления шайб медленнее, чем хоккеисты, согласуются с результатами других исследований, свидетельствующих о меньшем латентном времени простой двигательной реакции на предъявление стимулов у опытных спортсменов по сравнению с новичками (Akarsu, ali kan, Dane, 2009; Kuan et al., 2018). В профессиональной деятельности хоккеистов акты двигательного реагирования на появление шайб в разных местах площадки выполняются достаточно часто, что приводит к их автоматизации и к сокращению ВР в тесте 1. Кроме того, снижается степень влияния факторов среды и расстояния до шайбы на ВР хоккеистов.

Вместе с тем в тестах 2 и 3 средние ВР на начало и на направление движения шайбы у хоккеистов и студентов значимо не различаются, т. е. выдвинутая в начале статьи гипотеза 1 подтверждается лишь частично. Вероятно, в профессиональной деятельности хоккеистов подобные акты выполняются реже и поэтому в меньшей степени автоматизированы и сокращены по времени их подготовки. На средние ВР в этих тестах начинает также значимо влиять фактор расстояния до места предъявления шайбы или ее размер.

В связи с этим можно предположить, что степень автоматизации сенсомоторных реакций спортсменов на разные характеристики движения шайб можно оценивать по величине влияния варьируемых факторов на латентное время этих реакций. Чем меньше ла-



тентное время подготовки кратковременного и безошибочного спортивного акта зависит от внешних условий, тем больше степень его автоматизации (и наоборот).

Было обнаружено, что среднее ВР на предъявление, начало или направление движения шайбы в тестах 1, 2 и 3 у более опытных хоккеистов (из первых двух пятерок) на 26 мс больше, чем среднее ВР у менее опытных хоккеистов из 3-й и 4-й пятерок. Данный эффект проявляется также в больших отрицательных коэффициентах корреляции между индивидуальными ВР в первых трех сериях и номером пятерки (P4), в которой играют хоккеисты. Чем больше номер пятерки и, соответственно, меньше уровень профессионального мастерства, тем меньше ВР в этих сериях.

Полученные результаты можно также объяснить работой описанного в когнитивной психологии «механизма бессознательного торможения» процесса нажатия на кнопки в хронометрических экспериментах в ответ на стимулы, которые ассоциативно связаны также с другими двигательными реакциями (Wang, Yao, Wang, 2019). В нашем случае задержка ВР на шайбу у опытных хоккеистов может быть связана с «торможением» их произвольных внутренних моторных реакций на движения шайбы.

Критериальная валидность тестовых показателей оценивалась в работе двумя методами: 1) на основании значимости их различий в группе студентов и хоккеистов (здесь внешним критерием является принадлежность испытуемого к одной из указанных групп); 2) на основании значимости коэффициентов корреляции между тестовыми и профессиональными показателями. По первому критерию высокой критериальной валидностью обладают показатели $T1_{\text{групп}}$ и $T4_{\text{групп}}$ (средние групповые ВР хоккеистов и студентов в тестах 1 и 4, которые значимо различаются), а также показатель $T9_{\text{групп}}$ (разности между средними групповыми ВР хоккеистов и студентов в тестах 4 и 3).

По второму (корреляционному) критерию валидными являются показатели T2 (средние индивидуальные ВР хоккеистов в тесте 2), T8 (разности индивидуальных средних ВР хоккеистов в тестах 3 и 2) и T9 (разности индивидуальных средних ВР хоккеистов в тестах 4 и 3). Показатель T2 значимо коррелирует с профессиональным показателем P5 (игровое время, $r = 0,60$) и с показателем P4 (номер игровой пятерки, $r = -0,58$). Показатель T8 имеет значимый коэффициент корреляции с номером пятерки (P4), в которой играют хоккеисты ($r = 0,60$; $p < 0,05$), а также с их результативностью P6 ($r = -0,62$). Показатель T9 значимо коррелирует ($r = -0,58$) с экспертными оценками «скорости принятия решений на хоккейной площадке» (P7).

При объяснении полученных результатов выделялись три временных стадии распознавания тестовых объектов: две ориентировочные и одна исполнительная. На первой, *перцептивной*, стадии происходит ориентировка в *условиях* распознавания объектов путем восприятия и выделения их опознавательных признаков; к ним относятся: появление шайбы на арене, начало или направление ее движения. На второй, *премоторной*, стадии происходит ориентировка в *способах* выполнения двигательного ответа. На ней в тестах 3 и 4 осуществляется *выбор* одной из двух клавиш ответа, который отсутствует в тестах 1 и 2. На третьей, *исполнительной (моторной)*, стадии выполняется двигательный ответ путем нажатия на клавишу. Длительность процессов на этой стадии зависит от физических характеристик клавиш (от их упругости, величины хода и пр.), которые в данной работе не варьировались и во всех тестах были одинаковыми.

В когнитивной психологии описанные стадии были выделены «методом аддитивных факторов» в многочисленных хронометрических исследованиях кратковременных позна-



вательных действий (см., Sternberg, 1969). Было установлено, что психические процессы, соответствующие статистически не взаимодействующим (аддитивным) факторам, локализованы на разных временных стадиях и выполняются последовательно. Факторам, взаимодействующим в хронометрических экспериментах, соответствуют, как правило, «параллельные» процессы, выполняемые на одинаковых стадиях распознавания.

Проведенный анализ возможных причин возникновения разностей ВР в тестах 3 и 2 (показатель Т8) показал, что эти разности ВР обусловлены различиями в длительности процессов на первой и на второй стадии распознавания стимулов. На первой стадии в тесте 3 осуществляется процесс определения *направления* движения шайбы (в правую или левую сторону ворот), а в тесте 2 — процес определения *начала* ее движения по одному направлению в центр ворот. Предполагалось, что для восприятия направления или начала движения шайбы она должна пролететь определенное расстояние, средняя величина R которого в тесте 3 *больше*, чем в тесте 2: $R_{\text{напр}} > R_{\text{нач}}$. Из этого следует, что при одинаковой скорости (V) шайб длительность восприятия направления их движения в тесте 3 ($T^3 = R_{\text{напр}} \cdot V$) будет больше длительности восприятия начала движения шайб ($T^2 = R_{\text{нач}} \cdot V$), что объясняет некоторую часть показателя Т8.

Данная гипотеза была проверена и подтверждена в дополнительном («пилотажном») эксперименте со стрелками по движущимся мишеням, в котором в тестах 3 и 2 шайбы предъявлялись на одинаковом расстоянии от линии ворот ($R = 15$ см), но варьировалось время прохождения ими этого расстояния (0,75 и 0,5 с), что соответствовало двум скоростям движения шайб по экрану ноутбука $V_1 = 20$ см/с и $V_2 = 30$ см/с. Было показано, что для восприятия направления движения шайбы она должна пройти в среднем расстояние $R_{\text{напр}} = 1,12$ см. При делении этого расстояния на среднюю скорость (25 см/с) движения шайб была получена оценка длительности перцептивного процесса определения направления шайбы в тесте 3, которая составляет $T^3_{\text{перц}} = R_{\text{напр}}/25 = 1,12/25 = 0,045$ с., или 45 мс. Аналогичный расчет для теста 2 показал, что для восприятия начала движения шайбы, ей необходимо переместиться на $R_{\text{нач}} = 0,71$ см, что происходит за время $T^2_{\text{перц}} = 0,71/25 = 0,028$ с = 28 мс, т. е. начало движения шайбы определяется на 17 мс быстрее, чем ее направление.

Поскольку в эксперименте со стрелками разность средних ВР в тесте 3 и 2 составляет 68 мс, то можно полагать, что одна четвертая часть от этой величины (т. е. 17 мс) является оценкой разности между длительностью *перцептивных* процессов в этих тестах. Аналогично этому в эксперименте с *хоккеистами* четвертая часть (13 мс) от разности ВР (51 мс) в тестах 3 и 2 также может быть обусловлена разными длительностями процессов на перцептивной стадии этих тестов. Оставшиеся 3/4 части (38 мс) показателя Т8 могут быть обусловлены различием в длительности процесса выбора клавиши двигательного ответа в тестах 3 и 2, который осуществляется на премоторной стадии.

При выборе клавиши ответа в тесте 3 испытуемые получают один бит информации о правильной клавише на одно из двух сильно различающихся направлений движения шайбы. Это позволяет устранить неопределенность местоположения правильной клавиши ответа в каждой пробе. В тесте 2, в отличие от теста 3, ответом на начало движения шайбы являлось нажатие только одной клавиши, получаемая (статистическая) информация о которой равна нулю. В связи с этим 3/4 разности ВР в этих тестах, или большая часть *показателя Т8* (38 мс в группе хоккеистов), описывает различия между длительностью процессов выбора клавиши ответа в тестах 3 и 2.



Показатель Т9 оценивает длительность процессов различения и перцептивного выбора в тесте 4 одного из двух близких направлений движения шайбы в зоны ворот 2 или 3, находящиеся справа или слева от центра ворот. Эти процессы отсутствуют в тесте 3, а в тесте 4 они осуществляются после определения испытуемым направления движения шайбы в правую или левую сторону ворот. Незначимый коэффициент корреляции между показателями Т9 и Т8 ($r = 0,24$; $p > 0,1$) свидетельствует о том, что они характеризуют различия в длительности разных по содержанию процессов.

Ретестовая надежность тестовых показателей, т.е. устойчивость их значений и сохранение порядка испытуемых при их тестировании на мониторе и в виртуальной среде, оценивалась *по значимости коэффициентов корреляции* между одноименными тестовыми показателями в разных средах. Для большинства тестовых показателей (Т1, Т2, Т3, Т4, Т7 и Т9) значимость указанных коэффициентов корреляции является высокой: от $p = 0,07$ до $p = 0,001$. Надежность других показателей лежит в пределах от $p = 0,1$ до $p = 0,24$.

Описанный результат позволяет при разработке диагностических виртуальных тренажеров проводить предварительное тестирование спортсменов с помощью хронометрических тестов, установленных на ноутбуке. Разработанная для виртуальной среды программа эксперимента может запускаться на ноутбуке (при отключении шлема VR и установки нужной высоты виртуальной камеры) с целью оперативного тестирования спортсменов при разработке стационарных диагностических тренажеров в среде VR. Для запуска на ноутбуке разрабатываемых в Unity программ хронометрических экспериментов необходимы 64-битный процессор, видеокарта с поддержкой Direct X10, а также Windows 7 SP1 и выше. Для повышения точности регистрации ВР (производимой после «отрисовки» кадра, в котором была нажата клавиша ответа) желательно использовать ноутбуки с частотой обновления экрана 90 гц и более.

Заключение

Полученные результаты позволили решить поставленные задачи и проверить сформулированные гипотезы. Результаты проведенного исследования позволяют сделать вывод о возможности и целесообразности разработки на платформе Unity *динамичных хронометрических тестов*, как в виртуальной среде, так и на переносных компьютерах (ноутбуках, без шлема VR). Такого рода методы экспресс-диагностики «в полевых условиях» расширяют возможности инструментальной спортивной психодиагностики. Дальнейшее экспериментальное изучение выдвинутых в настоящем исследовании положений и гипотез может способствовать более обоснованному переходу от диагностики профессионально важных процессов и качеств спортсменов к разработке методик их формирования не только на тренажерах, но и в процессе тренировок под руководством тренеров.

Список источников / References

1. Барабанщиков, В.А., Селиванов, В.В. (2023). Редукция тревоги и депрессии через программы на гарнитуре виртуальной реальности высокой иммерсивности. *Экспериментальная психология*, 16(2), 36–48. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2023160203>
Barabanshikov, V.A., Selivanov, V.V. (2023). Reducing anxiety and depression through programs on a highly immersive virtual reality headset. *Experimental Psychology (Russia)*, 16(2), 36–48. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2023160203>



2. Барабанщиков, В.А., Селиванов, В.В. (2022). Психические состояния и креативность субъекта в дидактической VR-среде различной иммерсивности. *Экспериментальная психология*, 15(2), 4–19. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150201>
Barabanshchikov, V.A., Selivanov, V.V. (2022). Mental states and creativity of the subject in a didactic VR environment of varying immersiveness. *Experimental Psychology (Russia)*, 15(2), 4–19. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2022150201>
3. Беспалов, Б.И. (2023). Теория и диагностика профессионально важных качеств компонентов спортивных актов. *Вестник Московского университета. Серия 14: Психология*, 1, 175–200. <https://doi.org/10.11621/vsp.2023.01.08>
Bespalov, B.I. (2023). Theory and diagnostics of professionally important qualities of components of sports acts. *Bulletin of the Moscow University. Series 14: Psychology*, 1, 175–200. (In Russ.). <https://doi.org/10.11621/vsp.2023.01.08>
4. Беспалов, Б.И. (В печати). Возможности и ограничения применения технологий виртуальной реальности в экспериментальной психологии. В: В.А. Барабанщиков, В.В. Селиванов, В.Ю. Капустина (Ред.), *Экспериментальная психология в социальных практиках: материалы 5-ой всероссийской научно-практической конференции 20 декабря 2024*. Москва: Универсум.
Bespalov, B.I. (In print). Possibilities and limitations of using virtual reality technologies in experimental psychology. In: V.A. Barabanshchikov, V.V. Selivanov, V.Y. Kapustina (Ed.), *Experimental psychology in social practices: proceedings of the 5th Scientific and Practical Conference on December 20, 2024*. Moscow: Universum. (In Russ.).
5. Войскунский, А.Е., Меньшикова, Г.Я. (2008). О применении систем виртуальной реальности в психологии. *Вестник Московского университета. Серия 14. Психология*, 1, 22–36.
Voiskounsky, A.E., Menshikova, G.Ya. (2008). About the application of virtual reality systems in psychology. *Bulletin of the Moscow University. Series 14: Psychology*, 1, 22–36. (In Russ.).
6. Гасимов, А.Ф., Маслова, К.Е., Ковалёв, А.И. (2022). Эмоциональный интеллект и пространственные способности как предикторы успешности взаимодействия с цифровыми аватарами в среде виртуальной реальности. *Теоретическая и экспериментальная психология*, 15(2), 136–147. <https://doi.org/10.24412/2073-0861-2022-2-136-147>.
Gasimov, A.F., Maslova, K.E., Kovalev, A.I. (2022). Emotional intelligence and spatial abilities as predictors of successful interaction with digital avatars in a virtual reality environment. *Theoretical and Experimental Psychology*, 15(2), 136–147. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/2073-0861-2022-2-136-147>
7. Леонов, С.В., Кручинина, А.П., Бугрий, Г.С., Булаева, Н.И., Поликанова, И.С. (2022). Основные характеристики постурального баланса стойки профессиональных хоккеистов и новичков. *Национальный психологический журнал*, 2, 65–79. <https://doi.org/10.11621/npj.2022.0207>
Leonov, S.V., Kruchinina, A.P., Bugriy, G.S., Bulaeva, N.I., Polikanova, I.S. (2022). Main characteristics of postural balance of professional hockey players and beginners. *National Psychological Journal*, 2, 65–79. (In Russ.). <https://doi.org/10.11621/npj.2022.0207>
8. Майтнер, Л., Селиванов, В.В. (2021). Критический анализ использования виртуальных технологий в клинической психологии в Европе (по содержанию журнала «Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking»). *Современная зарубежная психология*, 10(2), 36–43. <https://doi.org/10.17759/jmfp.2021000001>
Meitner, L., Selivanov, V.V. (2021). A critical analysis of the use of virtual technologies in clinical psychology in Europe (based on the contents of the journal “Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking”). *Journal of Modern Foreign Psychology*, 10(2), 36–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/jmfp.2021000001>
9. Поликанова, И.С., Леонов, С.В., Якушина, А.А., Люцко, Л.Н., Бугрий, Г.С., Кручинина, А.П., Чертополохов, В.А. (2022). Разработка технологии виртуальной реальности VR-PACE для диагностики и тренировки уровня мастерства хоккеистов. *Вестник Московского университета. Серия 14: Психология*, 1, 269–297. <https://doi.org/10.11621/vsp.2022.01.12>
Polikanova, I.S., Leonov, S.V., Yakushina, A.A., Liutsko, L.N., Bugriy, G.S., Kruchinina, A.P., Chertopolokhov, V.A. (2022). Development of VR-PACE virtual reality technology for diagnostics



- and training of hockey players' skill level. *Bulletin of the Moscow University. Series 14: Psychology*, 1, 269–297. (In Russ.). <https://doi.org/10.11621/vsp.2022.01.12>
10. Селиванов, В.В. (2021). Психические состояния личности в дидактической VR-среде. *Экспериментальная психология*, 14(1), 20–28. <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021000002>
 - Selivanov, V.V. (2021). Mental states of personality in a didactic VR environment. *Experimental Psychology*, 14(1), 20–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.17759/exppsy.2021000002>
 11. Турковский, А.А., Беспалов, Б.И., Варганов, А.В., Кисельников, А.А. (2014). Оценка аппаратурной погрешности в хронометрическом психологическом эксперименте с использованием современного оборудования. *Психология. Журнал Высшей Школы экономики*, 11 (4), 146–157. URL: <https://psy-journal.hse.ru/2014-11-4/139186576.html>
 - Turkovskij, A.A., Bespalov, B.I., Vartanov, A.V., Kisel'nikov, A.A. (2014). Evaluation of instrumental error in a chronometric psychological experiment using modern equipment. *Psychology. Journal of the Higher School of Economics*, 11(4), 146–157. (In Russ.). URL: <https://psy-journal.hse.ru/2014-11-4/139186576.html>
 12. Akarsu, S., Çalişkan, E., Dane, Ş. (2009). Athletes Have Faster Eye-Hand Visual Reaction Times and Higher Scores on Visuospatial Intelligence Than Nonathletes. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 39(6), 871–874. <https://doi.org/10.3906/sag-0809-44>
 13. Discombe, M., Bird, J.M., Kelly, A., Blake, R.L., Harris, D.J., Vine, S.J. (2022). Effects of traditional and immersive video on anticipation in cricket: A temporal occlusion study. *Psychology of Sport and Exercise*, 58, 102088. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00794-6>
 14. Harris, D.J., Buckingham, G., Wilson, M.R., Brookes, J., Mushtaq, F., Mon-Williams, M., Vine, S.J. (2020). The effect of a virtual reality environment on gaze behaviour and motor skill learning. *Psychology of Sport and Exercise*, 50, 101721. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2020.101721>
 15. Kuan, Y.M., Zuhairi, N.A., Manan, F.A., Knight, V.F., Omar, R. (2018). Visual reaction time and visual anticipation time between athletes and non-athletes. *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, 1, 135–141.
 16. Kroon, R. (2019). *Application for Psychophysics Experiments in Virtual Reality. Bachelor's Thesis*. Tartu. 39 p.
 17. Le Chénéchal, M., Chatel-Goldman, J. (2018). HTC Vive Pro time performance benchmark for scientific research. In: *ICAT-EGVE International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments (Limassol, Cyprus, 07–09 November 2018)*. (pp. 81–84). Eurographics Association.
 18. Levac, D.E., Huber, M.E., Sternad, D. (2019). Learning and transfer of complex motor skills in virtual reality: a perspective review. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation*, 16, 121. <https://doi.org/10.1186/s12984-019-0587-8>
 19. Parton, B.J., Neumann, D.L. (2019). The effects of competitiveness and challenge level on virtual reality rowing performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 41, 191–199. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.06.010>
 20. Polikanova, I., Yakushina, A., Leonov, S., Kruchinina, A., Chertopolokhov, V., Liutsko, L. (2022). What Differences Exist in Professional Ice Hockey Performance Using Virtual Reality (VR) Technology between Professional Hockey Players and Freestyle Wrestlers? (A Pilot Study). *Sports*, 10, 8. <https://doi.org/10.3390/sports10080116>
 21. Selivanov, V.V., Selivanova, L.N., Babieva, N.S. (2020). Cognitive Processes and Personality Traits in Virtual Reality Educational and Training. *Psychology in Russia: State of the Art*, 13(2), 16–28.
 22. Sternberg, S. (1969). The discovery of processing stages: Extensions of Donders' method. *Attention and performance II, Acta Psychologica*, 30, 276–315. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(69\)90055-9](https://doi.org/10.1016/0001-6918(69)90055-9)
 23. Wang, Y., Yao, Z., Wang, Y. (2019). The internal temporal dynamic of unconscious inhibition related to weak stimulus—response associations. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 73(3), 344–356. <https://doi.org/10.1177/1747021819878121>
 24. Wiesing, M., Fink, G.R., Weidner, R. (2020). Accuracy and precision of stimulus timing and reaction times with Unreal Engine and SteamVR. *PLoS ONE*, 15(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231152>



Информация об авторах

Борис Иванович Беспалов, кандидат психологических наук, старший научный сотрудник кафедры психологии труда и инженерной психологии факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3479-4454>, e-mail: bespalovb@mail.ru

Сергей Владимирович Леонов, кандидат психологических наук, научный сотрудник, Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований (ФГБНУ «ФНЦ ПМИ»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>, e-mail: svleonov@gmail.com

Артур Мансурович Мухамедов, аспирант факультета космических исследований, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4344-6443>, e-mail: a.mukhamedov@vrmsu.ru

Наталья Игоревна Булаева, оператор ЭВМ лаборатории по обеспечению учебного процесса и практикума по общей психологии факультета психологии, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГБОУ ВО «МГУ имени М.В. Ломоносова»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4904-3031>, e-mail: natali.psy99@gmail.com

Анастасия Александровна Якушина, научный сотрудник, Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований (ФГБНУ «ФНЦ ПМИ»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4968-336X>, e-mail: anastasia.ya.au@yandex.ru

Ирина Сергеевна Поликанова, кандидат психологических наук, заведующая лабораторией, Федеральный научный центр психологических и междисциплинарных исследований (ФГБНУ «ФНЦ ПМИ»), Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>, e-mail: irinapolikanova@mail.ru

Information about the authors

Boris I. Bespalov, Candidate of Science (Psychology), Senior Researcher, Department of Labor Psychology and Engineering Psychology, Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3479-4454>, e-mail: bespalovb@mail.ru

Sergey V. Leonov, Candidate of Science (Psychology), Researcher, Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8883-9649>, e-mail: svleonov@gmail.com

Arthur M. Mukhamedov, Postgraduate Student at the Faculty of Space Research, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4344-6443>, e-mail: a.mukhamedov@vrmsu.ru

Natalia I. Bulaeva, Computer Operator, Laboratory for Supporting the Educational Process, Department of Psychology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4904-3031>, e-mail: natali.psy99@gmail.com

Anastasia A. Yakushina, Researcher, Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4968-336X>, e-mail: anastasia.ya.au@yandex.ru

Irina S. Polikanova, Candidate of Science (Psychology), Head of the Laboratory, Federal Scientific Center for Psychological and Interdisciplinary Research, Moscow, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5323-3487>, e-mail: irinapolikanova@mail.ru

Вклад авторов

Беспалов Б.И. — идеи исследования; разработка технического задания на программу эксперимента; сбор, обработка и анализ данных; написание, оформление и аннотирование рукописи.

Леонов С.В. — идеи исследования; планирование исследования; сбор показателей профессионального мастерства хоккеистов; контроль за проведением исследования.



Мухамедов А.М. — разработка компьютерной программы эксперимента на платформе Unity.

Булаева Н.И. — обработка данных; визуализация результатов исследования.

Якушина А.А. — проведение эксперимента; оформление рукописи.

Поликанова И.С. — проведение эксперимента; сбор и обработка данных.

Все авторы приняли участие в обсуждении результатов и согласовали окончательный текст рукописи.

Contribution of the Authors

Boris I. Bespalov — research ideas; development of technical specifications for the experimental program; data collection, processing and analysis; writing, design and annotation of the manuscript.

Sergey V. Leonov — research ideas; research planning; collection of indicators of professional skills of hockey players; monitoring of research.

Arthur M. Mukhamedov — development of a computer program for the experiment on the Unity platform.

Natalia I. Bulaeva — data processing; visualization of research results.

Anastasia A. Yakushina — conducting the experiment; design of the manuscript.

Irina S. Polikanova — conducting the experiment; data collection and processing.

All authors participated in the discussion of the results and approved the final text of the manuscript.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Декларация об этике

Исследование было рассмотрено и одобрено Этическим комитетом факультета психологии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (№ 14 от 16.01.2024 г.).

Ethics Statement

The study was reviewed and approved by the Ethics Committee of Faculty of Psychology, Lomonosov Moscow State University (report no 14, 2024/02/16).

Поступила в редакцию 22.05.2024

Поступила после рецензирования 27.01.2025

Принята к публикации 29.01.2025

Опубликована 01.03.2025

Received 2024.22.05.

Revised 2025.27.01.

Accepted 2025.29.01.

Published 2025.01.03.