

**КОТЛОБАЙ Екатерина Сергеевна**

*Белорусский государственный университет физической культуры,  
Минск, Республика Беларусь*

**ПАРАМОНОВА Наталья Андреевна, канд. биол. наук, доцент**

*Республиканское инновационное унитарное предприятие  
«Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»»,  
Минск, Республика Беларусь*

## **МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУРЫ СТРЕЛЬБЫ ИЗ ПИСТОЛЕТА ПО ПОЯВЛЯЮЩЕЙСЯ МИШЕНИ**

В статье представлены методы исследования, которые позволяют получить информацию о системе «стрелок-оружие» с помощью использования аппаратно-программных средств. Полученная информация представленных методов исследования может применяться для построения учебно-тренировочного процесса и способов его коррекции, а также в оценке технической подготовленности спортсменов-стрелков и поиска оптимальной техники стрельбы из пистолета по появляющейся мишени.

**Ключевые слова:** стрельба пулевая; электромиография; стрельба из пистолета по появляющейся мишени; стабилметрия; педобарография; структура стрельбы; система «стрелок-оружие»; стрелковая подготовленность; оптический захват движений; спортсмен-стрелок.

## **RESEARCH METHODS IN THE STUDY OF THE STRUCTURE OF PISTOL SHOOTING AT AN EMERGING TARGET**

The article presents research methods allowing to obtain information about the “shooter-weapon” system by using hardware and software. The information obtained from the presented research methods can be used to build the training process and the ways to correct it, as well as to assess the technical readiness of athletes-shooters and search for the optimal pistol shooting technique at an emerging target.

**Keywords:** bullet shooting; electromyography; pistol shooting at an emerging target; stabilometry; pedobarography; shooting structure; “shooter-weapon” system; shooting readiness; optical motion capture; athlete-shooter.

**Введение.** Стрельба из пистолета по появляющейся мишени предъявляет повышенные требования к специфическим качествам спортсменов-стрелков. Успешное выполнение спортсменом-стрелком соревновательного стрелкового упражнения по появляющейся мишени зависит от уровня развития статодинамической устойчивости, а также возможности сохранять устойчивое положение системы «стрелок-оружие», решая двигательные задачи [1].

Рост спортивного мастерства стрелка зависит от различных факторов и механизмов, лежащих в основе управления движениями, которые до конца не изучены. Необходимы дальнейшие исследования в области управления движениями

спортсмена во время принятия позы изготовления и участия работы мышц в момент выполнения стрелкового упражнения по появляющейся мишени.

**Основная часть.** Изучив научно-методическую литературу, мы определили основные компоненты стрельбы из пистолета по появляющейся мишени. Было выявлено, что для спортсмена-стрелка большое значение при выполнении стрельбы из пистолета по появляющейся мишени имеет точное воспроизведение движений по всем фазам выполнения стрелкового упражнения: принятие позы изготовления спортсменом-стрелком относительно мишени; ожидание светового сигнала и реакция на этот сигнал; движение руки с пистолетом вверх на уровень мишени;

прицеливание и воспроизведение выстрела; опускание руки с оружием вниз под угол 45°; ожидание светового сигнала для повторения очередного выстрела.

Биокинематические звенья системы «стрелок-оружие» контролируются и оцениваются посредством двигательных и тактильных ощущений спортсмена-стрелка [2].

От того как спортсмен принял изготовку относительно мишени, зависит устойчивость системы «стрелок-оружие». Как отмечает ряд исследователей, оптимальное напряжение мышц стрелка может способствовать принятию рациональной позы изготовления для выполнения стрелкового упражнения, а точное дозирование мышечного напряжения в момент воспроизведения выстрела позволит спортсмену-стрелку удерживать пистолет в районе мишени [3–8].

Спортсмен может утратить устойчивость системы «стрелок-оружие» из-за активности мышц, которые не должны участвовать в работе по воспроизведению выстрела [9, 10]. Устойчивость системы «стрелок-оружие» происходит благодаря распределению усилий в основных мышечных группах спортсмена-стрелка, которые участвуют в фиксации пистолета при воспроизводстве выстрела [11, 12]. При чрезмерных или достаточно слабых фиксирующих усилиях мышечных групп спортсмена его стрельба из пистолета по появляющейся мишени может быть неточной [13–16].

Для получения объективной информации о структуре стрельбы из пистолета по появляющейся мишени нами были выбраны методы, наиболее эффективно отражающие различные динамические и кинематические характеристики движений стрелка: психофизиологическое тестирование; поверхностная электромиография; компьютерная стабилметрия; компьютерная педобарография; оптический захват движений; анализа обработ-

ки спускового крючка с использованием барометрических систем на основе тонкопленочных сенсоров.

Результативность в стрельбе из пистолета по появляющейся мишени зависит от следующих факторов: скорости и точности выполняемого движения спортсменом-стрелком; физической нагрузки, влияющей на организм спортсмена-стрелка; характера психофизиологического процесса, связанного с задачей прицеливания спортсмена; возбуждения и активации необходимых мышечных групп для выполнения стрелкового упражнения стрелком.

Для получения оценки текущего состояния и процессов, происходящих в организме при воздействии нагрузки на спортсмена-стрелка, мы использовали следующие психофизиологические тесты: «Простая зрительно-моторная реакция», «Реакция различения», «Реакция на движущийся объект», «Оценка внимания», «Помехоустойчивость», «Динамометрия».

Тестирование простой зрительно-моторной реакции позволяет оценить функциональное состояние центральной нервной системы спортсмена-стрелка, а также основные нервные процессы. Главным показателем данного теста является время реакции. Однако помимо абсолютного времени реакции на стимул, данная методика позволяет оценить устойчивость реакции, ее стабильность, ошибочность. Также результаты такого тестирования могут показывать степень утомления спортсмена-стрелка, степень напряжения и готовность к работе.

Тест «Реакция различения» предназначен для измерения подвижности нервных процессов центральной нервной системы спортсмена-стрелка. В отличие от простой реакции, реакция различения выполняется на один определенный стимул из нескольких разнообразных сигналов. Анализ полученных результатов осуществляется на основании среднего значения времени реакции и стандартного отклонения.

Также учитывается количество ошибок. Данное тестирование показывает способность спортсмена-стрелка к концентрации внимания и позволяет определить время принятия решения в непредвиденной ситуации.

Тест «Реакция на движущийся объект» предназначен для измерения уравновешенности нервных процессов, степени сбалансированности процессов возбуждения и торможения по силе. В данном тесте необходимо реагировать не быстро, а своевременно. Обработка результатов состоит в том, чтобы определить число точных реакций, реакций с запаздыванием и число опережающих реакций, а также сравнить их количество.

Тест «Оценка внимания» предназначен для диагностики концентрации и устойчивости внимания. Также учитывается и скорость реакции. Его суть заключается в реагировании на какой-либо хаотично появляющийся объект в анализаторе, интервалы между сигналами варьируются от 0,5 до 2,5 секунд. По времени реакции на сигнал оцениваются показатели устойчивости и концентрации внимания спортсмена-стрелка.

Тест «Помехоустойчивость» отражает способность спортсмена-стрелка сопротивляться воздействию фоновых признаков при восприятии какого-либо объекта. Зрительный стимул аналогичен тому, который был в предыдущем тесте, однако здесь отличие в том, что реакция на сигнал будет затрудняться с помощью иных сигналов. Помеха представляет собой зрительный стимул, который будет мешать выполнению задания. По данной методике оценивается степень концентрации внимания и способность спортсмена-стрелка к сопротивлению помехам окружающих условий.

Тест «Динамометрия» позволяет оценить симметричность или степень асимметрии работы мышечной системы кистей рук спортсмена-стрелка. Данный тест

проходит в четыре этапа: первый – измерение максимальной силы мышц-сгибателей кисти левой руки; второй – такое же измерение максимальной силы для правой руки; третий – измерение силовой выносливости мышц-сгибателей кисти левой руки; четвертый – то же измерение для правой руки. При прохождении третьего и четвертого этапов сила сжатия и удержания составляет не менее 50 % от максимальной.

Для определения эффективности работы мышц при выполнении выстрела спортсменом-стрелком мы использовали метод поверхностной электромиографии. Электромиографический метод исследования в оценке стрелковой подготовленности позволяет проанализировать биоэлектрическую активность мышечных групп, которые влияют на выполнение качественного выстрела спортсменом-стрелком. Для регистрации активности мышечных групп, участвующих в стрельбе их пистолета по появляющейся мишени, использовался мобильный аппаратно-программный комплекс «Delsys Trigno Avanti» (рисунок 1) [17].

Регистрация биоэлектрической активности исследуемых мышечных групп спортсмена-стрелка осуществлялась в момент выполнения стрелкового упражнения с помощью накожных электродов. Обработка полученных данных электромиограмм осуществлялась с помощью программного обеспечения Delsys Analisis и обрабатывалась в программе Microsoft Excel.

Использование электромиографии является эффективным инструментом, позволяющим индивидуализировать подготовку спортсмена-стрелка. При этом нам видится возможным создание своеобразной карты мышечного напряжения, которая будет подходить для большинства спортсменов, специализирующихся в стрельбе из пистолета по появляющейся мишени. Также данный метод поможет тренеру разработать комплекс упражнений, в которых будет сделан акцент на



Рисунок 1. – Аппаратно-программный комплекс “Delsys Trigno Avanti”

проблемные моменты, позволяющие исключить обнаруженные ошибки, тем самым сделать тренировочный процесс более эффективным [18].

Исследователи (Gurfinkel and Osovetz, 1972; Hayes, 1982) отмечают, что при выборе позы изготовления спортсмен-стрелок руководствуется следующими критериями: баланс (устойчивое положение тела), комфорт, усталость. В соответствии с данными критериями избирается соответствующая двигательная стратегия, активируются соответствующие мышечные группы и формируется поза изготовления стрелка. Исследование колебаний системы «стрелок-оружие» мы анализировали с помощью стабилметрических и педобарографических систем.

Применение стабилметрического метода является объективным для измерения и оценки постральной устойчивости спортсмена-стрелка. Для получения информации с помощью данного метода нами использовались три теста: Ромберга; «Мишень»; с эвольвентой.

Тест Ромберга состоит из двух проб – с открытыми и закрытыми глазами. Данный тест позволяет оценить способность спортсмена-стрелка управлять устойчивым положением тела, а также характеризует качество нервно-мышечной активности в момент проведения упражнения.

Тест «Мишень» позволяет оценить вестибулярную устойчивость спортсмена-

стрелка, т. е. способность к поддержанию статического равновесия.

Тест с эвольвентой отражает способность спортсмена управлять своей постральной мускулатурой в заданных движениях с небольшой амплитудой, не сходя с места – динамическое равновесие.

Во всех тестах регистрируются следующие показатели: средний радиус отклонения центра давления, площадь доверительного интервала эллипса, качество функции равновесия, коэффициент резкого изменения направления движения вектора, средняя скорость перемещения центра давления – которые отражают эффективность работы систем поддержания вертикальной позы [19].

Альтернативой современным стабилметрическим комплексам, позволяющим оценивать особенности поддержания статического и динамического равновесия при стрельбе, является использование педобарографических комплексов, которые, ввиду своей компактности, можно адаптировать для использования во время спортивных соревнований, а не только лабораторных тестирований. Отличительной особенностью является то, что педобарографический комплекс регистрирует не только траекторию перемещения центра давления на платформу, но и предоставляет информацию о распределении подошвенного давления, зарегистрированного во время выполнения стрельбы

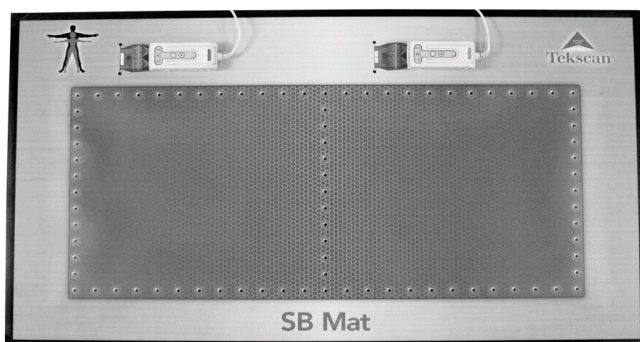


Рисунок 2. – Аппаратно-программный комплекса “SB-Mat”

из пистолета по появляющейся мишени с использованием датчиков давления, распределенных по всей активной поверхности опорной платформы. Неконтролируемое перемещение общего центра тяжести спортсмена-стрелка на поверхности опорной платформы может происходить из-за нерационального выбора позы изготовления, которая нарушает устойчивость биомеханической системы «стрелок-оружие».

Для регистрации взаимодействия спортсмена с поверхностью опоры применялся мобильный аппаратно-программный комплекс “SB-Mat” (рисунок 2) [19].

Регистрация параметров взаимодействия спортсмена-стрелка с поверхностью опоры происходила в момент выполнения стрельбы из пистолета по появляющейся мишени. Обработка полученных данных осуществлялась с помощью программного обеспечения FootMat Research [2].

Для оценки качества выполняемого выстрела мы использовали систему видеозахвата движений, с помощью которой можно получить кинематические характеристики движения.

Кинематическая структура движений делится на пространственные, временные и пространственно-временные характеристики [20]. К пространственным характеристикам в стрельбе из пистолета по появляющейся мишени относится стабильная поза изготовления спортсмена-стрелка при выполнении стрелкового упражнения.

Поза изготовления помогает поддерживать статическое и динамическое равновесие спортсмена-стрелка, а также координировать его движения в пространстве в момент выполнения стрельбы из пистолета по появляющейся мишени. Для исследования кинематической структуры движений спортсмена мы использовали аппаратно-программный комплекс “Qualisys” [21], который позволяет оценивать технику выполнения движений на основе создания трехмерной модели движущегося человеческого тела с проведением математического анализа основных аспектов движения. С помощью комплекса удастся определять основные кинематические показатели (углы, скорости, суставные моменты) движения частей спортсмена при выполнении произвольных движений. Это происходит посредством отслеживания световозвращающих маркеров, размещенных на анатомических ориентирах спортсмена-стрелка и пистолете.

Временные характеристики определяются движениями стрелка во времени: моментом времени, когда спортсмен начал осуществлять двигательное действие при выполнении стрелкового упражнения, и моментом времени, когда выполнение двигательного действия завершилось; длительностью выполнения двигательного действия при выполнении стрелкового упражнения; частотой выполнения двигательного действия (темп),

и как оно было построено во времени (ритм) [22]. Применяя систему “Qualisys”, можно определить длительность выполнения всего выстрела, а также длительность каждой фазы в процессе стрелкового упражнения: фазы удержания, прицеливания, изготовления.

Пространственно-временные характеристики позволяют определить, как изменяется поза изготовления и выполняемые движения спортсмена-стрелка во времени и пространстве. Эти данные дают возможность получить тренеру и спортсмену информацию о количественных и качественных характеристиках движения и вносить в них точные изменения для дальнейшего улучшения соревновательных результатов.

Правильная обработка спускового крючка спортсменом-стрелком является заключительным этапом выполнения двигательного действия. Применяемый нами метод анализа обработки спускового крючка с использованием барометрических систем на основе тонкопленочных сенсоров с использованием системы “Tekscan Grip” позволяет оценить статическое и динамическое давление на спусковой крючок спортсменом-стрелком во время выполнения стрелкового упражнения [2]. Данная система дает информацию о следующих ключевых показателях: общая сила воздействия на спусковой крючок спортсменом-стрелком, пиковое давление в момент обработки спускового

крючка и центр силы, т. е. то, какой долей дистальной фаланги указательного пальца происходит наложение на спусковой крючок спортсменом-стрелком во время выполнения стрелкового упражнения. Обработка полученных показателей происходит в программе Microsoft Excel.

**Заключение.** Подводя итог, можно сказать, что вышеперечисленные методы исследования существенно увеличивают возможность исследователя в оценке качества движений спортсменов-стрелков.

Учитывая, что техника выполнения стрельбы из пистолета по появляющейся мишени зависит от биомеханической сбалансированности распределения веса тела на стопы спортсмена, а также межмышечной и внутримышечной координации в процессе прицельных движений и временных характеристик каждой фазы выстрела, нами были использованы беспроводные аппаратно-программные средства, позволяющие регистрировать динамические и кинематические параметры движений для оценки техники спортсменов-стрелков во время выполнения стрельбы из пистолета по появляющейся мишени. Применение данных методов исследования позволит нам определить особенности системы «стрелок-оружие» при выполнении спортсменом стрельбы из пистолета по появляющейся мишени и выявить слабые и сильные стороны в его технической подготовленности.

1. Анализ, этапов становления техники выполнения выстрела / А. В. Актвов [и др.] // *Разноцветные мишени*. – М.: 1985. – С. 63–65.

2. FootMat System // Tekscan. *Pressure Mapping, Force Measurement & Tactile Sensors [Electronic resource]*. – Boston, 2016. – Mode of access: <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/matscan>. – Date of access: 03.09.2022.

3. Железнов, О. В. *Стрелковая подготовка военнослужащих на основе средств и методов спорта высших достижений по пулевой стрельбе*: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / О. В. Железнов; Моск. гос. акад. физ. культуры. – Малаховка, 2009. – 27 с.

4. Зозулина, И. А. *Силовая подготовка юных стрелков-пистолетчиков на этапах спортивного совершенствования*: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / И. А. Зозулина; Рос. гос. акад. физ. культ. – М., 2001. – 28 с.

5. Малухина, А. И. *Комплекс методов по совершенствованию техники выполнения выстрела и тактика выполнения соревновательных упражнений юниорами в пулевой стрельбе* / А. И. Малухина, Е. С. Палехова // *Сб. тр. ученых РГУФКСиТ: материалы науч. конф. проф.-преподават. и науч. состава РГУФКСиТ / Рос. гос. ун-т физ. культуры, спорта и туризма*. – М., 2010. – С. 134–140.

6. Меркулов, В. Е. Экспериментальное исследование возможностей управления устойчивостью системы «стрелок-оружие» : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / В. Е. Меркулов; Всеоюз. науч.-исслед. ин-т физ. культуры. – М., 1975. – 22 с.
7. Приймаков, А. А. Устойчивость равновесия в вертикальной стойке и управление произвольными движением у спортсменов-стрелков в процессе изготовления и стрельбы по мишени / А. А. Приймаков, Е. Эйдер, Е. В. Омельчук // Физическое воспитание студентов. – 2015. – № 1. – С. 36–42.
8. Пугачев, А. В. Совершенствование техники стрельбы из пневматической винтовки на основе средств срочной информации : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / А. В. Пугачев; Рос. гос. акад. физ. культуры. – М., 2002. – 26 с.
9. Тарасова, Л. В. Факторы устойчивости системы «стрелок-оружие» в тренировке высококвалифицированных стрелков / Л. В. Тарасова // Вестник спортивной науки. – 2009. – № 3. – С. 25–27.
10. Шилин, Ю. Н. Тактическая подготовка в пулевой стрельбе / Ю. Н. Шилин // Детский тренер. – 2013. – № 2. – С. 20–31.
11. Верхошанский, Ю. В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю. В. Верхошанский. – М. : Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.
12. Лазутов, А. В. Устойчивость позы человека при стрельбе из арбалета и приемы ее регуляции : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 01.02.08 / А. В. Лазутов; Рос. гос. ун-т физ. культуры, спорта и туризма. – М., 2003. – 22 с.
13. Жилина, М. Я. Методика тренировки стрелка-спортсмена / М. Я. Жилина. – М. : ДОСААФ, 1986. – 104 с.
14. Полякова, Т. Д. Формирование двигательных навыков стрелка : учеб. пособие / Т. Д. Полякова ; Акад. физ. восп. и спорта Респ. Беларусь. – Минск : ИПП Госэкономплана Республики Беларусь, 1993. – 122 с.
15. Пулевая стрельба : учеб. / под общ. ред. А. Я. Корха. – М. : Физкультура и спорт, 1985. – С. 47–99.
16. Савин, А. А. Роль адаптации к физическим нагрузкам в поддержании устойчивого вертикального положения тела человека : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.03.01 / А. А. Савин; Ярослав. гос. пед. ун-т им. К. Д. Ушинского. – Ярославль, 2012. – 23 с.
17. Мобильные многоканальные ЭМГ-системы в оценке подготовленности спортсменов : монография / Н. А. Парамонова [и др.] ; под ред. В. Е. Васюка. – Минск : БГУФК, 2022. – 134 с. : ил.
18. Зубрилов, Р. А. Становление, развитие и совершенствование техники стрельбы в биатлоне : [монография] / Р. А. Зубрилов. – 2-е изд. доп. и перераб. – М. : Советский спорт, 2013. – 352 с.
19. Разработать и внедрить методику комплексного анализа биомеханических и физиологических параметров, отражающих состояние специальной физической подготовленности высококвалифицированных биатлонистов : отчет о НИР (этап 2) / Белорус. нац. тех. ун-т ; рук. В. Е. Васюк. – Минск, 2019. – 37 с. – № ГР 20181318.
20. Сотский, Н. Б. Биомеханика : учеб. пособие / Н. Б. Сотский. – Минск : АФК, 2002. – С. 13–28.
21. F-scan System // Tekscan. Pressure Mapping, Force Measurement & Tactile Sensors [Electronic resource]. – Boston, 2016. – Mode of access: <https://www.tekscan.com/products-solutions/systems/f-scan-system>. – Date of access: 29.08.2022.
22. Динамика двигательных действий / Н. Б. Кичайкина [и др.] // Биомеханика физических упражнений. – Майкоп : АГУ, 2000. – С. 83–100.

Статья поступила в редакцию 19.10.2022