

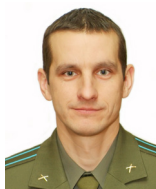
УДК 005.2+796.01:612.76



**Позюбанов Э.П.**, канд. пед. наук, доцент  
(Белорусский государственный  
университет физической культуры)



**Жданович А.А.**, мастер спорта  
международного класса  
(Военная академия Республики Беларусь)



**Яцук Д.И.**  
(Военная академия Республики Беларусь)

## БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БЕГА ЭЛИТНЫХ СПОРТСМЕНОК НА 100 МЕТРОВ С БАРЬЕРАМИ

На основе биомеханического анализа соревновательного упражнения элитных бегуний на 100 метров с барьерами в статье рассмотрены особенности структурного построения одного из циклов бега по дистанции в этом легкоатлетическом упражнении. Выявлены индивидуальные пространственные и временные характеристики построения беговых шагов между барьерами и техники преодоления препятствий. Анализ частных особенностей реализации соревновательного упражнения свидетельствует о наличии заметных временных и пространственных расхождений в формировании отдельных элементов двигательных действий.

**Ключевые слова:** барьерный бег; период опоры и полета; угловые характеристики; частота шагов.

### Введение

Двигательная активность в барьерном беге реализуется в условиях жесткой регламентации как высоты искусственных препятствий, так и их расстановки по дистанции, что в значительной мере лимитирует пространственные и временные параметры решения двигательной задачи. Существует мнение, что это вызывает особую конкретизацию ее разработки, вплоть до каждого бегового шага [1]. С этих позиций для осуществления специализированного двигательного действия со строго заданными параметрами должен формироваться целевой фоновый двигательный функционал тела спортсмена, ориентированный на максимальное использование его задатков и способностей [2]. В связи с этим в каждом

### BIOMECHANICAL CHARACTERISTIC OF ELITE 100-METER FEMALE HURDLERS

Based on biomechanical analysis of the competitive exercise of elite female 100-meter hurdlers structural features of one of the running cycles in this track and field athletics exercise are considered in the article. Individual spatial and time characteristics of running steps construction between the hurdles and technique of their clearing are revealed. Analysis of specific features of the competitive exercise realization confirms the existence of noticeable time and spatial differences in formation of particular elements of motor actions.

**Keywords:** hurdling; support and flight period; angular characteristics; steps frequency.

конкретном случае исполнения соревновательного упражнения возникает специфическая биомеханическая конструкция значимых кинематических параметров, отражающая как общие закономерности реализации специализированного двигательного действия, так и индивидуальные особенности барьериста, способствующие максимально эффективному решению двигательной задачи [3]. Анализ некоторых литературных источников показывает, что рассмотрение биомеханических закономерностей барьерного бега требует выделения специфических элементов движений, совокупный анализ которых в конечном итоге и формирует объективное представление о качестве исполнения соревновательного упражнения [4].

**Цель исследования:** совершенствование технической подготовленности бегуний на дистанции 100 м с барьерами на основе индивидуализации структурного построения соревновательного упражнения.

**Методы исследования:** анализ научно-методической литературы, видеосъемка фотокамерой «Casio EX-F1», позволяющей производить фиксацию процесса со скоростью 300 кадров в секунду. Обработка полученных данных производилась с помощью программного обеспечения Adobe Photoshop.

Анализовались параметры контрольного бега чемпионки Европы 2018 года Э. Герман (12,64 с) и многократного призера чемпионатов Европы и мира А. Талай (12,41 с). Указано лучшее время спортсменок в этом сезоне.

#### Результаты исследования

Анализ графика скорости элитных бегуний на 100 метров с барьерами показывает, что максимальное значение этой характеристики соревновательной деятельности достигается обычно после преодоления третьего барьера и может удерживаться на протяжении 4–5 межбарьерных отрезков [5]. Время преодоления отслеживаемых элементов соревновательной дистанции у рассматриваемой категории барьеристок колеблется от 0,96 с до 1,03 с. В настоящем исследовании фиксировались временные, пространственные и темпо-ритмовые характеристики перемещения спортсменок между четвертым и пятым барьерами. Кроме этого, был выполнен качественный биомеханический анализ отдельных элементов техники, в известной мере определяющих эффективность специфических двигательных действий.

Общее время преодоления изучаемого отрезка составило у А. Талай 0,97 с, а у Э. Герман – 1,02 с. Подобный уровень временных показателей свидетельствует о достижении бегунями максимальной скорости пробегания межбарьерного отрезка и представляет возможность объективно рассмотреть характер и особенности построения как отдельных элементов техники, так и целостного двигательного

действия в экстремальных условиях функционирования двигательного аппарата спортсменок.

В таблице 1 приведены отдельные временные и темпо-ритмовые характеристики беговых шагов на изучаемом отрезке. Параметры опорных периодов свидетельствуют о высоком уровне специальной подготовленности барьеристок, позволяющем им выполнить отталкивание в барьерном шаге за 0,109 и 0,116 с соответственно. Полетное время этого же шага свидетельствует о некотором преимуществе Э. Герман в реализации двигательной схемы преодоления барьера. Динамика исполнения беговых шагов между барьерами выявляет уже определенный приоритет А. Талай. В целом следует отметить, что качественный анализ подобной комбинации характеристик требует ее лонгитудинального отслеживания, а также сопоставления полученных данных с модельными показателями. К сожалению, в известной нам литературе подобной информации не содержится.

Возможности скоростной съемки позволили нам составить достаточно объективную хронограмму разворачивания системы движений при преодолении пятого барьера. Начальным моментом двигательного действия мы избрали момент отрыва толчковой ноги от опоры. Первая фаза заканчивалась в момент пересечения плоскости барьера подошвенной поверхностью маховой ноги. Длительность этого движения у Э. Герман составила 0,096 с, а у А. Талай – 0,112 с. Нахождение любой части тела над барьером определяло продолжительность второй фазы. Чуть быстрее в этом движении оказалась А. Талай – 0,135 с. Э. Герман пересекала плоскость барьера в течение 0,152 с. Нисходящий участок траектории, с выхода тела за плоскость барьера до касания опорной ноги, более быстрым оказался в исполнении Э. Герман: 0,036 с против 0,076 с. Таким образом, общее время преодоления пятого барьера у Э. Герман оказалось на 0,039 с меньше, чем у А. Талай. Далее, при проведении качественного анализа движений обеих барьеристок, мы выскажем свои предположения по поводу отмеченного факта.

Таблица – Временные и темпо-ритмовые характеристики беговых шагов между четвертым и пятым барьерами

Шаги	Барьерный шаг		Первый шаг		Второй шаг		Третий шаг	
	Опора	Полет	Опора	Полет	Опора	Полет	Опора	Полет
Талай	0,109	0,314	0,069	0,063	0,109	0,122	0,106	0,069
Частота шагов	2,36		7,52		4,32		5,51	
КБА	2,88		0,91		1,12		0,65	
Герман	0,116	0,294	0,89	0,83	0,112	0,129	0,109	0,096
Частота шагов	2,44		5,88		4,34		4,88	
КБА	2,53		0,93		1,15		0,88	

Примечание – КБА – коэффициент беговой активности (время полета / время опоры).

В основу педагогического анализа избранных нами восьми двигательных поз, выразившихся для данного момента в определенной двигательной конструкции, была положена идея рассмотрения индивидуальных действий спортсменок посредством системы выработанных установок, норм и правил построения различных двигательных действий в беге на 100 метров с барьерами [3].



Рисунок 1. – Момент постановки ноги в третьем шаге

На рисунке 1 показан момент постановки ноги, маховой по отношению к барьерному шагу, на поверхность беговой дорожки. Поскольку данный беговой элемент несет на себе основную функцию подготовки к выполнению последующего базового элемента барьерного бега, качество его исполнения играет значительную роль в организации системы двигательных действий преодоления препятствия. Характерной особенностью его исполнения, а это в первую очередь связывается с формированием условий качественного отталкивания в барьерном шаге, является практически плоская постановка стопы на опору.

А. Талай и Э. Герман, судя по расположению двигательных звеньев опорной ноги, вполне успешно справляются с этой задачей. За счет активного сведения бедер в предыдущем шаге обе спортсменки обеспечивают вертикальное положение голени относительно дорожки в момент касания ее стопой. При этом обнаруживается некоторое различие в формировании этого процесса, проявляющееся в первичном контакте стопы с дорожкой. А. Талай ставит дистальное звено сразу на всю подошвенную поверхность, а в постановке Э. Герман обнаруживается первичное касание опоры передней частью стопы. Однако уже через 0,007 с у нее образуется полный контакт данного звена с опорой и создаются оптимальные условия для продолжения последующих подготовительных действий. В отношении характера постановки стопы на опору Э. Озолин [6] писал, что «почти плоская постановка стопы ведет к нерациональному распределению нагрузки для различных мышечных групп в момент амортизации. Спортсмену приходится большую часть усилий, ко-

торые, как правило, возлагаются на мышцы голени, выполнять группами мышц передней поверхности бедра. Энергетически это очень невыгодно. Скорее всего, именно в этом элементе спортсмен нерационально растрчивает слишком много сил, что и влияет, в конце концов, на снижение скорости в конце дистанции. Кроме того, излишняя постоянная нагрузка на мышцы одной группы непременно ведет к травматизму».

Следует отметить, что угол постановки ноги на опору у обеих спортсменок практически одинаков и составляет порядка 75 градусов. Рассматриваемая нами поза позволяет выявить еще несколько различий в положении отдельных звеньев спортсменок. Так, у А. Талай наблюдается более значительный наклон туловища вперед по сравнению с Э. Герман. Последняя демонстрирует большее сгибание переносной ноги в коленном суставе и меньшую скорость сведения бедер. Кроме этого, в данной позе у нее обнаруживается наибольший угол в локтевом суставе левой руки. В. Брейзер [7] отмечал по этому поводу: «Основная установка на работу рук в женском барьерном беге – это короткие движения с высокой частотой. Достичь этого можно только в том случае, если стремиться угол между плечом и предплечьем во всех фазах движения делать минимальным (чем меньше угол, тем меньше момент инерции руки относительно оси, соединяющей плечевые суставы). Особенно трудно выполнять эту установку в крайних "задних" положениях».

Момент завершения отталкивания в третьем шаге свидетельствует о выраженном проявлении горизонтального компонента движения у обеих спортсменок (рисунок 2). В данном случае это аргументируется неполным разгибанием опорной ноги в коленном суставе и в соответствии с этим – уменьшением угла отталкивания, позволяющим целенаправленно увеличивать продольную компоненту силового взаимодействия спортсменок с опорой.

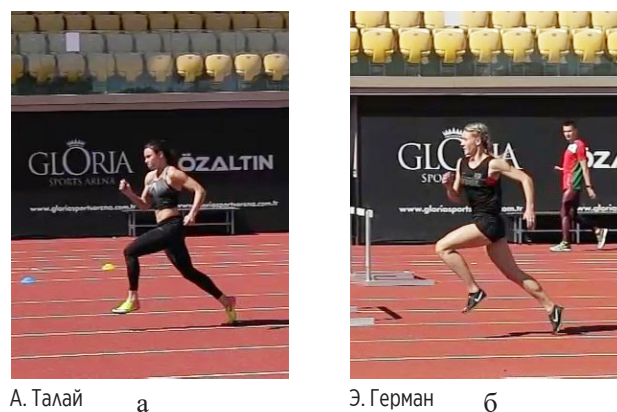
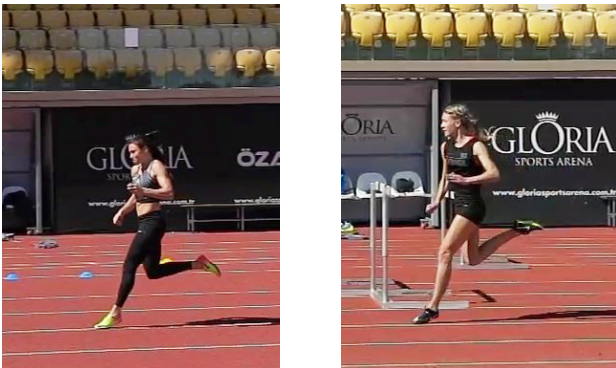


Рисунок 2. – Момент окончания отталкивания в третьем шаге

Основные различия в формальном расположении двигательных звеньев обнаруживаются в пространственной конфигурации бедра и голени пере-



носной ноги. У А. Талай они образуют в данный момент тупой угол, а у Э. Герман – острый. Угол сгибания в локтевом суставе левой руки соответственно составляет 100 и 115 градусов.



А. Талай а

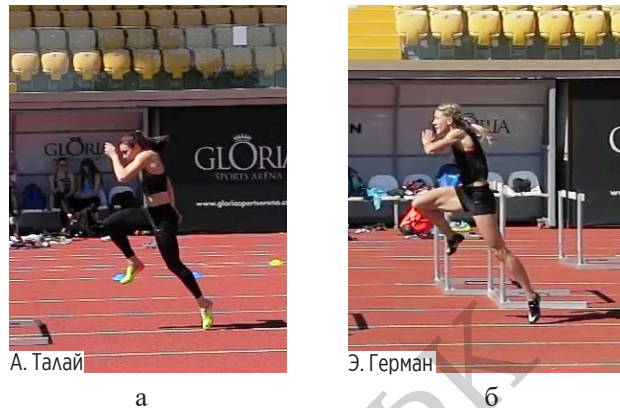
Э. Герман б

**Рисунок 3. – Момент постановки толчковой ноги в барьерном шаге**

Момент постановки толчковой ноги на опору является важнейшим элементом организации всей последующей системы движений барьерного шага (рисунок 3). Касание дорожки у обеих спортсменок характеризуется незначительным наклоном туловища вперед, но при этом А. Талай демонстрирует более выраженный наклон головы в этом же направлении, что, на наш взгляд, приводит к некоторому перераспределению оптимального напряжения мышц передней и задней поверхности туловища. Угол постановки толчковой ноги на опору у спортсменок составляет порядка  $67^\circ$ , однако в данный момент у А. Талай угол в коленном суставе составляет около  $170^\circ$  градусов, в то время как у Э. Герман он на  $10^\circ$  меньше. Биомеханически это более выгодная поза, поскольку горизонтальная составляющая реакции опоры при втором варианте расположения бедра и голени несколько меньше, и тем самым создаются более комфортные условия для организации всего процесса отталкивания и атаки барьера. Постановка же почти прямой ноги на опору при жестком варианте взаимодействия двигательных звеньев вызывает, кроме значительной ударной нагрузки на опорно-двигательный аппарат спортсмена, изменение вектора результирующей силы опорного взаимодействия, что приводит к дополнительному подъему ОЦМТ спортсмена вверх.

Окончание опорного взаимодействия в барьерном шаге представлено на рисунке 4. Поскольку данная позиция представляет собой определенную границу между выражено циклическим и относительно циклическим типом движений, входом в барьерный шаг, обе спортсменки в конечном итоге постарались создать для этого наиболее оптимальные условия. В рассматриваемой позе это выразилось в

создании практически равноценной двигательной конструкции для решения последующей задачи успешного преодоления барьера.



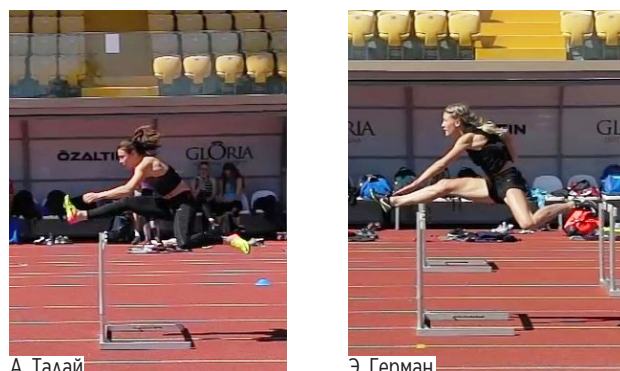
А. Талай а

Э. Герман б

**Рисунок 4. – Момент окончания отталкивания в барьерном шаге**

Угол опорной ноги в момент снятия ее с поверхности дорожки составил у них около  $60^\circ$ , голень маховой ноги располагается параллельно бедру толчковой, туловище оптимально наклонено вперед. У А. Талай заметен выраженный наклон головы и более высокое положение кисти левой руки. По мнению многих специалистов, принципиальное отличие преодоления барьера у женщин заключается в быстром опускании маховой ноги за барьер.

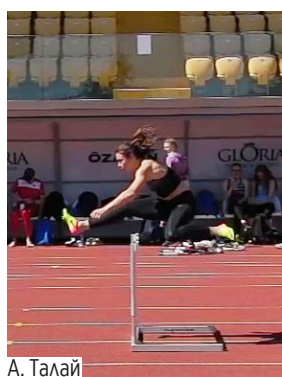
На рисунках 5 и 6 видно, что в большей мере этому требованию соответствуют движения над барьером Э. Герман. Так, если угол в коленном суставе на рисунке 5 у нее составляет  $158^\circ$ , то уже с момента пересечения им плоскости барьера величина данного угла значительно уменьшается и доходит до  $144^\circ$ . А. Талай выполняет движение больше в «мужской» манере, свойственной для бега с высокими барьерами. Об этом свидетельствует значительный наклон туловища к бедру маховой ноги, незначительная разница между показателями величин угла коленного сустава на рисунках 5 и 6, составляющая всего  $2^\circ$ , длительное удерживание стопы маховой ноги «на себя».



А. Талай а

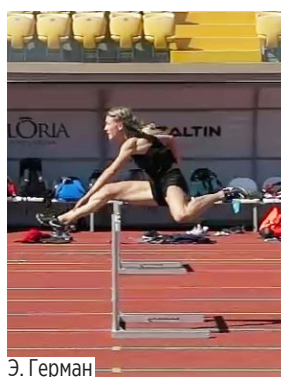
Э. Герман б

**Рисунок 5. – Момент максимального разгибания маховой ноги в барьерном шаге**



А. Талай

а



Э. Герман

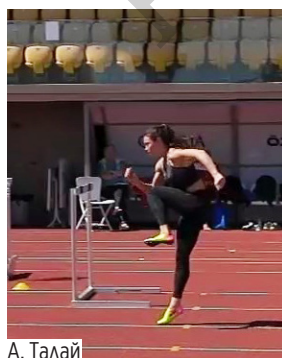
б

Рисунок 6. – Момент начала сгибания маховой ноги в барьерном шаге

Подобное положение стопы несколько увеличивает радиус действия момента сил, разгибающих маховую ногу в тазобедренном суставе, и тем самым повышает время схода спортсменки с барьера. По мнению специалистов, избежать этого, хотя бы частично, можно, если, начиная с позиции, представленной на рисунке 6, активно выполнить движение стопой маховой ноги «от себя».

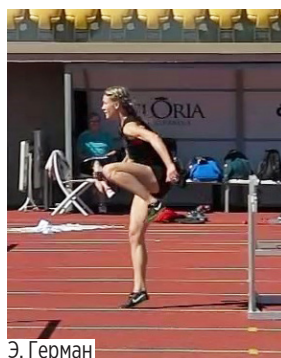
Различия в схеме преодоления барьера наиболее выражено проявляются в момент постановки опорной (маховой) ноги в первом беговом шаге (рисунок 7). Угол постановки ноги на опору у А. Талай составляет  $77^\circ$ , угол коленного сустава приближается к  $180^\circ$ , то есть нога ставится на опору практически прямой. Заметно, что к этому моменту спортсменка не полностью закончила выведение толчковой ноги коленом вперед-вверх, что, в частности, затрудняется сохранившимся сильным наклоном туловища вперед.

Угол в тазобедренном суставе между туловищем и опорной ногой составляет у нее  $132^\circ$ . Э. Герман касается опоры при почти вертикальном положении ноги. Угол ее постановки составляет  $86^\circ$ , а угол коленного сустава в этот момент равняется  $172^\circ$ . Общее положение туловища относительно опоры выглядит более прямым, поскольку вертикальные оси туловища и опорной ноги располагаются под углом  $143^\circ$ , то есть на  $11^\circ$  больше, чем у А. Талай.



А. Талай

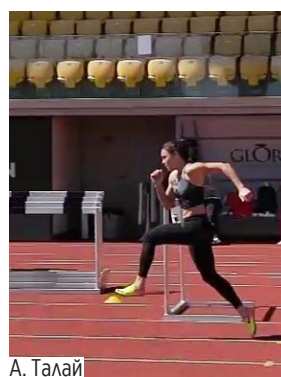
а



Э. Герман

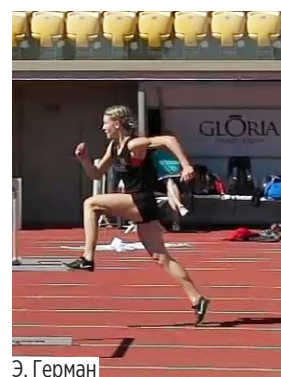
б

Рисунок 7. – Момент постановки опорной ноги в первом шаге



А. Талай

а



Э. Герман

б

Рисунок 8. – Момент окончания отталкивания в первом шаге

Однако к моменту отрыва опорной ноги от поверхности дорожки мы наблюдаем практически идентичные позы предполетной фазы у обеих спортсменок (рисунок 8). Их характеризует оптимальное расположение общей оси бедра и голени относительно дорожки: А. Талай –  $63^\circ$ , Э. Герман –  $59^\circ$ ; неполное выпрямление толчковой ноги в момент отрыва от опоры –  $161^\circ$  и  $158^\circ$  соответственно, вертикальное положение голени переносной ноги, эффективная работа рук.

**Выводы и перспективы дальнейших разработок**  
Анализ индивидуальных особенностей реализации элитными спортсменками как техники преодоления барьера, так и межбарьерных беговых шагов, свидетельствует о наличии заметных временных и пространственных расхождений в формировании отдельных элементов двигательных действий. С общих позиций системного подхода это вполне закономерно, поскольку каждая из барьеристок обладает индивидуальным комплексом морфологических, функциональных и моторных предпосылок для решения данной двигательной задачи. Отсюда возникает специализированная система телодвижений и движений, структурно отражающая конкретную совокупность объективных факторов и условий ее формирования. В связи с этим дальнейшее повышение качества функционирования двигательной структуры основного соревновательного упражнения должно происходить на основе должного учета как общих закономерностей его построения, так и характерных конституционных и психофизических особенностей конкретного спортсмена. Слепое копирование даже достаточно полных моделей соревновательной деятельности сильнейших бегуний на дистанции 100 метров с барьерами может значительно уменьшить эффект индивидуальных предпосылок и привести к снижению спортивного результата в целом [4].