

ПОЗЮБАНОВ Эдуард Петрович, канд. пед. наук, доцент

ГУСЕЙНОВ Даниил Истамович

ЯХНОВЕЦ Алина Сергеевна

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

## КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОПОРНОГО ПЕРИОДА В БЕГЕ С МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТЬЮ

В статье рассмотрены пространственные и временные показатели построения опорного периода в беге с максимальной скоростью высококвалифицированными спортсменами. Основное внимание в исследовании было сконцентрировано на характере взаимодействия биомеханических звеньев нижних конечностей, определяющих целевое содержание локомоторных действий, выполняемых с максимальной интенсивностью. Информация о конструктивных свойствах формирования упражнения актуальна для специалистов, занимающихся как практическими, так и теоретическими вопросами рассматриваемого класса движений. Их аналитическое рассмотрение представляет возможность для повышения эффективности процесса обучения и совершенствования подобных двигательных действий.

**Ключевые слова:** бег на короткие дистанции, кинематические характеристики, опорный период, период полета, суставные углы, момент постановки, момент вертикали, момент потери контакта с опорой.

## KINEMATIC FEATURES OF BUILDING A SUPPORT PERIOD IN RUNNING AT MAXIMUM SPEED

The article examines the spatial and temporal indicators of building a support period in running with maximum speed by highly qualified athletes. The main focus of the study is the nature of interaction of biomechanical links of the lower extremities, which determine the target content of locomotor actions performed at maximum intensity. Information on the constructive properties of the exercise formation is relevant for specialists dealing with both practical and theoretical issues of the movement class in question. Their analytical consideration represents an opportunity to improve the effectiveness of the learning process and improve such motor actions.

**Keywords:** sprint; kinematic characteristics; support period; flight period; joint angles; setting moment; vertical moment; moment of loss of contact with the support.

**Введение.** Анализ соревновательной деятельности бегунов на 100 метров показал, что спортивный результат здесь в наибольшей мере определяется уровнем скорости бега по дистанции, основными факторами увеличения которой служат частота и длина бегового шага [1]. Изучение этих показателей кинематики рассматриваемой системы движений свидетельствует о их заметной вариативности даже у элитных спортсменов, формирующейся под влиянием большого количества внешних и внутренних причин (таблица 1) [2].

Естественно, что наиболее значимый интерес в этом аспекте вызывает влияние на уровень этих характеристик различных конструктивных особенностей

построения двигательных действий бегового шага, отражающих техническую подготовленность исполнителей. Чаще всего для их визуализации используются кинематические показатели, отражающие внешнюю структуру соревновательного упражнения [3]. Последующее аналитическое рассмотрение различных пространственных, временных и пространственно-временных параметров беговой конструкции спортсмена позволяет специалисту объективизировать процесс управления различными видами его подготовки. Наибольшее внимание с этой позиции вызывают двигательные проявления исполнителей на опоре, так как именно в этом периоде формируется

специализированное силовое поле, определяющее эффективность поступательного перемещения бегуна по беговой дорожке [4].

Следует отметить, что по мере совершенствования структуры рабочего движения на опоре, происходящего вследствие эффективной организации моторного содержания спортивного действия, его продолжительность значительно сокращается, тем самым усложняя его построение [5, 6]. Так, если средний показатель опорного взаимодействия у детей 7–10 лет составляет порядка 160 миллисекунд, то

аналогичная величина у элитных бегунов на короткие дистанции варьирует в пределах 90–100 миллисекунд (рисунок 1). Отсюда значительный интерес вызывает исследование высокоэффективных структурных взаимодействий между отдельными биомеханическими звеньями опорной и переносной ноги в процессе построения этого технического элемента бегового шага [7].

**Методика исследования.** Исследования проводились на базе научно-образовательного кластера «Интеллектуальные технологии в спорте» с использованием

Таблица 1 – Показатели длины и частоты беговых шагов участников финального забега на 100 метров (Чемпионат мира по легкой атлетике, Лондон, 2017)

Спортсмен	Результат, с	Частота шагов, ш/с	Длина шага, см
Гатлин	9,92	4,67	251
Колман	9,94	4,95	233
Болт	9,95	4,39	270
Блейк	9,99	4,85	238
Симби	10,01	5,00	231
Викаут	10,08	4,90	239
Прескод	10,17	4,63	251
Су	10,27	5,00	226

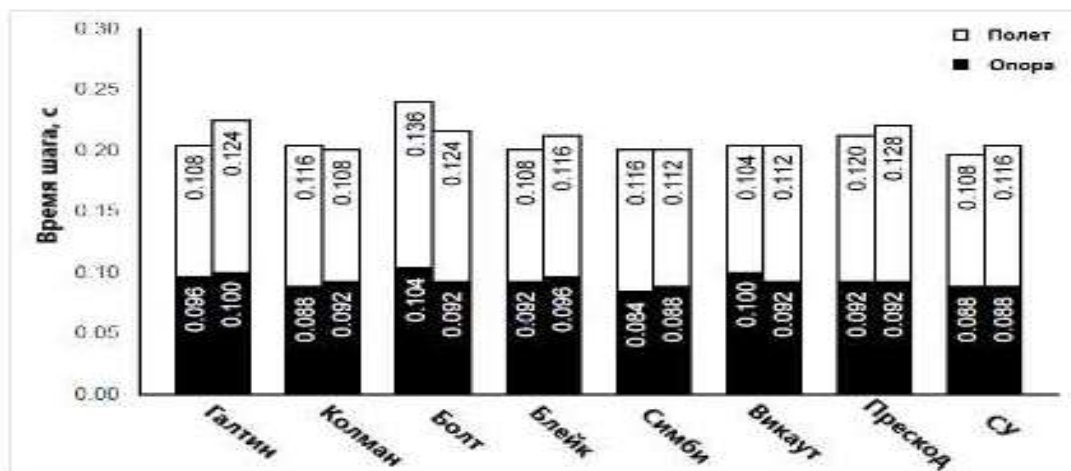


Рисунок 1 – Время периода опоры и полета у участников финального забега на 100 метров (Чемпионат мира по легкой атлетике, Лондон, 2017); (в левых и правых столбцах соответственно указаны значения для левой и правой ноги)

специального оборудования. Для регистрации пространственных, временных и пространственно-временных параметров движений спортсменов применялся аппаратно-программный комплекс (далее – АПК) Qualisys (Qualisys AB, Швеция), включающий в себя систему из 8 высокоскоростных камер (частота записи при проведении эксперимента – 100 кадров/с). С помощью специализированного программного обеспечения Qualisys Track Manager (Qualisys AB, Швеция) реализовывалась визуализация движений спортсменов при выполнении тестовых заданий и проводился расчет величины суставных углов (тазобедренного, коленного, голеностопного,  $\alpha$ , ° и скорости их изменения. Двигательное задание состояло в преодолении экспериментального участка дистанции (четыре беговых шага) с максимальной скоростью. Участие в эксперименте принимали высококвалифицированные бегуны на короткие дистанции. Полученные экспериментальные данные послужили основой для выработки методических рекомендаций с целью повышения качества беговой конструкции.

**Результаты исследования.** Испытуемый М-й, мастер спорта. Оценка наиболее

общих пространственных и временных показателей, характеризующих организацию опорных периодов правой и левой ногой во время контрольных испытаний, свидетельствует о высоком уровне равнозначности двигательных действий, ответственных за кинематику рассматриваемого элемента бегового шага. Так угол постановки обеих ног на опору и угол их отталкивания составляет 63 градуса, время взаимодействия спортсмена с дорожкой – 110 миллисекунд, продолжительность полетного периода – 130 миллисекунд. Последние два показателя позволяют количественно оценить частоту шагов в 4,16 ш/с, а коэффициент беговой активности в 1,18 у. е. Относительно невысокий в настоящее время уровень темпо-ритмовых параметров может аргументироваться направленностью тренировочного процесса, в данном случае сконцентрированном на развитии иных двигательных способностей.

Временная динамика построения опорных взаимодействий правой и левой ногами также характеризуется вполне обоснованной тождественностью. В обоих случаях продолжительность фазы амортизации составляет порядка 40, а фазы

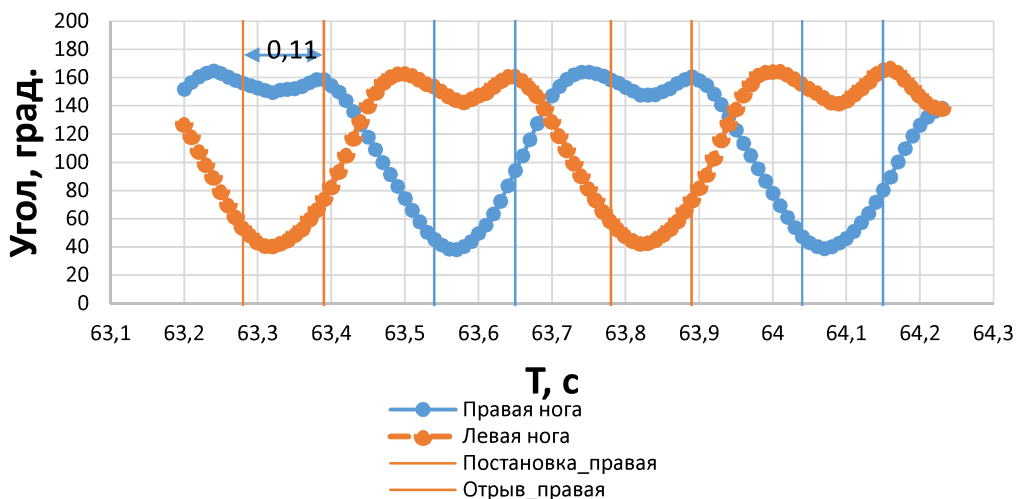


Рисунок 2 – Изменение величины угла в коленных суставах

отталкивания – 60 миллисекунд. Однако в пространственных показателях заметна достаточная неоднозначность (рисунок 2). Так, если угол коленного сустава правой и левой ноги в момент их постановки на опору практически равнозначен – 156 и 155 градусов, то его минимальные значения, определяющие момент перехода от амортизации к отталкиванию, демонстрируют некоторые отличия. Сгибание правой ноги характеризуется углом в пять, а левой – в девять градусов. В целом, подобное явление достаточно часто встречается у высококвалифицированных бегунов на короткие дистанции и определяется наличием определенной асимметрии в работе нижних конечностей.

На рисунке 3 это в определенной мере аргументируется изменением величины угла в тазобедренном суставе правой и левой ноги при формировании двигательных действий как в период опоры, так и полета. Следует отметить, что движения в рассматриваемом суставе, согласно теории В. Т. Назарова [8], являются главными управляющими, определяющими суть перемещения спортсмена по поверхности дорожки. Заметно, что в рассматриваемом случае действия левого бедра как в качестве опорной, так и переносной функции

характеризуются большей угловой амплитудой, определяющей индивидуальный стиль построения техники спортсмена.

Анализ динамики суставного угла между бедрами в фазе организации непосредственного опорного периода показывает, что полное совмещение их продольных осей происходит спустя, примерно, 20–30 миллисекунд после образования контакта бегуна с поверхностью дорожки (рисунок 4). Однако следует заметить, что именно это конструктивное построение двигательных звеньев, характерное для момента первоначальной связи бегуна с опорой, организует и обратный процесс взаимодействия бедер, направленный на их активное разведение. Максимум угловой скорости этой координации приходится на середину опорного периода и составляет порядка 1230 град/с. Максимальное же разведение продольных осей правого и левого бедра наблюдается уже после завершения опорного периода и попадает на начальную фазу безопорного перемещения спортсмена. Здесь следует учитывать как величины максимумов, характеризующих угловые скорости сведения и разведения бедер, так и динамику этих процессов. В рассматриваемом случае наибольшая угловая скорость сближе-

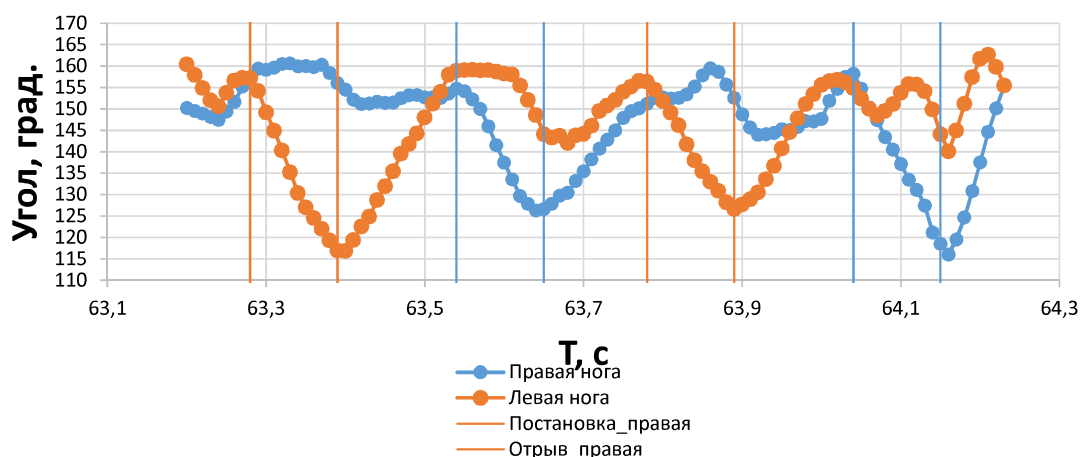


Рисунок 3 – Изменение величины угла в тазобедренных суставах

ния звеньев, примерно на 350–400 град/с меньше, чем показатель обратного процесса. Необходимо также обратить внимание на фазу перехода от разведения бедер к их сведению, которая протекает в течение, примерно, 200 миллисекунд, и где происходит изменение направления взаимодействия двигательных звеньев. Столь быстрый переход с одного вида движений к другому достигается благодаря должному использованию упругих свойств мышечно-сухожильного комплекса таза и бедер, позволяющих в течение ста миллисекунд снизить скорость их разведения с 260 град/с до нуля и также быстро увеличить ее в противоположном направлении.

Методические рекомендации. Основная задача, стоящая перед спортсменом в настоящее время, заключается в формировании должных пространственных, временных и темпо-ритмовых параметров построения системы двигательных действий в беге по дистанции путем использования специализированных тренировочных воздействий. Для ее решения предлагается:

1. Уменьшить время опорного взаимодействия спортсмена в беге по дистанции до 95–100 миллисекунд, что создаст объективные условия для достижения им скорости свыше 11 м/с, необходимой для преодоления сорокашестисекундного рубежа в беге на 400 метров.

2. Увеличить угол постановки опорной ноги в беге с максимальной интенсивностью до 63–65 градусов, что позволит уменьшить величину силы горизонтальной направляющей реакции опоры, направленной против движения спортсмена.

3. Увеличить угол коленного сустава переносной ноги в момент ее постановки на опору до 168–170 градусов, что повысит эффективность условий накопления и дальнейшего использования биопотенциальной энергии мышечно-сухожильного комплекса работающих мышц.

4. Приблизить совмещение продольных осей бедра опорной и переносной ноги к моменту организации опорного контакта.

Испытуемый 3-й, мастер спорта. Составление пространственных пока-

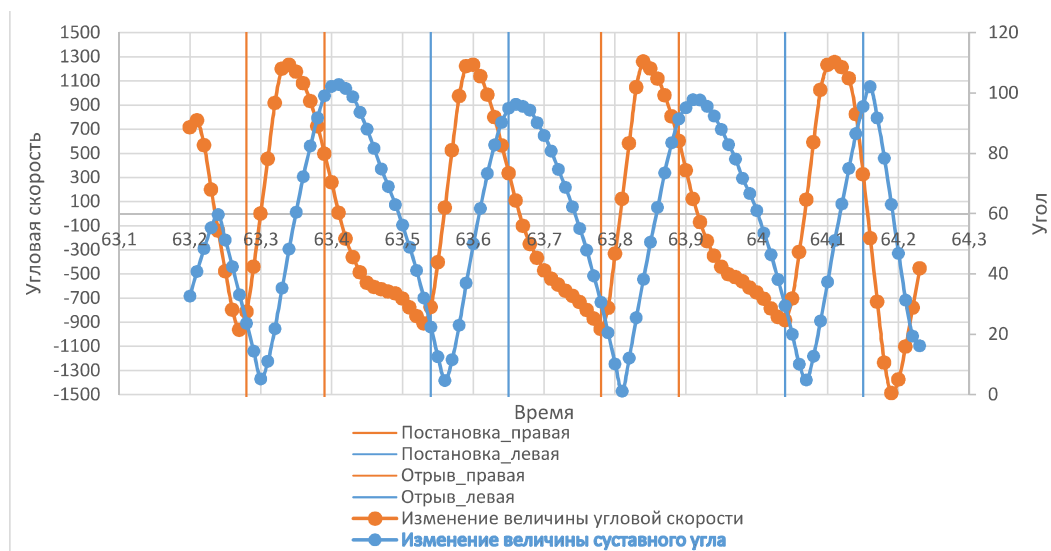


Рисунок 4 – Изменение величины суставного угла между продольными осями бедер и угловой скорости их разведения и сведения

зателей, характеризующих функционирование целостной биокинематической цепи при организации опорных периодов правой и левой ногой, и в этом случае свидетельствует о высоком уровне равнозначности двигательных действий, ответственных за кинематику рассматриваемого элемента бегового шага. Так угол постановки обеих ног на опору и угол их снятия составляет 61 и 59 градусов. Время же взаимодействия спортсмена с дорож-

кой и продолжительность полетного периода несколько отличаются. Действия правой ноги соответственно характеризуются 100 и 140, а левой – 90 и 130 миллисекундами. Таким образом частоту шагов с правой ноги в беге по дистанции можно оценить примерно в 4,20 ш/с, (коэффициент беговой активности в 1,40 у. е.), а с левой ноги – 4,40 ш/с и 1,44 у. е. Фаза амортизации достаточно выражена в опорном периоде обеих ног и составляет порядка 10–12

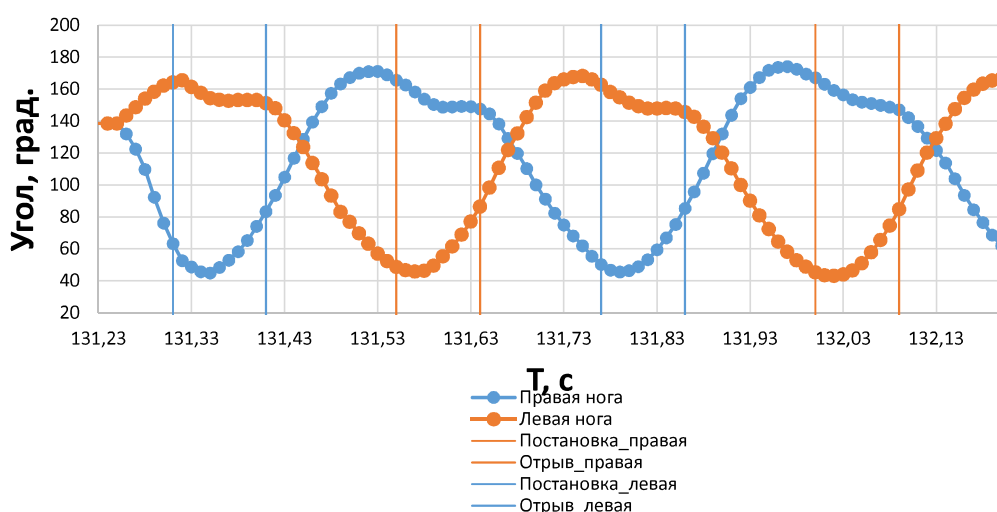


Рисунок 5 – Изменение величины угла в коленных суставах

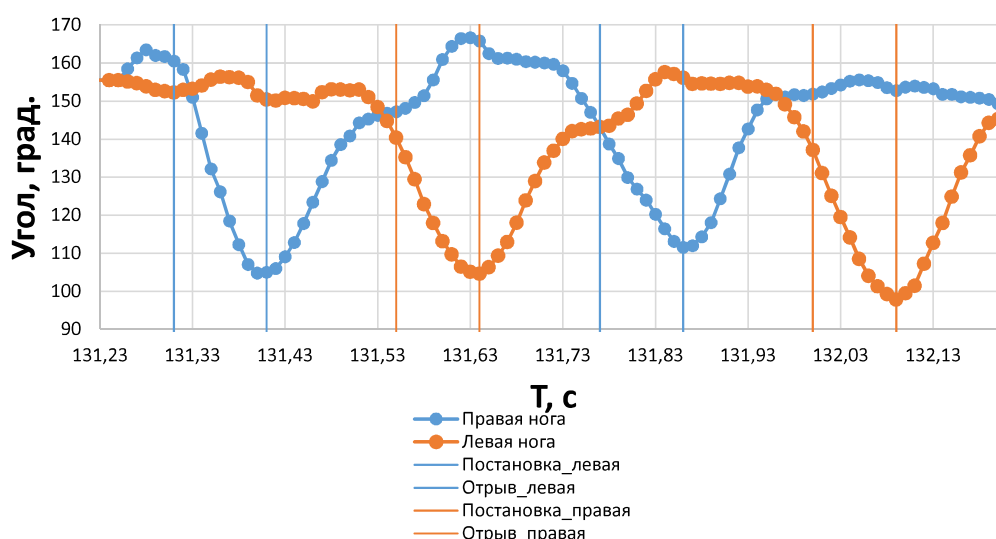


Рисунок 6 – Изменение величины угла в тазобедренных суставах

градусов, а вот кинематика отталкивания просматривается весьма слабо, поскольку амплитуда разгибания ног в это время не превышает 3–4 градуса (рисунок 5).

Анализ характера расположения на графике моментов совмещения продольных осей бедра правой и левой ноги демонстрирует их некоторую временную разбежку относительно постановки ноги на поверхность дорожки (рисунок 6). В случае постановки левой ноги, это происходит спустя, примерно, 15–20 миллисекунд после образования контакта, а правой – за 10–15 миллисекунд до начала формирования опорного взаимодействия. Заметна также определенная разница в величине тазобедренного сустава правой и левой ноги в момент постановки и отрыва конечностей от опоры, составляющая в первом случае около пяти, а во втором – восьми градусов.

Следует заметить, что пространственно-временной показатель функционирования нижних конечностей спортсмена в опорном и полетном периоде, выражен-

ный посредством угловой скорости взаимодействия его бедер, свидетельствует о высокой степени координационного построения этого процесса. В данном случае это аргументируется:

- практически совпадающими в различных беговых шагах величинами максимумов скорости разведения и сведения двигательных звеньев, соответственно составляющими порядка 1000 и 770 градусов в секунду;
- однотипным временным расположением экстремумов в опорном и полетном периодах;
- схожими кривыми нарастания и снижения угловой скорости (рисунок 7).

При этом следует отметить несколько большее время перехода с разведения бедер на их сведение по сравнению с их обратным процессом.

Методические рекомендации:

1. Уменьшить время опорного взаимодействия в беге по дистанции до 85–90 миллисекунд и на этой основе довести максимальную частоту шагов до 4,5–

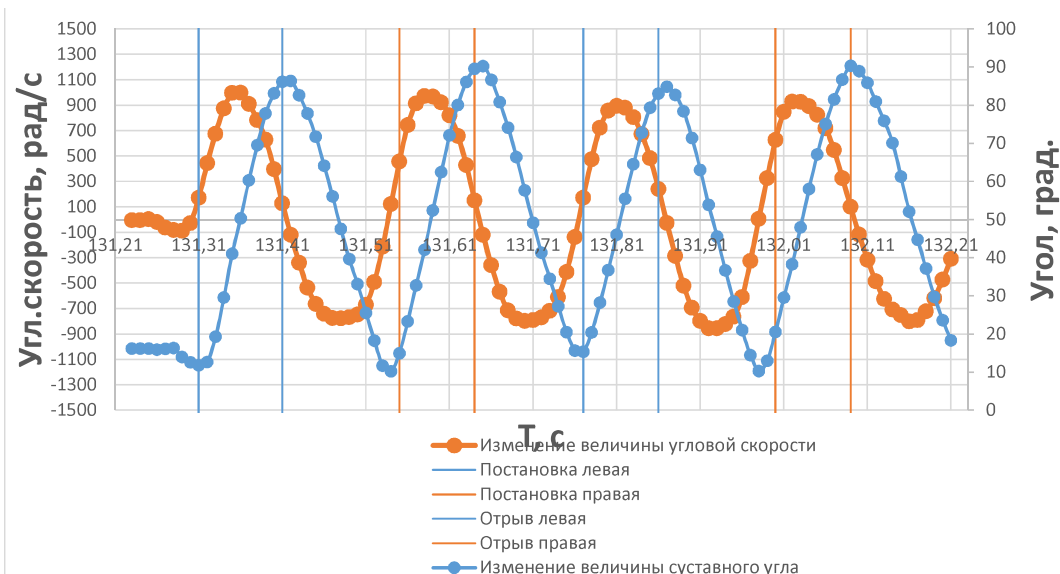


Рисунок 7 – Изменение величины суставного угла между продольными осями бедер и угловой скорости их разведения и сведения



4,6 ш/с при сохранении коэффициента беговой активности на уровне 1,35–1,40 у. е.

2. Увеличить угол постановки опорной ноги в беге с максимальной интенсивностью до 65–66 градусов.

3. Увеличить угол коленного сустава переносной ноги в момент ее снятия с опоры до 164–166 градусов.

4. Приблизить совмещение продольных осей бедра опорной (для левой ноги) и переносной ноги к моменту возникновения опорного контакта.

5. Уменьшить величину асимметрии двигательных действий левой и правой ноги.

**Заключение.** Использование эффективного метода исследования кинематических особенностей построения системных движений высококвалифицированных бегунов на короткие дистанции позволило значительно повысить уровень качественной и количественной информации относительно индивидуального профиля построения опорного периода в беге с максимальной скоростью. Ее аналитическое использование позволяет разрабатывать целевые методические рекомендации относительно характера тренирующих воздействий, направленных на совершенствование технической подготовленности спортсменов.

1. Аракелян, Е. Е. Бег на короткие дистанции (спринт) / Е. Е. Аракелян, В. П. Филлин, А. В. Коробов, А. В. Левченко. – М.: Инфра-М, 2002. – 134 с.

2. Озолин, Э. Спринтерский бег / Э. Озолин. – М.: Человек, 2010. – 176 с.

3. Левченко, А. Ф. Джойнер-Гриффит. Техника и соревновательная структура бега / А. Левченко // Легкая атлетика. – 1989. – № 7. – С. 14–16.

4. Тюпа, В. Спринтерский бег / В. Тюпа, А. Джалилов, Г. Шувалов // Легкая атлетика. – 1988. – № 9. – С. 16–18.

5. Верхошанский, Ю. В. Основы специальной силовой подготовки / Ю. В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1987. – 215 с.

6. Озолин, Э. Современная техника спринта / Э. Озолин // Легкая атлетика. – 1985. – № 11. – С. 4–7.

7. Козлов, И. Мышцы и спринт. Сравнительная характеристика работы мышц в спринтерском беге и при выполнении специальных упражнений / И. Козлов, В. Муравьев // Легкая атлетика. – 1992. – № 8. – С. 8–11.

8. Назаров, В. Т. Движения спортсмена / В. Т. Назаров. – Минск: Полымя, 1984. – 176 с.

Поступила в редакцию: 27.06.2024