

## **МЕХАНИЗМ ОРГАНИЗАЦИИ РИТМО-СКОРОСТНОЙ СТРУКТУРЫ БЕГА НА 110 МЕТРОВ С БАРЬЕРАМИ (НА МОДЕЛИ МАХОВЫХ ДВИЖЕНИЙ, СИЛ ГРАВИТАЦИИ И ИНЕРЦИИ) В ПРОЦЕССЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА ПЭВМ**

***Р.М. КААИБ ИМАД<sup>1</sup>, В.И. ЗАГРЕВСКИЙ<sup>2</sup>, Е.А. МАСЛОВСКИЙ<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup>Белорусский государственный университет физической культуры  
г. Минск, Республика Беларусь,*

*<sup>2</sup>Могилевский государственный университет им.А.А Кулешова,  
г. Могилев, Республика Беларусь,*

*<sup>3</sup>Полесский государственный университет,  
г. Пинск, Республика Беларусь*

Механизм отталкивания в беговых движениях в контексте взаимодействия спортсмена с опорой в большинстве случаев рассматривается изолировано от механизма маховых. Некоторые специалисты в области спринта придерживаются радикальных взглядов, сводящихся к тому, что отрыв спортсмена от опоры происходит только за счет разгибания опорных конечностей. Такая односторонняя научная трактовка механизма отталкивания беговых движений максимальной мощности достаточно широко отражена в ряде учебников и учебных пособиях по легкой атлетике. Естественно, это негативно сказалось на эффективности подготовки специалистов по спринту в гладком и барьерном беге.

В целом, ведущие отечественные биомеханики придерживались идеи о согласованности отталкивания от опоры и маховых движений в едином кинематико-динамическом пространстве бегового шага. В этих работах маховым движениям звеньев тела спортсмена придается приоритетное значение, так как за счет перемещения их центров тяжести происходит и перемещение общего центра тяжести массы легкоатлета.

В работах последних лет обоснована ведущая роль маховых движений при взаимодействии спортсменов с опорой. Так, в экспериментальных исследованиях И.А.Денисова (2005) было показано, что даже в таком неспецифическом упражнении, как прыжки в длину с места (один из контрольных показателей, оценивающих скоростно-силовые способности спринтеров), в процентном отношении 43% занимают маховые и инерционные движения, а 57% от всего взаимодействия с опорой уходит на активное формирование скорости и направления движения общего центра тяжести массы тела двигательного аппарата.

При этом максимальное напряжение мышц достигается во время стабилизации суставных углов опорных конечностей и снижается во время разгибания ног. Это свидетельствует о том, что эффективность выполнения прыжка в длину с места при отрыве от опоры осуществляется, в основном, за счет активных движений свободных конечностей и туловища.

Данное упражнение в определенной степени можно сравнивать с выходом с низкого старта в беге на скорость в гладком и барьерном беге, когда отталкивание со стартовых колодок осуществляется в основном двумя ногами. Со второго бегового шага эффект проявления взрывной силы мышц уже характеризуется выполнением динамики одноопорной фазы в биодинамике

Для математического описания движения спортсмена в безопорном состоянии воспользуемся кинематической схемой  $N$ -звенной биомеханической системы при условии, что точка контакта спортсмена с опорой (А) свободна.

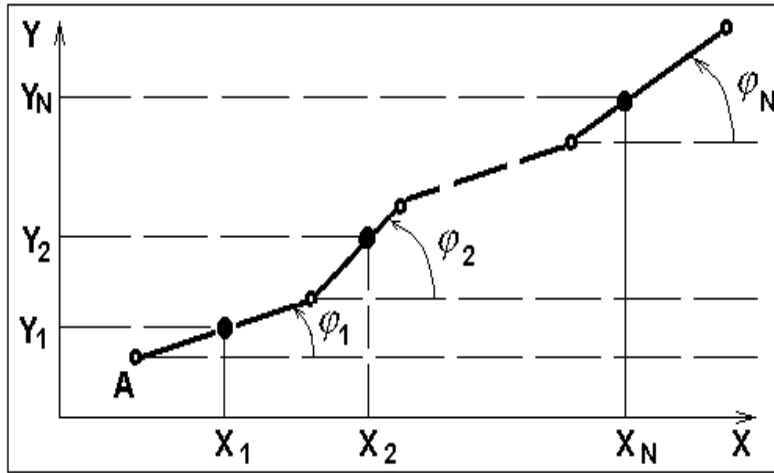


Рисунок – Кинематическая схема многосвязной биомеханической системы в безопорном положении

Для рассматриваемого случая введем обозначения:

$X_i, Y_i$  – координаты центра масс  $i$ -го звена по осям  $Ox; Oy$ ;

$\dot{X}_i, \ddot{X}_i$  – первая и вторая производные от  $X_i$  по времени (линейная скорость и линейное ускорение центра масс  $i$ -го звена по оси  $Ox$ );

$\dot{Y}_i, \ddot{Y}_i$  – первая и вторая производные от  $Y_i$  по времени (линейная скорость и линейное ускорение центра масс  $i$ -го звена по оси  $Oy$ );

$\varphi_i$  – угол наклона  $i$ -го звена к оси  $Ox$ ;  $\dot{\varphi}_i, \ddot{\varphi}_i$  – первая и вторая производные от  $\varphi_i$  по времени (угловая скорость и угловое ускорение  $i$ -го звена);

$i = 1, 2, 3, \dots, N$ , где  $N$  – количество звеньев модели.

Для обозначения масс-инерционных характеристик рассматриваемой многосвязной модели опорно-двигательного аппарата тела спортсмена введем следующие идентификаторы:  $J_i$  – центральный момент инерции  $i$ -го звена;  $m_i$  – масса  $i$ -го звена;  $P_i$  – вес  $i$ -го звена;  $L_i$  – длина  $i$ -го звена;  $S_i$  – расстояние от  $i$ -го шарнира до центра масс  $i$ -го звена в направлении к  $i+1$  шарниру.

Запишем для принятой модели кинематические связи, накладываемые на положение  $i$ -го шарнира

$$\begin{aligned} X_i + (L_i - S_i) \cos \varphi_i &= X_{i+1} - S_{i+1} \cos \varphi_{i+1}, \\ Y_i + (L_i - S_i) \sin \varphi_i &= Y_{i+1} - S_{i+1} \sin \varphi_{i+1}. \end{aligned} \quad (1)$$

Таким образом,  $N$ -звенная биомеханическая система в безопорном положении имеет  $N+2$  степеней свободы, обусловленных кроме изменения  $\varphi_i$  дополнительным перемещением центра масс первого звена по осям  $Ox, Oy$ . Уравнения движения, согласно [1] имеют вид

$$B_{p,j} \frac{\partial Z_p}{\partial Q_i} \ddot{Z}_j = \frac{\partial Z_p}{\partial Q_i} X_p, \quad (p, j = 1, 2, 3, \dots, 3N; \quad i = 1, 2, 3, \dots, N+2). \quad (2)$$

Выполнив соответствующие преобразования, получим итоговую систему уравнений, описывающих движение  $N$ -звенной биомеханической системы в безопорном состоянии.

$$K_0 \ddot{Y}_1 - \sum_{j=1}^N K_j \ddot{\varphi}_j \cos \varphi_j - \sum_{j=1}^N K_j \dot{\varphi}_j^2 \sin \varphi_j = 0;$$

$$K_0 \ddot{X}_1 - \sum_{j=1}^N K_j \ddot{\varphi}_j \sin \varphi_j - \sum_{j=1}^N K_j \dot{\varphi}_j^2 \cos \varphi_j = 0 ;$$

$$K_i \ddot{Y}_i \cos \varphi_i - K_i \ddot{X}_i \sin \varphi_i + \sum_{j=1}^N B_{i,j} (\ddot{\varphi}_j \cos(\varphi_j - \varphi_i) - \dot{\varphi}_j^2 \sin(\varphi_j - \varphi_i)) = M_i - M_{i+1} \quad i=1, 2, 3, \dots, N \quad (3)$$

Система уравнений (3) включает в себя  $N+2$  уравнений, где первые два уравнения являются уравнениями сил реакции связи относительно свободной точки  $A$  (рис. 1), а остальные  $N$  уравнений описывают вращательное движение системы. Уравнения (3) являются базовой математической моделью свободного движения  $N$ -звенной биомеханической системы. Их

рекуррентная форма построения позволяет автоматизировать процесс создания математической модели с произвольным количеством звеньев модели непосредственно в вычислительном эксперименте на ПЭВМ. Для этого необходимо выяснить структуру коэффициентов  $K_i, B_{i,j}$ .

Опуская промежуточные вычисления, запишем окончательный вид коэффициентов  $K_i, B_{i,j}$ . Для  $K_i$  имеем

$$\begin{aligned} K_0 &= m, \\ K_1 &= (L_1 - S_1)(m - m_1), \\ K_i &= A_i m, \quad i=1, 2, 3, \dots, N. \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь  $m$  – масса биомеханической системы,  $A_i$  – коэффициенты, определяющие общий центр масс (ОЦМ) биомеханической системы.

Коэффициенты  $A_i$ , определяющие координаты ОЦМ  $N$ -звенной биомеханической системы находятся из выражения.

$$A_i = \frac{m_i S_i + L_i \sum_{j=i+1}^N m_j}{\sum_{i=1}^N m_i}.$$

Для коэффициентов  $B_{i,j}$  получим

$$\begin{aligned} B_{1,1} &= (L_1 - S_1)K_1 + J_1, \\ B_{1,j} &= (L_1 - S_1)K_j, \quad (j = 2, 3, \dots, N); \\ B_{j,1} &= B_{1,j}, \quad (j = 2, 3, \dots, N); \\ B_{i,j} &= A_{i,j}, \quad \text{если } i \geq 2 \text{ и } j \geq 2 \text{ и } i < j; \\ B_{j,i} &= A_{j,i}, \quad \text{если } j > i \text{ и } j \geq 2 \text{ и } i \geq 2. \end{aligned}$$

Здесь  $A_{i,j}$  – коэффициенты в уравнениях движения  $N$ -звенной биомеханической системы в условиях опоры.

Базовая математическая модель движений спортсмена в безопорном положении позволяет решать как обратную, так и прямую задачу биомеханики двигательных действий. В первом случае по известной траектории звеньев тела спортсмена вычисляются управляющие моменты мышечных сил в соответствии с уравнениями (3). При этом используются данные оптической регистрации движений спортсмена и  $N$  уравнений (3) вращательного движения биомеханической системы.

При решении прямой задачи синтезируется траектория звеньев биомеханической системы. С этой целью, в соответствии с заданным программным управлением базовую математическую модель (3) первоначально преобразуют в конструктивную. Затем, изменяя начальные условия движения и траекторию программного управления, в вычислительном эксперименте на ПЭВМ получают различные варианты движений спортсмена в безопорном положении.

Здесь следует учесть, что выбор программного управления определяет и структуру конструктивной математической модели синтеза движений спортсмена и способы ее решения.

Так, например, рассмотрим в качестве программного управления такой из способов задания управляющей функции, который отражает эволюцию изменения суставных углов по времени. В этом случае рассматриваемое программное управление выражается зависимостью

$$U_i = \varphi_{i+1} - \varphi_i, \quad \dot{U}_i = \dot{\varphi}_{i+1} - \dot{\varphi}_i, \quad \ddot{U}_i = \ddot{\varphi}_{i+1} - \ddot{\varphi}_i. \quad (5)$$

Считая  $\varphi_1, \dot{\varphi}_1, \ddot{\varphi}_1$  неизвестными, значения  $\varphi_i, \dot{\varphi}_i, \ddot{\varphi}_i$  в данном случае определяются связями, наложенными программным управлением (5)

$$\begin{aligned} \varphi_i &= \varphi_1 + \sum_{j=1}^{i-1} U_j, \\ \dot{\varphi}_i &= \dot{\varphi}_1 + \sum_{j=1}^{i-1} \dot{U}_j, \\ \ddot{\varphi}_i &= \ddot{\varphi}_1 + \sum_{j=1}^{i-1} \ddot{U}_j, \end{aligned} \quad (i=2, 3, \dots, N). \quad (6)$$

В соответствии с избранным управлением (5) и с учетом наложенных программным управлением кинематических связей на обобщенные координаты, обобщенные скорости и обобщенные ускорения (6) базовая математическая модель движений спортсмена (3) преобразуется в конструктивную математическую модель синтеза движений биомеханической системы в безопорном положении

$$\begin{aligned} D_{1,1}\ddot{\varphi}_1 + D_{1,2}\ddot{Y}_1 + D_{1,3}\ddot{X}_1 &= D_{1,0}, \\ D_{2,1}\ddot{\varphi}_1 + D_{2,2}\ddot{Y}_1 + D_{2,3}\ddot{X}_1 &= D_{2,0}, \\ D_{3,1}\ddot{\varphi}_1 + D_{3,2}\ddot{Y}_1 + D_{3,3}\ddot{X}_1 &= D_{3,0}. \end{aligned} \quad (7)$$

Система уравнений (13) решается относительно  $\ddot{\varphi}_1, \ddot{Y}_1, \ddot{X}_1$  методом Крамера или любым из численных методов решения систем линейных уравнений (метод Гаусса с выбором главного элемента, метод вращения).

Уравнения синтеза движений биомеханической системы в условиях полетной части упражнений, построенные на основе базовой математической модели (3) имеют рекуррентную структуру и распространяются на  $N$ -звенную модель, что позволяет автоматизировать процесс их вывода с помощью ЭВМ. Для этого

пользователю достаточно задать количество звеньев модели, а ЭВМ формирует уравнения движения непосредственно в процессе вычислительного эксперимента.

С помощью данной математической модели был изучен «маховый» стиль бега с заданными пространственно-временными параметрами. Исходными данными послужил киноциклографический анализ бега на 110 метров барьерами шести сильнейших мужчин-спринтеров мира. Для математического описания движения спортсменок в безопорном положении использована формула В.И.Загrevского [7]. Это кинематическая схема  $N$ -звенной биомеханической системы при условии, что точка контакта спортсменки с опорой свободна и методика построения математической модели движения представлена в виде свободного трехзвенника. Этот подход распространен на многозвенную модель биомеханической системы движений в барьерном беге, которая формируется на основе искомым уравнений в процессе вычислительного эксперимента с помощью ЭВМ. Результаты исследования показали, что «маховый» стиль бега обеспечивает более эффективное использование инерционных и реактивных сил в безопорной фазе свободных конечностей опорно-двигательного аппарата. Данный стиль бега отличается тем, что он более контролируем спортсменом.

В процессе тренировки тренер использует критерии, которые являются результатом качественного анализа техники бега. Бег с барьерами принято делить на следующие части: 1-я –

старт и стартовый разбег; 2-я – преодоление барьера; 3-я – бег между барьерами; 4-я – финиширование (1).

Расстояние до первого барьера (13,72 м) дает возможность использовать два стиля стартового разбега (7 или 8 беговых шагов), который выбирается в зависимости от индивидуальных морфологических и физических качеств барьериста. Естественно, что спортсмены, имеющие более высокий рост и более сильные мышцы-разгибатели ног, преодолевают стартовый разбег за 7 беговых шагов.

Техника преодоления барьера условно делится на следующие фазы: отталкивание и атака барьера, переход барьера и сход. Отталкивание на барьер по своим биомеханическим характеристикам занимает промежуточное положение между аналогичными фазами в гладком беге и прыжках в длину. Вот почему эта важная часть техники барьерного бега тесно взаимодействует со средствами, взятыми из арсенала подготовки спринтеров и прыгунов в длину с разбега.

Атака и переход барьера – две взаимосвязанные фазы, определяющие скорость и безопасность преодоления барьера. Критерием техники преодоления барьера является нисходящая траектория движения ОЦМТ барьериста, и поэтому наивысшая точка этой траектории находится в фазе полета до препятствия.

Основные технические задачи движений барьериста в фазах атаки и перехода барьера имеют следующую методическую направленность: 1) Ускорение переноса толчковой ноги; 2) Ускорение опускания маховой ноги; 3) Сохранение равновесия и направления движения; 4) Приземление за барьером. Базовым техническим элементом в этой фазе является старт бедром маховой ноги на барьер (высота барьера – 1,067 м) и ускорение опускания маховой ноги за барьер.

Базовым компонентом ритмо-скоростной структуры техники барьерного бега является фаза – бег между барьерами. Она существенно отличается от таковой в спринтерском беге. Ведь три шага межбарьерного бега выполняются в ограниченном пространстве (9м 14 см) и с преодолением на дистанции 10-и барьеров (высота 1,067 м). В этой связи специалистами четко обозначены два перспективных стиля техники барьериста в соответствии с его индивидуальными показателями : первый – маховый и второй – маховый-беговой).

Первый шаг межбарьерного бега является ключевым в построении ритмо-скоростной структуры бега между барьерами. Ведь выполняя первый шаг, барьерист формирует эффективную для спринта позу. Она, по существу, является главной позой, предвосхищающей предыдущие движения и обуславливающие последующие. Эта поза соответствует «позе вертикали». С чисто теоретических позиций технологии «позного метода» обучения (по Н.Романову, 2009) данная поза наиболее чувствительна (проприоцептивный путь обучения) и координационно точна в достижении рационального подъема и опускания ОЦМТ за барьер и сложно управляема в соответствии с заданными кинематическими и динамическими параметрами (теория кинематической и динамической достаточности разгибательно-сгибательных суставных движений).

Второй шаг межбарьерного бега по своей структуре практически не отличается от спринтерского шага и является главным с точки зрения увеличения скорости бега.

Третий шаг межбарьерного бега сложен тем, что решать надо две задачи. Основной задачей является сохранение высокой скорости гладкого бега, а вспомогательной – подготовка правильного выполнения отталкивания и атаки барьера.

В целом для межбарьерного бега квалифицированных спортсменов характерно высокое положение туловища, упругая постановка стоп на опору, сохранение оптимального бегового наклона и прямолинейности бега, высокая частота и согласованность работы рук и ног.

Исходя из традиционных приемов обучения ритмо-скоростной структуре в беге на 110 м с барьерами (в контексте соотношения продолжительности отдельных зон) дистанцию бега с барьерами принято делить на три части: 1) Стартовый разбег и ускорение; 2) Проявление максимальной скорости и ее сохранение; 3) Падение скорости; 4) Оптимальным считается следующий ритм бега по дистанции: ускорение до 3 барьера, проявление максимальной скорости в беге между 3 и 8-м барьерами и рост скорости на финишном отрезке.

Что касается финишного отрезка (приблизительно 12,7 м), то успех приходит к тем барьеристам, которые умеют перестраиваться на спринт. Ведь увеличение скорости на финишном отрезке происходит за счет увеличения как частоты, так и длины шагов – главных атрибутов

технического мастерства спринтеров. Единственное отличие от техники спринта – это установка на преодоление последнего препятствия, когда барьерист должен сознавать, что соревнование на этом не заканчивается и необходимо сконцентрировать свое внимание на финиш спринтера, а не барьериста. Ритмо-скоростная структура бега на финишном отрезке больше напоминает ритмовую структуру бега спринтера, а не ритмовую структуру бега между барьерами.

В связи с представленными нами теоретическими положениями по организации рациональной ритмо-скоростной структуры барьерного бега на 110 метров, автор претендует на смену акцентов традиционных критериев эффективности барьерного бега в фазе атаки и в фазе схода с барьера на инновационные подходы. Традиционный подход в обучении и совершенствовании фазы атаки на барьер – скоростная или скоростно-силовая установка упражняющих воздействий в ущерб использованию махового стиля преодоления барьера и при сходе с барьера – традиционный акцент на активность разгибательных движений со значительным перемещением ОЦТМ вперед и вверх в ущерб развитию и совершенствованию статических напряжений (давление сверху вниз) в формате использования «даровых сил» – сил гравитации и инерции. Второму положению соответствует «позная технология» обучения, предложенная Н. Романовым при обучении и совершенствовании техники спринтерского бега. Данный подход применительно к барьерному бегу специалистами не использовался. Более того, «позный» метод никогда ранее не моделировался в условиях выполнения фазы приземления спортсмена за барьером для рациональной организации ритмо-скоростной структуры барьерного бега.

Показано, что в старте и первой части стартового разгона (выход с низкого старта – атака на 1-й барьер) первая часть бега стометровой дистанции характеризуется «активным» стилем бега, который в целом не отличается от задач бегуна, стартующего в беге на 100 м.

Во второй части стартового разгона (сход с 1-го барьера – атака на 4-й барьер) вторая часть бега по дистанции характеризуется переходом на «маховый» стиль бега с целью усиления фактора экономизации движений за счет концентрации произвольного максимального расслабления, активизации маховых перемещений свободной конечности, таза и отработки высокой «посадки» бега и осанки с их кинестезической формой проявления - чувствованием.

По мере овладения «чувствованием» махового стиля бега по дистанции, как одного из ведущих элементов сенсорной организации движения, естественно, наступает момент, когда спортсмен должен вновь переходить на «активный» стиль бега на участке дистанции (сход с 4-го барьера – атака на 8-й барьер) с целью добиться наивысшего уровня проявления скоростных способностей после прохождения первой половины дистанции.

Этот методический прием оправдан для выбора рациональной техники и тактики бега по дистанции в условиях повышенной напряженности соревновательной борьбы. Однако, этот же прием может оказаться не эффективным, если естественная активность беговых движений искусственно заменяется сверх усилиями и сверх напряжением мышц нижних конечностей, туловища, плечевого пояса и рук. В этом случае активный стиль бега не облегчает, а наоборот осложняет борьбу на дистанции и в целом негативно отражается на тактике и технике бега.

При условии удачного «вхождения» в «активный» стиль бега на участке (сход с 4-го барьера – атака на 8-й барьер) стометровой дистанции наступает самый ответственный момент в организации ритмо-скоростной структуры барьерного бега при естественном падении скорости. То есть, на начальном отрезке участка финишного отрезка – (сход с 8-го барьера – атака на 10-й барьер) выгодно придерживаться «махового» стиля бега).

В этот момент, как правило, резко обостряется соперничество и психология спортсмена легко уязвима для действия сбивающих факторов. Стремление спортсмена отдать все силы для поддержания достигнутой максимальной ритмо-скоростной структуры приводит к еще большей закрепощенности беговых движений, понижению высоты беговой «посадки» и неоправданно усиленной концентрации на выполнение разгибательных движений нижних конечностей. Поэтому в этих условиях спортивной борьбы на последних барьерах (9 и 10-й барьеры) выбор «махового» стиля бега оправдан со всех сторон.

Оставшийся во второй части финиша (12,7 м) безбарьерный отрезок (сход с 10-го барьера – пробегание финишного створа) желательно использовать активный стиль бега. Именно в этот момент наступает «пик» физической усталости, которую необходимо преодолеть максимальными волевыми усилиями и установкой на частоту движений рук и ног без излишнего напряжения мышц туловища.

Если барьеристу не удастся «сбросить» закрепощенность мышц (особенно туловища), то в этом случае не следует переходить на «активный» стиль бега, а заканчивать «маховым» стилем. Обычно это случается с менее подготовленными физически спортсменами.

Следствием этого является необоснованное понижение общего центра тяжести массы тела спортсмена. Поэтому вместо свободного продвижения тела вперед наблюдается: увеличение длительности опорных фаз, уменьшение длины шага и амплитуды маховых движений свободных конечностей.

В этих условиях рекомендуется поменять тактическую схему бега переходом с активного стиля бега на маховый стиль бега, который более подконтролен спортсмену. Это обеспечивает более эффективное использование инерционных и реактивных сил опорно-двигательного аппарата.

Предложенная технико-тактическая схема пробегания 5-и участков стодесятиметровой дистанции имеет ярко выраженный колебательный характер при смене активного и махового стилей бега, а именно:

- Выход с низкого старта и первая часть стартового разгона – атака на 1-й барьер – активный стиль бега в сочетании с маховым;
- Вторая часть стартового разгона – сход с 1-го барьера – атака на 4-й барьер – маховый стиль бега;
- Первая часть бега по дистанции – сход с 4-го барьера – атака на 8-й барьер – активный стиль бега;
- Вторая часть бега по дистанции и первая часть финиша – сход с 8-го барьера – атака на 10-й барьер – маховый стиль бега;
- Вторая часть финиша – сход с 10-го барьера – пробегание финишного створа – желательно преодолевать активным стилем бега.

Итак, в сумме активный стиль бега (выход с низкого старта и первая часть стартового разгона – атака на 1-й барьер; сход с 4-го барьера – атака на 8-й барьер; сход с 10-го барьера – пробегание финишного створа) занимает 55 м стодесятиметровой дистанции, а маховый стиль бега (сход с 1-го барьера – атака на 4-й барьер; сход с 8-го барьера – атака на 10-й барьер) – соответственно – также 55 м.

Следовательно, необходимо уделять 55% времени формированию и совершенствованию активного стиля бега и 55% времени – махового стиля бега. В связи с колебательным характером активного и махового стилей бега на стодесятиметровой дистанции необходимо уделять достаточное количество времени переходу из одного функционального состояния модельной схемы тактики бега на другое состояние. Соответственно этой схеме обусловлен подбор тренировочных средств и методов совершенствования механизма активного и махового стилей бега. Особая роль при этом принадлежит аудиовизуальному и нервно-мышечному сопровождению выполнения двигательных действий, как высшей формы сенсорной организации движения.

Отсутствие квалифицированной педагогической коррекции учебно-тренировочных программ и планов, основанных на данных имитационного моделирования движений спортсмена на ПЭВМ, является существенным пробелом в системе подготовки на уровне сборных национальных команд и ближайшего резерва. Так, в беге на 110 м с барьерами осуществить такие коррекционные мероприятия крайне сложно, особенно когда ставится задача – добиться согласования движения с «чувственным» способом его решения. При этом, одним из основных лимитирующих факторов в этом случае выступает такой морфофункциональный показатель как осанка, которая рационально взаимодействует с опорными и рессорными функциями позвоночника. Ряд специалистов [3,4,5,6,8] утверждают, что основным сбивающим фактором является «слабость» мышц, обеспечивающих главную позу, предвосхищающую предыдущие движения и обеспечивающие выполнение последующих, а также отсутствие баланса силы тяги мышц-антагонистов [3,9,10]. При недостаточности мышечной силы (для поддержания системы и ее звеньев) не менее важную роль (если не главную) играет плохо развитое чувство «позы», что влечет к рассогласованному восприятию кинематики пространственно-временных параметров его движения.

В этом направлении нами разрабатывалась плановая система проведения вычислительных экспериментов, направленных на выявление закономерностей перемещения общего центра масс тела барьериста в условиях ограниченного пространства (межбарьерных отрезков) в «позе» схода с барьера и перехода к выполнению первого шага межбарьерного бега. Моделируемые условия

были приближены к условиям вращательного движения относительно фиксированной оси в зависимости от начальных условий движения, траектории программного управления и масс-инерционных характеристик биомеханической системы.

В качестве программного управления биомеханической системы нами рассматривалось кинематическое изменение углов в тазобедренных и коленных суставах «опорной» модели во времени. Численные значения программного управления, скорости и ускорения были представлены в трех функциях [7]: 1) линейная зависимость; 2) квадратическая зависимость; 3) кубическая зависимость. При линейной зависимости увеличение суставного угла для каждого шага интегрирования осуществлялось с постоянной величиной, при постоянной скорости и нулевом ускорении. Для квадратической зависимости кинематическое управление в суставах происходит с возрастающим значением при каждом последующем шаге интегрирования, с поступательно увеличивающейся скоростью и постоянным ускорением. При кубической функции увеличение значений кинематического управления в суставах, его скорости и ускорения осуществляется с возрастающей к каждому шагу интегрирования величиной.

На основании проведенного вычислительного эксперимента с использованием программного управления в формате трех функций нами была разработана компьютерная программа, моделирующая условия выполнения спортсменом-барьеристом «опорной» фазы упражнений и позволяющая анализировать уровень эффективности использования сил гравитации, инерции и сгибательно-разгибательных движений в суставах, необходимых для успешной реализации моторного компонента цели движения и эффективного решения двигательных задач в опорной части барьерного упражнения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балахничев, В.В. Бег на 110 м с барьерами /В.В.Балахничев/. – М. : Физкультура и спорт, 1987. – 80 с.
2. Бальсевич, В.К. Многолетняя подготовка спринтеров. /В.К.Бальсевич/ Легкая атлетика. – 1983. – № 5. – С.6 – 7.
3. Вайн, А.А. Исследование механического импеданса тела человека при ударном взаимодействии опорно-двигательного аппарата с опорой. /А.А.Вайн/Мат . 1-й Всесоюзн.конф.по биомеханике спорта. – М., 1974. – С.20 – 22.
4. Вайнер, И.М. О некоторых возможностях управления скоростью бега в тренировке спринтеров./И.М.Вайнер//Теория и практика физической культуры – 1977. – № 7. – С.13 – 14.
5. Верхошанский, Ю.В. Экспериментальное обоснование средств скоростно-силовой подготовки в связи с биодинамическими особенностями спортивных упражнений :автореф.дис.канд.пед.наук. /Ю.В.Верхошанский-Москва:ГЦОЛИФК, 1963. – 23 с
6. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов./ Ю.В.Верхошанский/. – М.: Физкультура и спорт, 1988. – 330 с.
7. Загrevский, В.И. Расчетные модели кинематики и динамики биомеханических систем /В.И.Загrevский/. – Томск: Томский государственный педагогический университет, 1999. – 156 с.
8. Семенов, В.Г. Двигательный аппарат женщин-спринтеров в спортивном генезисе: монография – 2-е изд.перераб.и доп./В.Г.Семенов/. – Смоленск: СГАФКСТ, 2008. – 130 с.
9. Тюпа, В.В. Биомеханика бега (механическая работа и энергия) Киев, 1990. – 98 с.
10. Фесенко, Н.А. О формировании техники скоростного бега./ Н.А.Фесенко// Легкая атлетика. – 1966. – № 1. – С.15 –

16

## THE MECHANISM OF THE ORGANISATION OF RITMO-SPEED STRUCTURE OF RUN ON 110 METRES WITH BARRIERS (ON MODEL МАХОВЫХ MOVEMENTS, FORCES OF GRAVITATION AND INERTIA) IN THE COURSE OF COMPUTING EXPERIMENT ON COMPUTER

*R.M. KAAIB IMAD, V.I. ZAGREVSKY, E.A. MASLOVSKY*

### *Summary*

In article some possibilities of management by ritmo-speed structure of run on 110 m with barriers (on model маховых movements, forces of gravitation and inertia) by means of computing experiment on ПЭВМ are scientifically proved. On its basis the expediency of formation of ritmo-speed structure qualified барьеристов under the set biomechanical characteristics has been confirmed.

*Поступила в редакцию 21 сентября 2009г.*