

**Влияние кривизны дорожки на структуру бегового шага
легкоатлета-спринтера в условиях манежа**

Шиманский Александр Андреевич¹

Ципин Леонид Львович², доктор педагогических наук, профессор

Белёва Анна Николаевна³

Мальцева Лариса Владимировна¹

¹*Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет*

²*Национальный государственный Университет физической культуры, спорта и здоровья имени П. Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург*

³*Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт физической культуры*

Аннотация. Специфика спринтерского бега по виражу в легкоатлетическом манеже обуславливает не только различия в реализации двигательных программ на данном отрезке дистанции, но и результативность соревновательной деятельности спортсмена в целом. Данный фактор указывает на необходимость ее исследования и учета в коррекции содержания тренировочного процесса.

Цель исследования – определить особенности влияния кривизны дорожки на структуру бегового шага легкоатлета-спринтера в условиях манежа.

Методы и организация исследования. В процессе исследования применяли: анализ научно-методической литературы; опрос; ретроспективный анализ результативности спринтерского бега; оптическая регистрация параметров техники (линейно-модульная система «OptoJump Next»); поверхностная электромиография; тензометрия; методы математической статистики. В биомеханическом исследовании, которое проводилось на базе СК «Легкоатлетический манеж», г. Санкт-Петербург, принимали участие высококвалифицированные легкоатлеты-спринтеры 20-22 лет.

Результаты исследования и выводы. В ходе исследования были конкретизированы биомеханические характеристики, предопределяющие направленность совершенствования техники спринтерского бега по виражу на различных дорожках в легкоатлетическом манеже.

Ключевые слова: легкая атлетика, легкоатлетический манеж, спринтерский бег по виражу, кривизна дорожки, структура бегового шага, электрическая активность мышц, динамика давления на опору.

**The influence of track curvature on the running stride structure
of a sprinter athlete in an indoor arena**

Shimansky Alexander Andreevich¹

Tsipin Leonid Lvovich², doctor of pedagogical sciences, professor

Belyova Anna Nikolaevna³

Maltseva Larisa Vladimirovna¹

¹*Saint-Petersburg State Pediatric Medical University*

²*Lesgaft National State University of Physical Education, Sport and Health, St. Petersburg*

³*Saint-Petersburg Scientific-Research Institute for Physical Culture*

Abstract. The specifics of sprinting on a curve in an athletic indoor track not only determine the differences in the implementation of motor programs over this segment of the distance but also affect the overall effectiveness of the athlete's competitive performance. This factor indicates the necessity for its study and consideration in the adjustment of the training process content.

The purpose of the study is to determine the characteristics of the influence of track curvature on the structure of the running stride of a sprint athlete in indoor conditions.

Research methods and organization. In the course of the research, the following methods were employed: analysis of scientific and methodological literature; surveys; retrospective analysis of sprinting performance; optical registration of technique parameters (linear modular system "OptoJump Next"); surface electromyography; tensiometry; and methods of mathematical statistics. The biomechanical study, conducted at the sports complex "Athletics Arena" in St. Petersburg, involved highly qualified sprinter athletes aged 20-22.

Research results and conclusions. The study specified the biomechanical characteristics that predetermine the direction of improving the technique of sprinting on curves across various tracks in an athletic indoor arena.

Keywords: athletics, athletic arena, sprinting on a curve, curvature of the track, structure of the running stride, electrical activity of the muscles, dynamics of pressure on the support.

ВВЕДЕНИЕ. Результат спринтерского бега на 100 м и более складывается из суммы времени преодоления отдельных специфических отрезков дистанции. При этом скорость бега по прямой и по виражу на стадионе различается до 0,3 м/с, а в условиях манежа, где кривизна виража больше, этот показатель возрастает до 0,8 м/с [1]. Уменьшение времени преодоления каждого отрезка и всей дистанции является критерием для оценки возможности перехода легкоатлета на более высокий уровень мастерства [2]. Поэтому при формировании мастерства спринтера особое внимание необходимо уделять совершенствованию техники прохождения виража как наиболее важному отрезку дистанции для сохранения оптимальной скорости бега [1].

Доказано, что при беге по виражу на спортсмена действует центробежная сила, вектор которой направлен перпендикулярно дуге поворота, а ее величина находится в прямой зависимости от скорости бега и обратно пропорциональна радиусу кривизны дорожки. В связи с этим перед спортсменом стоит сложная двигательная задача, заключающаяся в необходимости сохранения оптимальной скорости бега на вираже и удержания правильного положения тела таким образом, чтобы минимизировать влияние негативных факторов, выраженных в величине радиуса самого поворота и угла наклона дорожки [1].

Техника спринтерского бега по виражу в условиях легкоатлетического манежа имеет свою специфику и обусловлена длиной беговых шагов и частотой их выполнения, однако большая часть применяемых в спортивной практике специальных упражнений направлена на совершенствование техники бега по прямой. Причины этого прежде всего отсутствие информации, в полной мере раскрывающей мышечные механизмы, определяющие кинематическую структуру бега по виражу в условиях манежа [3], и выбор средств технической подготовки легкоатлетов-спринтеров. Исходя из этого, целью исследования являлось определение особенностей влияния кривизны дорожки на структуру бегового шага легкоатлета-спринтера в условиях манежа.

МЕТОДИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ. Для достижения цели применялся комплекс методов исследования: анализ научно-методической литературы; опрос; ретроспективный анализ результативности спринтерского бега; оптическая регистрация параметров техники (линейно-модульная система «OptoJump Next»); поверхностная электромиография; тензометрия; методы математической статистики. На первом этапе исследования посредством сравнительного анализа динамики результативности бега на 400 м в манеже за пятидесятилетний период у отечественных и зарубежных легкоатлетов-спринтеров была подтверждена актуальность проблемы, а на основе анализа протоколов чемпионатов мира, Европы и России по спринтерскому бегу на 200 м и 400 м с 2016 по 2024 гг. установлена степень влияния номера дорожки на результативность бега в условиях манежа. Исходя из выявленной значимости месторасположения спортсмена на старте, на втором этапе

был проведен мониторинг применяемых в спортивной практике средств и методов тренировки спринтеров, а также изучено мнение о путях повышения их мастерства. Целью третьего этапа в рамках биомеханического исследования являлось выявление специфики техники бега по выражу в условиях манежа и конкретизация направленности коррекции содержания технической подготовки. Исследование проводилось на базе СК «Легкоатлетический манеж» в г. Санкт-Петербурге, в нем принимали участие высококвалифицированные легкоатлеты-спринтеры (n=9).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. В процессе теоретического анализа был сделан вывод, что техника спринтерского бега по выражу рассматривалась с различных позиций отечественными и зарубежными специалистами, прежде всего, в условиях стадиона. Особенности техники спринтерского бега по выражу в легкоатлетическом манеже в специальной литературе практически не уделялось внимания, а методики направленного совершенствования техники с учетом условий соревновательной деятельности отсутствуют. При этом выполненный ретроспективный анализ динамики результатов отечественных спортсменов в спринтерском беге на 400 м в манеже показал, что последние 50 лет она не имеет положительной тенденции (рис. 1) [4].

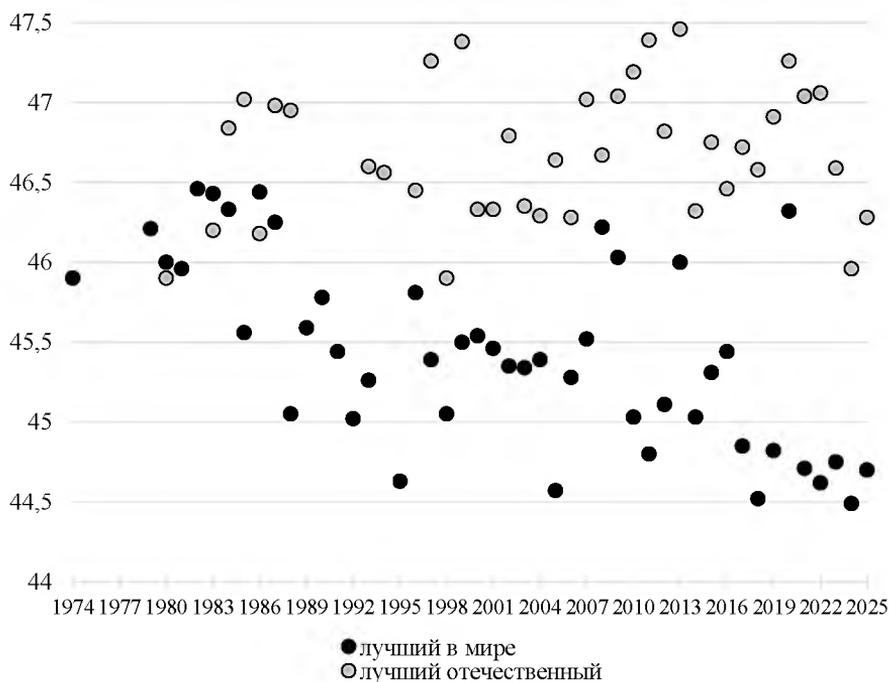


Рисунок 1 – Результаты в спринтерском беге на 400 м в легкоатлетическом манеже, продемонстрированные с 1974 по 2025 гг., с

Если в целом на мировом уровне улучшение произошло на 1,41 с, то результаты отечественных бегунов так и не приблизились к рекорду страны 1980 г. (45,9 с), который соответствовал мировому рекорду 1974 года, державшемуся на тот момент. На данный момент разница в результатах отечественных и мировых лидеров составляет 1,47 с, то есть больше, чем прирост результатов за 50 лет. В процессе математического анализа результатов сильнейших спринтеров мира и отечественных бегунов установлено, что среднестатистические показатели $(45,44 \pm 0,16$ с и

46,69±0,11 с, соответственно) имеют разницу в 1,25 с, плотность результатов как в одной, так и в другой выборке очень высокая ($V=1,29\%$ и $V=0,9\%$, соответственно), а взаимосвязь общемировой тенденции к росту результатов с отечественной практически отсутствует ($r=0,02$).

В отличие от бега в легкоатлетическом манеже, лучший результат в спринте на стадионе лучше на 1,46 с. То есть, различия в условиях спринтерского бега предопределяют не только результативность спортсменов, но и динамику их рекордов. В связи с этим было осуществлено более детальное изучение особенностей соревновательной деятельности в спринте в условиях легкоатлетического манежа.

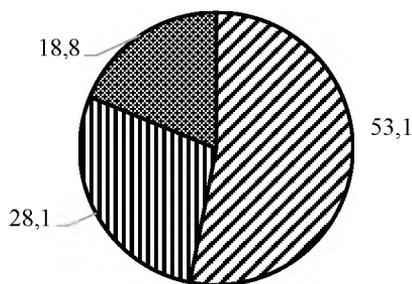
В процессе анализа влияния дорожки на результат в беге на 400 м в условиях легкоатлетического манежа на чемпионатах мира по легкой атлетике с 2016 по 2024 гг. было установлено, что в 76,9% финалов и полуфиналов легкоатлеты, стартовавшие с наружных дорожек, становились победителями забегов. Корреляционный анализ результатов ведущих спринтеров мира, Европы и России в беге на 400 м в условиях легкоатлетического манежа свидетельствовал, что стартовая позиция спортсмена (номер дорожки) во многом определяет результат на финише, и по мере приближения к финалу ее влияние повышается, доходя до обратной функциональной взаимосвязи. В финалах все спортсмены, осуществляющие бег по большему радиусу, имели большее преимущество и показывали лучший результат.

Результаты в спринтерском беге на 400 м финалистов и полуфиналистов чемпионатов мира по легкой атлетике в манеже в 2016–2024 гг. показали обратную связь с номером дорожки, которая колебалась от $r = -0,72$ до $r = -0,9$. У спринтеров на 200 м чемпионата России по легкой атлетике в манеже 2024 г. в предварительных забегах, полуфиналах и финале эта связь соответствовала $r = -0,61$, $r = -0,82$ и $r = -1$. Таким образом, наиболее комфортными дорожками в беге по виражу в манеже являлись дальние, что не совпадало с результатами опроса тренеров.

Было сделано предположение, что соревновательная деятельность и условия ее реализации, выступая в качестве модели, должны быть учтены при проектировании содержания спортивной подготовки спринтеров. В связи с этим был проведен опрос тренеров по спринтерскому бегу ($n = 32$) и легкоатлетов-спринтеров разного уровня спортивной квалификации ($n = 28$), направленный на изучение опыта подготовки в беге по виражу. Определяя уровень технической подготовки в спринтерском беге по виражу в России, тренеры в среднем оценивали его удовлетворительно (6,5 балла по 10-балльной шкале). При этом 12,6% спортивных педагогов соотнесли техническую подготовку с высоким уровнем, что не соответствовало динамике достижений отечественных спринтеров, представленной ранее.

Практически все тренеры и спортсмены, вне зависимости от уровня спортивной квалификации, указывали на необходимость совершенствования техники спринтерского бега по виражу как на стадионе, так и в манеже, а также считали, что в условиях легкоатлетического манежа сложнее поддерживать скорость в беге по виражу.

Основной причиной снижения скорости бега по виражу в манеже большая часть тренеров считает меньший, чем на стадионе, радиус кривизны (рис. 2).



■ меньший радиус кривизны виража ■ спуски и подъемы на вираже
 ▨ угол наклона дорожек

Рисунок 2 – Значение факторов снижения скорости бега по виражу в условиях легкоатлетического манежа, % (по данным опроса, n=32)

Остальная часть респондентов в качестве факторов снижения скорости отмечает спуски и подъемы на вираже, а также угол наклона дорожек. Это согласуется с данными научной литературой, однако никто из респондентов не указывает на сочетание данных факторов, являющееся причиной системного изменения в технике бегового шага и, как следствие, сложности реализации двигательной программы по сохранению скорости.

Определяя критерии оценки техники бега по виражу в специфических условиях легкоатлетического манежа, тренеры отдавали приоритет положению туловища спортсмена – углу его наклона, хотя данная характеристика являлась производной от изменения опорной поверхности и постановки ног на нее. По имеющимся данным, неверно полагать, что во время спринтерского бега по кривой «все тело» наклоняется к ее центру, так как углы наклона разных частей тела могут сильно отличаться [5, 6].

На втором месте по информативности была указана частота беговых шагов, зависящая от номера дорожки на вираже. Только третье место занимала оценка параметров техники работы ног – звеньев тела, контактирующих с опорой и определяющих структуру бегового шага в условиях наклонного виража (рис. 3).



Рисунок 3 – Критерии оценки техники спринтерского бега по виражу в легкоатлетическом манеже, % (по данным опроса, n=32)

Исходя из данных опроса тренеров, для совершенствования техники бега по виражу необходимо применять следующие разновидности средств:

- двигательные задания, учитывающие изменения внешних условий спринтерского бега (номера дорожки, части виража и т.д.);
- специальные беговые упражнения с инвентарем и имитационные упражнения;
- сопряжение беговых упражнений с приемами визуализации и индивидуализации.

Обобщив полученные данные, было установлено, что большинство предлагаемых средств технической подготовки не имели конкретной направленности на совершенствование какой-либо характеристики техники, а значит, не учитывали специфику бега по виражу в условиях легкоатлетического манежа.

Для объективизации причин снижения результативности бега были проведены биомеханические исследования на высококвалифицированных легкоатлетаспринтерах в условиях легкоатлетического манежа с применением современных аппаратных методик.

Прежде всего, анализу подверглись кинематические характеристики техники бега (длительность фаз бегового шага, скорость и длина бегового шага) при переходе с прямой на вираж. Результаты статистической обработки показали, что изменение опорной поверхности в беге по виражу влекло за собой уменьшение длины шагов обеими ногами и скорости шага правой ногой, что обуславливало снижение скорости бега в целом. Особенностью бегового шага левой ногой было снижение длительности фаз опоры, полёта и в целом бегового шага. При этом «коэффициент опоры» имел тенденцию к увеличению, что указывало на снижение скорости бегового шага (табл. 1) [3].

Таблица 1 – Изменение значений кинематических характеристик беговых шагов спринтеров при переходе с бега по прямой на бег по виражу, % (n=9)

Беговой шаг	Длительность			Коэффициент опоры	Скорость бегового шага	Длина бегового шага
	бегового шага	фазы полёта	фазы опоры			
левой ногой	-10,3	-17,7	-1,8	+16,2	+1,6	-9,8
правой ногой	-3,3	-0,8	+5,2	+4,3	-7,6	-4,3

Примечание: «-» – уменьшение; «+» – увеличение; n – объем выборки

Подтвердился факт наличия существенных различий в положении стопы и голени в момент соприкосновения с опорой в спринтерском беге по виражу от бега по прямой, являющихся результатом сопротивления центростремительной силе [1].

Анализ электрической активности мышц ног при переходе с бега по прямой на бег по виражу в легкоатлетическом манеже свидетельствовал о снижении показателей для обеих ног, а по характеристике RMS (рассчитанное среднееквадратичное значение из необработанного сигнала ЭМГ, в определенных пределах отражающее силу, развиваемую мышцами спортсмена) было сделано заключение, что спортсмен в беге по виражу прикладывал меньшие усилия. Большие изменения были характерны для активности мышц левой ноги: уменьшение составило от 20% до 32% (табл. 2) [3].

Таблица 2 – Изменение значений электрической активности мышц ног спринтера при переходе с бега по прямой на бег по виражу в легкоатлетическом манеже, %

нога	прямая м. бедра (период опоры)	прямая м. бедра (период полета)	двуглавая м. бедра	икроножная м.
правая	-18	-15	-4	-5
левая	-20	-22	-32	-23

Примечание: «-» – уменьшение; «+» – увеличение

Чтобы определить особенности отталкивания в спринтерском беге на различных дорожках легкоатлетического манежа, была проведена дистанционная тензометрия на основе применения внутрибубновой системы измерения давления на опору. Анализ полученных данных показал существенную неравномерность усилий отталкивания правой и левой ногами во время бега не только на конкретной дорожке, но и между усилиями одной и той же ноги на разных дорожках (табл. 3).

Таблица 3 – Давление левой и правой ноги на опору при беге по виражу в легкоатлетическом манеже на разных дорожках, кгс/см² (n=14)

Показатель	1 дорожка		3 дорожка		5 дорожка	
	левая	правая	левая	правая	левая	правая
M	267,21	283,88	226,79	257,48	206,53	219,95
m	3,73	2,65	3,44	3,50	3,79	3,95
V	5,22	3,49	5,67	5,09	6,87	6,72
r	-0,51		0,69		0,40	

Примечание: M – среднее арифметическое; m – ошибка среднего арифметического; V – коэффициент вариации, %; r – коэффициент корреляции; n – объем выборки.

Более высокие показатели силы давления правой ногой подтверждали работу мышц по стабилизации положения тела при сопротивлении центробежной силе. Ее уменьшение по мере перемещения спортсмена на внешнюю дорожку совпадало со снижением силы давления в целом и правой ногой в частности. Различия в силе давления ног на внешней дорожке были недостоверны ($p > 0,05$), а ее снижение относительно внутренней дорожки соответствовало 29,4%-29,1% (для левой и правой ног). Наименьшая асимметрия в проявлении силы давления на опору на внешней дорожке свидетельствовала о меньшем влиянии центробежной силы и большей прямолинейности перемещения спортсмена, приближающей условия бега по виражу к бегу по прямой. При этом корреляционный анализ силы давления на опору в беговых шагах позволил заключить, что её показатели внутренней и внешней ног взаимосвязаны, а степень их взаимовлияния зависит от номера дорожки.

Обобщив данные исследования, были конкретизированы биомеханические характеристики, предопределяющие направленность совершенствования техники спринтерского бега по виражу в легкоатлетическом манеже:

- кинематические: длительность фазы опоры бегового шага, длительность фазы полёта, длительность бегового шага, коэффициент опоры, скорость бегового шага, длина бегового шага;
- физиологические, обуславливающие кинематику бега и характеризующие потенциал сохранения и увеличения его скорости: среднеквадратичное значение электрической активности мышц и ее адекватность с учетом фазы бега по виражу;
- динамические: сила давления на опору и симметричность ее проявления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Результаты исследования показали, что:

- в условиях легкоатлетического манежа возникает еще большая, чем на стадионе, необходимость противодействовать центробежной силе, которая обуславливает изменения двигательной программы бега легкоатлета-спринтера для эффективного сохранения равновесия;
- возникающая центробежная сила при переходе высококвалифицированного легкоатлета-спринтера с бега по прямой на бег по виражу обуславливает разное повышение силы давления на опору и риск снижения скорости бега;
- по мере удаления от внутренней дорожки к наружной сила давления на опору постепенно уменьшается;
- технику спринтерского бега по виражу в легкоатлетическом манеже определяют биомеханические особенности, учет которых в процессе тренировки обеспечивает целесообразную активацию мышц в фазах беговых шагов и результативность бега.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Проблемы и перспективы совершенствования технической подготовки легкоатлетов-спринтеров в беге по виражу / Шепелев А. А., Тихомиров Ю. В., Правдов М. А., Правдов Д. М. // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. 2018. № 1 (155). С. 279–283. EDN: YODKYI.
2. Ритмо-темповая координация движений как фактор подготовки бегунов 13-15 лет на дистанции 800 м / Киржинов М. М., Хаушшев М. Х., Канкулов И. Х., Перхичев Т. А., Хежев А. А., Бхашх Н. Н., Цагов С. З. // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2. С. 247. EDN: VUCXRV.
3. Шиманский А. А. Предпосылки коррекции кинематической структуры беговых шагов легкоатлетов-спринтеров при беге по виражу // I Российско-Белорусский молодежный конгресс по физической культуре и спорту "ВМЕСТЕ" : сборник материалов конгресса. Псков, 2023. С. 152–156. EDN: HWEBLM.
4. Мировая лёгкая атлетика : официальный сайт. URL: <https://worldathletics.org/records/by-category/world-records> (дата обращения: 29.04.2025).
5. Умаров А. А., Примаков Ю. Н., Тупа В. В. Бег по виражу // Легкая атлетика. 1992. № 8-9. С. 14–15.
6. Умаров А. А. Особенности техники бега по повороту на коротких дистанциях и пути ее совершенствования : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 1992. 23 с. EDN: ZLPEBN.

REFERENCES

1. Shchepeliev A. A., Tikhomirov Yu. V., Pravdov M. A., Pravdov D. M. (2018), "Problems and prospects of improvement of technical training of athletes-sprinters in run along turn", *Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, No. 1 (155), pp. 279–283.
2. Kirzhinov M. M., Khaupshev M. H., Kankulov I. H., Perkhichev T. A., Hezhev A. A., Bhashkh N. N., Tzagov S. Z. (2016), "Rhythmic-tempo coordination of movements as a factor in the preparation of runners aged 13-15 years at a distance of 800 m", *Modern problems of science and education*, No. 2.
3. Shimansky A. A. (2023), "Prerequisites for correcting the kinematic structure of running steps of sprinters when running on a turn", *I Russian-Belarusian Youth Congress on Physical Culture and Sports "TOGETHER"*, collection of congress materials, Pskov, pp. 152–156.
4. Official website of the World Athletics, URL: <https://worldathletics.org/records/by-category/world-records>.
5. Umarov A. A., Primakov Yu. N., Tupya V. V. (1992), "Running on a turn", *Athletics*, No. 8-9, pp. 14–15.
6. Umarov A. A. (1992) "Features of cornering technique at short distances and ways to improve it", abstract of the dissertation. ... candidate of pedagogical sciences, Moscow, 23 p.

Информация об авторах:

Шиманский А.А., преподаватель кафедры физической культуры.

Ципин Л.Л., профессор кафедры биомеханики.

Белёва А.Н., младший научный сотрудник Сектора современных технологий подготовки высококвалифицированных спортсменов, ORCID: 0000-0003-4299-9054.

Мальцева Л.В., старший преподаватель кафедры физической культуры.

Поступила в редакцию 10.04.2025.

Принята к публикации 04.05.2025.