

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

## ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО СРЕДСТВА И СПЕЦИАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ «ИНСТРУМЕНТ ХОРЕОГРАФА» В СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ КОМПЛЕКСНОЙ ХОРЕОГРАФИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПОРТСМЕНОК В ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ГИМНАСТИКЕ

*Е.Д. БЫСТРИЦКАЯ, М.Ю. РОСТОВЦЕВА,  
РУС «ГЦОЛИФК», г. Москва*

### **Аннотация**

*В работе предложено инновационное решение одной из основных системных проблем в сложнокоординационных видах спорта, связанной со сложностью объективной оценки корректности выполнения технических элементов в соответствии с правилами соревнований по эстетической гимнастике. Цель исследования: разработка и обоснование методики хореографической подготовки, основанной на современной инновационной технологии измерения, передаче и визуализации ключевых базовых модельных характеристик технических элементов различного уровня сложности в эстетической гимнастике, позволяющей получить объективную оценку уровня подготовленности как спортивных команд, так и отдельных высококвалифицированных гимнасток. Методы исследования: аналитический обзор нормативно-правовой спортивной документации, научно-методической литературы и видеоматериалов выступлений спортивных команд; моделирование; кинематический анализ; статистическая обработка данных. Научная новизна состоит в инновационном решении одной из основных системных проблем в сложнокоординационных видах спорта. Авторами разработана методика подготовки, основанная на анализе и оценке в режиме реального времени разнородных модельных характеристик технических элементов в трехосевой системе координат с использованием программно-аппаратного средства и специальной программы «Инструмент хореографа». Методика позволяет определить корректирующую динамику отклонений при исполнении базовых движений тела в эстетической гимнастике. Проведённое исследование показало, что современные информационные технологии позволяют сегодня перейти на качественно новый уровень развития в части оценки результатов учебно-тренировочной и соревновательной деятельности в эстетической гимнастике.*

**Ключевые слова:** эстетическая гимнастика, соревновательная композиция, спортивная команда, базовые движения тела, модельные характеристики, электронный след выполнения технического элемента, джазовая и контемп-хореография.

## AN INNOVATIVE APPROACH USING HARDWARE AND SOFTWARE AND A SPECIAL COMPUTER PROGRAM "CHOREOGRAPHER'S TOOL" IN IMPROVING THE COMPLEX CHOREOGRAPHIC TRAINING OF WOMEN ATHLETES IN AESTHETIC GROUP GYMNASTICS

*E.D. BYSTRITSKAYA, M.Yu. ROSTOVTSEVA,  
RUS "GTSOLIFK", Moscow city*

### **Abstract**

*The paper proposes an innovative solution to one of the main systemic problems in complex coordination sports, related to the difficulty of objective assessment of the correctness of technical elements in accordance with the rules of aesthetic group gymnastics competitions. The purpose of the study is to develop and substantiate the methodology of choreographic training based on modern innovative technology for measuring, transmitting and visualizing key basic model characteristics of technical elements of various levels of complexity in aesthetic group gymnastics, which allows to obtain an objective assessment*



*of the level of preparedness of both sports teams and individual highly qualified gymnasts. Research methods: analytical review of regulatory and legal sports documentation, scientific and methodological literature and video materials of sports teams' performances; modeling; kinematic analysis; statistical data processing. The scientific novelty consists in an innovative solution to one of the main systemic problems in complex coordination sports. Authors have developed and tested a training methodology based on real-time analysis and evaluation of heterogeneous model characteristics of technical elements in a three-axis coordinate system using software and hardware and a special program "Choreographer's Tool". It allows determine the corrective dynamics of deviations in the performance of basic body movements in aesthetic group gymnastics. The conducted research has shown that modern information technologies allow today to move to a qualitatively new level of development in terms of evaluating the results of educational, training and competitive activities in aesthetic group gymnastics.*

**Keywords:** aesthetic group gymnastics, competitive composition, sports team, fundamental body movements, model characteristics, electronic trace of the technical element, jazz and contemp-choreography.

## Введение

В настоящее время во всем мире происходит стремительная цифровая трансформация соревновательной деятельности, благодаря которой система управления учебно-тренировочным процессом на основе современных информационных технологий переходит на новый уровень развития [1], позволяющий формировать в режиме реального времени обширный кластер разнородных модельных характеристик, объективно отражающих реальный потенциал как отдельных высококвалифицированных спортсменов, так и спортивных команд [2].

Актуальность исследования состоит в том, что одной из нерешенных до настоящего времени системных проблем в сложнокоординационных видах спорта, к которым относится и эстетическая гимнастика, является сложность существующих алгоритмов оценки результатов выполнения технических элементов различного уровня сложности, включающей субъективный «человеческий фактор», в значительной степени влияющий на итоговую оценку соревновательной композиции. Кроме того, в области технико-эстетических видов спорта существует еще и эстетическая направленность (музыкальность, выразительность, танцевальность, культура движений тела и т.д.) [3], которая необходима при выполнении соревновательной композиции с элементами художественной выразительности и тесно связана с народным (фольклорным), бытовым (историей костюма и танца) и современными стилями (джазовой и контемп-хореографией). Данные направления находятся в постоянном развитии и требуют для оценки совершенно иную эстетику современной хореографии, имеющую в основном как сложные, так и достаточно неоднозначные критерии оценки соревновательной композиции.

Современные информационные технологии предоставляют сегодня возможность перейти на качественно новый уровень развития в части оценки результатов учебно-тренировочной и соревновательной деятельности в эстетической гимнастике на основе технологии «захвата движения» (*Motion capture*) [4] – метода анимации персонажей и объектов при помощи оцифровки движений, прежде всего человека, и последующего переноса их на трехмерную модель. С помощью такой технологии определяются разнородные биомеханические модельные характеристики при выполнении технических элементов в трехосевой системе координат с учетом правил со-

реонований по эстетической гимнастике “International Federation of Aesthetic Group Gymnastics” (далее – IFAGG, 2017–2023 гг.). Это позволяет сформировать уникальный «электронный след» выполнения технических элементов соревновательной композиции различного уровня сложности, учитывающий специфику данного вида спорта и обеспечивающий объективную оценку уровня подготовленности как спортивных команд, так и отдельных высококвалифицированных гимнасток [5].

На основе авторской методики подготовки создан (с учетом правил соревнований IFAGG) обширный кластер разнородных биомеханических модельных характеристик, позволяющий обеспечить корректное выполнение технических элементов с элементами художественной выразительности, заимствованными из современной джазовой и контемп-хореографии, а также сформировать различные критерии их оценки (смену направлений, вращений, уровней, передвижения, вариаций темпа и динамики) [4].

**Цель исследования:** разработка и обоснование методики хореографической подготовки, основанной на современной инновационной технологии измерения, передаче и визуализации ключевых базовых модельных характеристик технических элементов различного уровня сложности в эстетической гимнастике, позволяющей получить объективную оценку уровня подготовленности как спортивных команд, так и отдельных высококвалифицированных гимнасток.

## Задачи исследования

1. Разработать и сформировать базу данных модельных характеристик однофазовых движений тела гимнасток спортивной команды «Аймант» (РУС «ГЦОЛИФК») в трехосевой системе координат при помощи мобильного программно-аппаратного средства и специальной компьютерной программы «Программный комплекс формирования базовых модельных характеристик в сложнокоординационных видах спорта “Инструмент хореографа”» (свидетельство № 2023662443 от 04.04.2023 г.) (далее – СПО «Инструмент хореографа») для оперативного определения и корректировки отклонений ключевых параметров технических элементов от требований правил соревнований по эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.) в возрастной категории «женщины» (от 16 лет и старше).



2. На основе результатов исследований разработать методику хореографической подготовки с учетом возможностей современных информационных технологий, основанную на анализе и оценке в режиме реального времени разнородных модельных характеристик технических элементов различного уровня сложности в трехосевой системе координат при выполнении базовых движений тела по правилам соревнований в эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.).

3. Выявить и определить в ходе практических экспериментов на гимнастках старших разрядов технические возможности предлагаемых авторских программно-аппаратных средств в части допустимого диапазона значений “min – max”. А также текущего среднего значения спортивной команды (*average*) на основе разнородных биомеханических модельных характеристик техники движения тела в трехосевой системе координат при включении в состав соревновательной композиции технических элементов различного уровня сложности, заимствованных из джазовой и контемп-хореографии.

### Материалы и методы исследования

Методы: аналитический обзор нормативно-правовой спортивной документации правил соревнований по эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.), научно-методических материалов и видеоматериалов выступлений спортивных команд; моделирование; кинематический анализ; статистическая обработка данных.

Анализ структуры биомеханических модельных характеристик базовых движений тела (изгиб, наклон, выпад и скручивание) рассматривался как со стороны эстети-

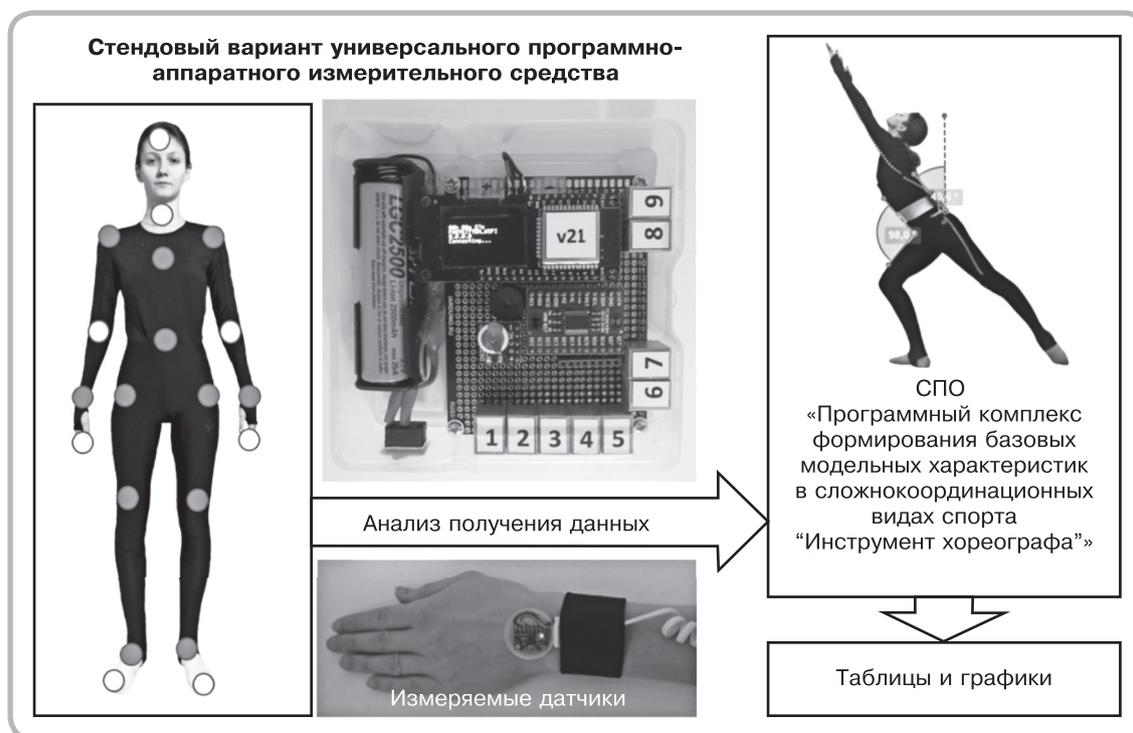
ческой гимнастики, так и джазовой и контемп-хореографии с «захватом движения» на гимнастках спортивной команды «Аймант» ( $n = 13$ ) в возрастной категории «женщины» (от 16 лет и старше) по эстетической гимнастике. Организация исследования проходила в два этапа на базе кафедры ТИМ гимнастики РУС «ГЦОЛИФК».

Первый этап – подготовка к исследованию и сбор первичных данных (средние значения) базовых движений тела с помощью авторского мобильного программно-аппаратного средства и СПО «Инструмент хореографа».

Второй этап – сбор вторичных данных (средние значения) и проведение по результатам двух этапов биомеханического сравнительного анализа модельных характеристик базовых движений тела, учитывающего правила соревнований по эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.).

В ходе кинематического анализа биомеханических модельных характеристик базовых движений тела гимнастки выполняли заданные однофазовые базовые технические движения тела, необходимые для подготовки к более сложным движениям: двухфазовым (сжатие и расслабление) и четырехфазовым («целостная волна» и «взмах»).

Для проведения практического эксперимента и анализа полученных данных был создан авторский стендовый вариант универсального мобильного программно-аппаратного измерительного средства (рис. 1) на основе штатных микроэлектронных модулей с открытой архитектурой семейства “Arduino” и различных типов изме-



**Рис. 1.** Блок-схема экспериментального стенда комплексной системы сбора модельных характеристик в трехосевой системе координат:

Датчики на теле гимнастки: серые цвет – основные, белый – вспомогательные.



рительных датчиков (акселерометра, гироскопа и т.д.), установленных в ключевых анатомических точках на теле гимнастки. В режиме реального времени датчики позволяют получать в трехмерной системе координат различные биомеханические модельные характеристики базовых движений тела гимнасток (скорость, ускорение, угол наклона, 2D и 3D модель технического элемента с разных «точек наблюдения» и т.п.), а также ряд дополнительных параметров (частоту сердечных сокращений, уровень кислорода в крови, температуру тела в точке измерения и т.д.).

### Результаты исследования и их обсуждение

Биомеханические особенности техники движения тела необходимо учитывать как при заимствовании элементов джазовой и контемп-хореографии, так и при выполнении базовых движений тела в соответствии с правилами соревнований по эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.). Следует отметить, что основой совокупности принципов выполнения движения тела в джазовой и контемп-хореографии (рис. 2) является классический экзерсис (техника балетного искусства). Это особенно наглядно проявляется в «чистой работе» в постановке позиции не только ног и движений рук, но и чёткости правильного положения тела гимнастки в соответствии с линиями и углами ( $45^\circ$ ;  $90^\circ$ ;  $135^\circ$ ;  $180^\circ$ ).

Проведённый аналитический обзор характеристик портативного микроэлектронного оборудования на основе технологии «захвата движения» (*Motion Capture*) тела спортсмена, которое потенциально позволяет получить требуемые модельные характеристики базовых движений тела для проведения текущих исследований,

показал, что представленное на спортивном рынке измерительное оборудование различных производителей микроэлектроники, используемое для организации учебно-тренировочного процесса в смежных видах спорта, является узкоспециализированным и его лишь частично возможно использовать для проведения измерения и оцифровки сложных технических движений тела в эстетической гимнастике. Это связано со спецификой анализируемых параметров биомеханических движений тела в различных технико-эстетических видах спорта, а для эстетической гимнастики важны характеристики исполнения пластических движений тела по современной хореографии (джазовой и контемп-хореографии) для оценки артистической ценности соревновательной композиции.

Предлагаемая схема измерения модельных характеристик базовых движений тела (рис. 3) состоит из различных типов измерительных датчиков (акселерометр, гироскоп и т.д.), установленных в ключевых анатомических точках на теле гимнастки (рис. 1). Расположение и число задействованных измерительных датчиков зависит от сложности выполняемого технического элемента.

Полученная база данных разнородных параметров технических элементов позволяет сформировать эталонный «электронный след» (модель основных базовых движений тела гимнастки) для определения в режиме реального времени (с учетом принятых ограничений и допущений) отклонений от правил соревнований по эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.) в возрастной категории «женщины» (табл. 1).

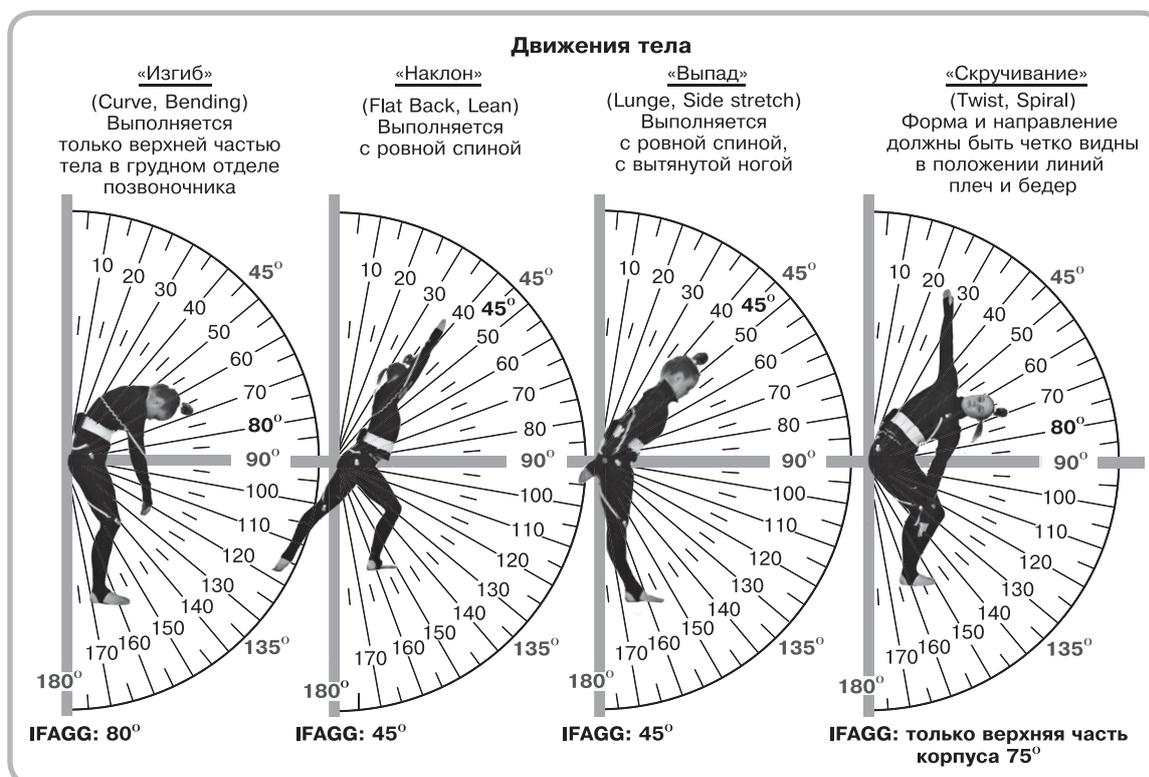
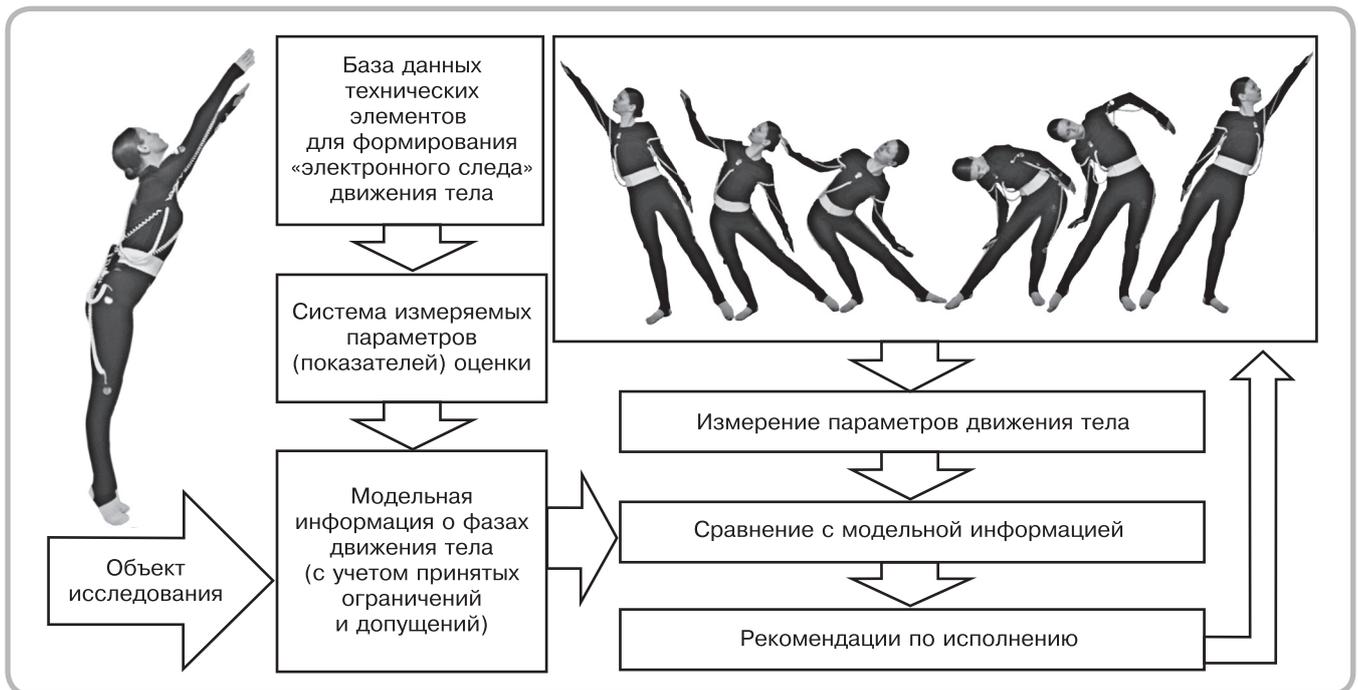


Рис. 2. Техническая трудность в базовых движениях тела





**Рис. 3.** Схема измерения модельных характеристик базовых движений тела в эстетической гимнастике

Полученные модельные характеристики технических элементов соревновательной композиции с использованием авторского мобильного программно-аппаратного средства и СПО «Инструмент хореографа» позволили провести сравнительный биомеханический анализ угловых характеристик однофазовых движений тела и оперативно выявлять и устранять допускаемые гимнастками ошибки непосредственно в ходе проведения учебно-тренировочного процесса:

1. На первом этапе исследования характеристики технических элементов соревновательной композиции (с разницей в «изгибе»:  $20,5-40,5^{\circ}$ ; «наклоне»: до  $21,5^{\circ}$ ; «выпаде»:  $3-23^{\circ}$ ; «скручивании»:  $39-50^{\circ}$ ) гимнасток нуждались в постановке позиции тела. При этом осуществлялся контроль средней устойчивости (*average*), особенно это относилось к положению тела в сторону во всех однофазных движениях (с разницей в «изгибе»:  $18^{\circ}$ ; «наклоне»:  $11,5^{\circ}$ ; «выпаде»:  $10^{\circ}$ ). Однако техника исполнения движения тела «скручивание», учитывающая минимальную (Л- $35^{\circ}$ ; П- $32^{\circ}$ ) и максимальную (Л- $84^{\circ}$ ; П- $71^{\circ}$ ) мышечную нагрузку с разницей между левой и правой стороной ( $11^{\circ}$ ), в этом случае была несущественна, в отличие от движения тела «изгиб» (Л- $57,5^{\circ}$ ; П- $39,5^{\circ}$ ). Причем допустимые варианты их соотношения от минимального (Л- $18^{\circ}$ ; П- $13^{\circ}$ ) до максимального (Л- $86^{\circ}$ ; П- $57^{\circ}$ ) результата использовались в системе учебно-тренировочного процесса в части специальной комплексной хореографической подготовки (рис. 2) без использования «жестких рамок» (травмоопасных движений тела) во взаимосвязи технических элементов с джазовой и контемп-хореографией (общепринятого положения корпуса между  $45^{\circ}$  и  $90^{\circ}$ ).

2. На втором этапе исследования характеристики технических элементов соревновательной композиции (с разницей в «изгибе»:  $3,5-28^{\circ}$ ; «наклоне»:  $3-16^{\circ}$ ; «выпаде»: до  $8^{\circ}$ ; «скручивании»:  $15,5-23,5^{\circ}$ ) по сравнению с первым этапом в однофазовых движениях тела существенно улучшились ( $12,5^{\circ}$ ;  $5,5^{\circ}$ ; до  $15^{\circ}$ ;  $26,5^{\circ}$  соответственно). Результаты второго этапа практически уже были близки к идеальному равномерному исполнению однофазовых движений тела, что позволяет обеспечить качественную демонстрацию соревновательной композиции в сериях движения тела по технической ценности.

Таким образом, при сравнении полученных характеристик технических элементов эстетической гимнастики (*average*), заимствованных из джазовой и контемп-хореографии (рис. 2), можно прийти к заключению, что они существенно повышают качество выполнения однофазовых движений тела от минимального ( $45^{\circ}$ ) до максимального ( $90^{\circ}$ ). Причем по четкости исполнения технических элементов (с разницей в «изгибе»:  $13,5-50,5^{\circ}$ ; «наклоне»: до  $21,5^{\circ}$ ; «выпаде»: до  $23^{\circ}$ ; «скручивании»:  $6,5-20,5^{\circ}$ ) отклонения параметров от требований правил соревнований по эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.) в возрастной категории «женщины» становятся практически минимальными (с разницей: в «изгибе»  $10^{\circ}$ ; в «скручивании»  $30^{\circ}$ ).

Данная система подготовки решает основную проблему в управлении учебно-тренировочным процессом на этапе спортивного совершенствования. Это объясняется тем, что сложность в разработке модельных характеристик базовых движений тела обусловлена большой вариативностью параметров двигательных функций в процессе выполнения соревновательной композиции по эстетической гимнастике.



Таблица 1

## Анализ однофазовых движений тела спортивной команды «Аймант»

Значение по правилам IFAGG (вперёд/в сторону/назад) (градус)		Авторский прибор (измерения произведены с помощью гироскопа и акселерометра) (модельные характеристики)			
		Отклонение тела (вперёд/в сторону/назад) (градус):			
		<i>min</i>	<i>average</i>	<i>max</i>	разница с правилами IFAGG
<i>Первый этап исследования</i>					
Изгиб	<i>Min</i> 80	22 Л-29/П-23 18	59,5 Л-57,5/П-39,5 51	97 Л-86/П-56 84	20,5 Л-22,5/П-40,5 29
Наклон	<i>Min</i> 45	19 Л-10/П-13 19	45 Л-23,5/П-35 27,5	71 Л-37/П-57 36	0 Л-21,5/П-10 17,5
Выпад	<i>Min</i> 45	17 Л-27/П-31 13	28 Л-32/П-42 22	73 Л-39/П-53 61	17 Л-13/П-3 23
Скручивание	В положении линий плеч и бедер должно быть <i>min</i> 75	Л-9 П-13	Л-25 П-36	Л-41 П-59	Л-50 П-39
<i>Второй этап исследования</i>					
Изгиб	<i>Min</i> 80	42 Л-39/П-32 69	69,5 Л-63/П-52 76,5	97 Л-86/П-72 84	10,5 Л-17/П-28 3,5
Наклон	<i>Min</i> 45	37 Л-17/П-35 29	42 Л-29/П-44 32,5	47 Л-41/П-53 36	3 Л-16/П-1 12,5
Выпад	<i>Min</i> 45	39 Л-37/П-36 31	45 Л-38/П-41,5 37	51 Л-39/П-47 43	0 Л-7/П-3,5 8
Скручивание	В положении линий плеч и бедер должно быть <i>min</i> 75	Л-35 П-32	Л-59,5 П-51,5	Л-84 П-71	Л-15,5 П-23,5

## Заключение

В результате проведения исследования при помощи мобильного программно-аппаратного средства и СПО «Инструмент хореографа» были получены биомеханические модельные характеристики однофазовых движений тела («изгиб», «наклон», «выпад», «скручивание») в эстетической гимнастике (в диапазоне:  $45^{\circ}$  и  $80^{\circ}$ ) и джазовой и контемп-хореографии (в диапазоне:  $45^{\circ}$  и  $90^{\circ}$ ) в трехосевой системе координат спортивной команды «Аймант» ( $n = 13$ ). Полученные характеристики позволяют оперативно устранять отклонения в выполнении технических элементов в соответствии с правилами соревнований по эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.) в возрастной категории «женщины» (от 16 лет и старше) для подготовки к более сложным движениям тела, таким как двухфазовые («сжатие»,

«расслабление») и четырехфазовые («целостная волна» и «взмах»).

Апробация методики подготовки показала, что с помощью современных информационных технологий «захвата движения» (*Motion Capture*) возможно сформировать в трехосевой системе координат уникальный «электронный след» выполнения технических элементов различного уровня сложности, позволяющий в режиме реального времени оперативно определять и корректировать отклонения параметров от требований правил соревнований по эстетической гимнастике IFAGG (2017–2023 гг.) в возрастной категории «женщины» (от 16 лет и старше) и объективно оценивать уровень подготовленности как спортивных команд, так и отдельных высококвалифицированных гимнасток.



**Литература**

1. Лукьянов, А.Б., Лукьянов, Б.Г., Степанов, В.С., Терещенко, А.С., Кочергин, И.А., Бабин, А.В. Архитектура интегрированной информационной системы управления спортивной подготовкой // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2023. – № 1 (215). – С. 286–293.
2. Костюченко, В.Ф., Зверев, В.Д., Лутковский, В.Е., Сухарева, С.М. Реализация индивидуального подхода в спорте // Теория и практика физической культуры. – 2023. – № 3. – С. 15–17.
3. Быстрицкая, Е.Д. Специфика хореографической подготовки гимнасток старших разрядов в эстетической гимнастике // Е.Д. Быстрицкая, М.Ю. Ростовцева // Известия ТулГУ. Физическая культура. Спорт. – 2022. – № 12. – С. 77–86.
4. Белова, А.Н., Рукина, Н.Н., Кузнецов, А.Н., Воробьева, О.В. Возможности современных технологий биомеханического анализа движений в изучении механизмов спортивных травм (обзор) // Российский журнал биомеханики. – 2022. – № 2. – С. 74–86.
5. Быстрицкая, Е.Д., Ростовцева, М.Ю. Биомеханические модельные характеристики выполнения базовых движений тела в эстетической гимнастике // Психология и педагогика спортивной деятельности. – 2023. – № 3 (66). – С. 40–45.

**References**

1. Lukyanov, A.B., Lukyanov, B.G., Stepanov, V.S., Tereshchenko, A.S., Kochergin, I.A. and Babin, A.V. (2023), Architecture of the integrated information system of sports training management, *Uchyonye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*, no. 1 (215), pp. 286–293.
2. Kostyuchenko, V.F., Zverev, V.D., Lutkovskiy, V.E. and Sukhareva, S.M. (2023), Implementation of an individual approach in sports, *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, no. 3, pp. 15–17.
3. Bystritskaya, E.D. and Rostovtseva, M.Yu. (2022), Specificity of choreographic training of gymnasts of senior ranks in aesthetic gymnastics, *Izvestiya TulGU. Fizicheskaja kul'tura. Sport*, no. 12, pp. 77–86.
4. Belova, A.N., Rukina, N.N., Kuznetsov, A.N. and Vorobyova, O.V. (2022), Possibilities of modern technologies of biomechanical analysis of movements in the study of mechanisms of sports injuries (review), *Rossiyskiy zhurnal biomehaniki*, no. 2, pp. 74–86.
5. Bystritskaya, E.D. and Rostovtseva, M.Yu. (2023), Biomechanical model characteristics of performing fundamental body movements in aesthetic group gymnastics, *Psihologiya i pedagogika sportivnoy deyatelnosti*, no. 3 (66), pp. 40–45.

