



УДК 796.012

Алгоритм оценки кинематических характеристик базовых движений тела в эстетической гимнастике

Е. Д. Быстрицкая, М. Ю. Ростовцева

Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия

Аннотация

Актуальность. В условиях возрастающих требований к технике исполнения в эстетической гимнастике существует необходимость во внедрении инновационных технологий для объективной оценки и коррекции кинематических характеристик базовых движений тела в режиме реального времени.

Цель. Разработка и апробация алгоритма оценки кинематических характеристик базовых движений тела с использованием авторского программно-аппаратного комплекса «Инструмент хореографа» для совершенствования технического мастерства гимнасток.

Методы. Педагогическое наблюдение, моделирование, проектирование, кинематический анализ с применением технологии дистанционного автоматизированного оперативного контроля на основе различных типов измерительных датчиков (гироскоп, акселерометр, магнитометр).

Результаты. На основе технологии дистанционного автоматизированного оперативного контроля в режиме реального времени в трехосевой системе координат был разработан алгоритм оценки кинематических характеристик базовых движений тела различной сложности, применение которого позволило стабилизировать исполнение движений гимнасток в соответствии с требованиями International Federation of Aesthetic Group Gymnastics» (IFAGG). Алгоритм успешно апробирован в учебно-тренировочном процессе команды «Аймант».

Заключение. Реализованный алгоритм обеспечивает качественно новый уровень оценки и коррекции технических элементов, способствуя повышению результативности учебно-тренировочной и соревновательной деятельности в эстетической гимнастике.

Ключевые слова: эстетическая гимнастика, модельные характеристики, информационные технологии, базовые движения тела, алгоритм оценки, кинематические характеристики, программно-аппаратный комплекс, дистанционный контроль

The algorithm for evaluating kinematic characteristics of basic body movements in aesthetic group gymnastics

E.D. Bystritskaya, M.Y. Rostovtseva

Russian University of Sports «SCOLIPE», Moscow, Russia

Abstract

Relevance. With increasing demands for performance in aesthetic gymnastics, it is necessary to introduce innovative technologies for objectively assessing and correcting the kinematic characteristics of basic body movements in real-time.

Goal. To develop and test an algorithm for assessing the kinematic characteristics of fundamental body movements using our software and hardware system, «Choreographer's Tool», in order to enhance the technical skills of gymnasts.

Methods. Pedagogical supervision, modeling, design, and kinematic analysis using remote automated operational control technology based on various types of measuring sensors, such as gyroscopes, accelerometers, and magnetometers.

Results. Based on the developed technology of remote automated operational monitoring in real time in a three-axis coordinate system, an algorithm was created for evaluating the kinematic characteristics of basic body movements of varying complexity. The use of this algorithm allowed us to stabilize the performance of gymnasts' movements in accordance with the requirements of the International Federation of Aesthetic Group Gymnastics (IFAGG). The algorithm has been successfully tested in the training process of the team «Aimant».

Conclusion. The implemented algorithm provides a new level of assessment and correction for technical elements, which contributes to improving the effectiveness of training, competition, and educational activities in aesthetic gymnastics.

Keywords: aesthetic group gymnastics, model characteristics, information technology, fundamental body movements, evaluation algorithm, kinematic characteristics, software and hardware complex, remote control

Введение

Современная эстетическая гимнастика предъявляет повышенные требования к качеству двигательных действий гимнасток в соответствии с правилами соревнований, утвержденными IFAGG [1], которые возможно достичь только за счет использования профильных для данного вида спорта инновационных технических средств [2], обеспечивающих проведение в режиме реального времени оперативного контроля и коррекцию биомеханических параметров двигательных действий каждой гимнастки в составе спортивной команды, с учетом их индивидуальных особенностей и уровня исполнительского мастерства.

Научный подход к учебно-тренировочному процессу помогает не только выявить степень изученности проблемы, но и формирует основу для создания «Базы данных базовых модельных характеристик технических элементов эстетической гимнастики «Инструмент

хореографа» [3] необходимой для оценки критичных параметров технических элементов по четырем отдельным блокам постановки позиции тела (фаз) и системы движений тела [4]. Причем данное направление находится сегодня в постоянном развитии и требует для корректного выполнения отдельных технических элементов в соответствии с правилами соревнований, утвержденными IFAGG, совершенно иную эстетику современной хореографии, имеющую в своем составе как сложные, так и достаточно неоднозначные критерии оценки соревновательной композиции [5].

Следует также отметить, что использование в эстетической гимнастике программно-аппаратных измерительных устройств других отечественных и зарубежных производителей микроэлектроники специального назначения («Метрология», «RecSport», «Максипульс», Трекер «Playertek», «Polar», «Garmin» и т.д.) сопряжено с определенными трудностями, связанными с тем, что они являются в значительной степени узкоспециализированными и предназначены для решения строго определенных специфичных задач в рамках определенных характеристик движения в смежных видах спорта (в основном спорта высших достижений). Кроме того, производители спортивных измерительных устройств изначально исключают на программно-техническом уровне возможность их совместного использования для решения общих задач.

Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью использования инновационных технологий для обеспечения в режиме реального времени эффективной отработки технических элементов соревновательных композиций в сложно-координационных видах спорта, в частности, в эстетической гимнастике.

Цель исследования. Разработка и апробация алгоритма оценки кинематических характеристик базовых движений тела с использованием авторского программно-аппаратного комплекса «Инструмент хореографа» для совершенствования технического мастерства гимнасток.

Гипотеза исследования: разработанный авторами алгоритм оценки кинематических характеристик базовых движений тела позволит значительно повысить уровень исполнительского мастерства гимнасток старших разрядов и результативность соревновательной деятельности в эстетической гимнастике, если:

- основу алгоритма будет составлять анализ в режиме реального времени критичных параметров кинематических характеристик технических элементов различного уровня сложности на основе разработанной технологии дистанционного автоматизированного оперативного контроля (Патент на изобретение № 2848911 от 12.05.2025) с использованием ПАК «Инструмент хореографа» (Патент на полезную модель № 225810 от 26.12.2023) [5];
- система измеряемых параметров (показателей) оценки движения тела будет реализована с использованием СПО «Инструмент хореографа» (Свидетельство № 2023662443 от 04.04.2023) [5];
- оценка критичных параметров базовых модельных характеристик технических элементов различного уровня сложности проводится по четырем отдельным блокам постановки позиции тела (фаз) и системы движений тела с использованием БД «Инструмент хореографа» (Свидетельство № 2025621639 от 25.03.2025) [3].

Задачи исследования: реализовать на практике алгоритм оценки кинематических характеристик базовых движений тела на основе технологии дистанционного автоматизированного оперативного контроля кинематических характеристик технических элементов

различного уровня сложности в эстетической гимнастике с использованием ПАК «Инструмент хореографа» для совершенствования исполнительского мастерства гимнасток.

Методы и организация исследования

Для решения поставленной задачи исследования использовались следующие методы: педагогическое наблюдение и моделирование, проектирование и конструирование, и кинематический анализ.

Для организации исследования динамики изменения исполнительского мастерства гимнасток спортивной команды на основе кинематического анализа выполнения технических элементов в соответствии с правилами соревнований по эстетической гимнастике утвержденными IFAGG, необходимо проводить оценку корректности выполнения базовых движений тела. На [рисунке 1](#) представлена технология применения авторского прибора ПАК «Инструмент хореографа» при проведении исследований параметров выполнения базовых движений тела. Процесс получения экспериментальных данных базовых движений тела проводится в следующей последовательности:

1. Первый этап: проводится фиксация прибора и датчиков, в ключевых анатомических точках на теле испытуемого.
2. Второй этап: измерение и обработка данных с датчиков при выполнении базовых движений тела с помощью СПО «Инструмент хореографа».
3. Третий этап: коррекция исполнения технического элемента по результатам измерения и обработки данных.



Рис. 1: Процесс подготовки прибора и измерение параметров базовых движений тела
Fig. 1: The process of preparing the device and measuring the parameters of basic body movements

Результаты и их обсуждение

На основе технологии дистанционного автоматизированного контроля был разработан алгоритм оценки кинематических характеристик базовых движений тела гимнасток, структурная схема которого представлена на [рисунке 2](#). На основе полученной во время учебно-тренировочного процесса с помощью ПАК «Инструмент хореографа» модельной информации о фазах движения тела проводится оценка базовых движений тела и корректировка отклонений при выполнении технического элемента.

Получение кинематических характеристик движения тела гимнасток при помощи ПАК «Инструмент хореографа» проводится посредством применения различных типов измерительных датчиков (гироскоп, акселерометр, магнитометр), установленных в ключевых анатомических точках на теле гимнастки. Места расположения и число задействованных измерительных датчиков на теле зависят от сложности выполняемого технического элемента (одновременно используется от восьми и более датчиков).

Система программной обработки измеряемых показателей оценки движения тела на основе мобильного приложения «Программный комплекс формирования базовых модельных характеристик в сложно координационных видах спорта «Инструмент хореографа»» (СПО «Инструмент хореографа») является частью единой системы ПАК «Инструмент хореографа» и предназначена для получения необходимой оперативной информации по кинематическим характеристикам движения тела гимнасток.

Формирование модельной информации о фазах движения тела (с учетом принятых ограничений и допущений) при создании базы данных (БД) «Инструмент хореографа» необходимо для совершенствования исполнительского мастерства гимнасток и является основой для разработки рекомендаций по исполнению технических элементов различного уровня сложности.



Рис. 2: Структурная схема алгоритма оценки кинематических характеристик базовых движений тела

Fig. 2: Block diagram of the algorithm for estimating the kinematic characteristics of basic body movements

Таким образом, использование алгоритма оценки кинематических характеристик базовых движений тела в учебно-тренировочном процессе является частью общего методического подхода, который на основе современных информационных технологий формирует на качественно новом уровне научную базу, необходимую для совершенствования технической подготовки соревновательной композиции (с учетом принятых ограничений и допущений) в соответствии с правилами соревнований по эстетической гимнастике IFAGG.

Следует отметить, что в настоящее время данная система уже применяется в учебно-тренировочном процессе подготовки гимнасток в возрастной категории «женщины» в спортивных командах «Аймант» – экспериментальная группа (ЭГ) и «Феникс» – контрольная группа (КГ). В [таблице 1](#) приведен пример результатов, полученных при проведении оперативного контроля основных и критичных кинематических характеристик при исполнении «целостной волны» (в т.ч. диапазонов изменения скорости (ускорения) и углов отклонения от вертикали). Оперативный контроль позволяет спортивным командам, используя уже имеющуюся модельную информацию, корректировать во время проведения тренировочного процесса базовые движения тела для устранения отклонений при выполнении технических элементов в соответствии с правилами соревнований по эстетической гимнастике утвержденными IFAGG [2, 6].

Алгоритм оценки кинематических характеристик базовых движений тела

По сравнительным результатам динамики изменения скорости (ускорения) и углов отклонения от вертикали в таблице возможно оперативно определить корректность исполнения технического элемента, как «качественно», так и «некачественно» (на примере целостной волны):

- результаты исследования по целостной передней волне в ЭГ показали, что техника исполнения постоянно совершенствовалась в области тела, показав на 3 этапе до $10,4 \pm 1,3 \text{ м/с}^2$, по сравнению с КГ $8,9 \pm 1,2 \text{ м/с}^2$ ($p < 0,05$);
- результаты исследования по целостной боковой волне между группами отличались на 3 этапе по качеству исполнения ($p > 0,05$), причем, в ЭГ выполнение технического элемента улучшились в положительную сторону (тело: $10,1 \pm 0,7 \text{ м/с}^2$; руки: $13,9 \pm 1,4 \text{ м/с}^2$) по сравнению с КГ (тело: $8,1 \pm 0,9 \text{ м/с}^2$; руки: $11,3 \pm 1 \text{ м/с}^2$);
- результаты исследования по целостной обратной волне на 3 этапе ($p < 0,05$) как в ЭГ (тело: $13,3 \pm 0,9 \text{ м/с}^2$; руки: $21,1 \pm 1,2 \text{ м/с}^2$), так и в КГ (тело: $11,1 \pm 3,8 \text{ м/с}^2$; руки: $16,5 \pm 2,4 \text{ м/с}^2$) также, как и в целостной боковой волне, показали различие в качестве исполнения. Это связано с тем, что в ЭГ чаще использовалось сравнение с модельной информацией.

Таким образом, на основе полученных результатов в спортивных командах «Аймант» (ЭГ) и «Феникс» (КГ) подтверждена оценка практической значимости и доказана эффективность применения алгоритма оценки кинематических характеристик базовых движений тела как во время учебно-тренировочного процесса, так и по результатам соревновательной деятельности при выполнении соревновательной композиции по эстетической гимнастике [6].

Таблица 1
Сравнительные результаты динамики изменения скорости движения тела и рук при выполнении базового движения тела «целостная волна» для исследуемых групп

Группы	Область исследования	Целостная передняя волна		Целостная боковая волна		Целостная обратная волна				
		($\bar{X} \pm \sigma$)	$p < 0,05$	Динамика	($\bar{X} \pm \sigma$)	$p < 0,05$	Динамика	($\bar{X} \pm \sigma$)	$p < 0,05$	Динамика
1 этап (начало эксперимента)										
ЭГ (n=13)	Тело	4,8±1,2	Укр=51 Уэмп=4 $p < 0,05$	Некачественно	3,7±1	Укр=51 Уэмп=0 $p < 0,05$	Некачественно	9,1±0,6	Укр=51 Уэмп=57 $p > 0,05$	Некачественно
	Руки	12,7±2,2	Укр=51 Уэмп=19 $p < 0,05$	Некачественно	9,7±2,7	Укр=51 Уэмп=33 $p < 0,05$	Некачественно	17,3±1,2	Укр=51 Уэмп=70 $p > 0,05$	Качественно
КГ (n=13)	Тело	10±1,7	Укр=51 - $p < 0,05$	Качественно	9,1±0,9	Укр=51 - $p < 0,05$	Некачественно	10,1±2,9	Укр=51 - $p > 0,05$	Качественно
	Руки	16,5±0,9	Укр=51 - $p < 0,05$	Качественно	12,6±1,9	Укр=51 - $p < 0,05$	Качественно	17,5±1,8	Укр=51 - $p > 0,05$	Качественно
2 этап (промежуточное тестирование)										
ЭГ (n=13)	Тело	8,3±1,7	Укр=51 Уэмп=59 $p > 0,05$	Некачественно	6,7±1,1	Укр=51 Уэмп=67 $p > 0,05$	Некачественно	10,9±1,1	Укр=51 Уэмп=78 $p > 0,05$	Качественно
	Руки	13,48±2	Укр=51 Уэмп=75 $p > 0,05$	Качественно	10,8±1,8	Укр=51 Уэмп=39 $p < 0,05$	Некачественно	17,9±2,2	Укр=51 Уэмп=78 $p > 0,05$	Качественно
КГ (n=13)	Тело	9,1±1,2	Укр=51 - $p > 0,05$	Некачественно	7,1±1,2	Укр=51 - $p > 0,05$	Некачественно	10,8±2,2	Укр=51 - $p > 0,05$	Качественно
	Руки	13,8±1,3	Укр=51 - $p > 0,05$	Качественно	12,2±0,7	Укр=51 - $p > 0,05$	Некачественно	17,6±1,3	Укр=51 - $p > 0,05$	Качественно
3 этап (конец эксперимента)										
ЭГ (n=13)	Тело	10,4±1,3	Укр=51 Уэмп=31 $p < 0,05$	Качественно	10,1±0,7	Укр=51 Уэмп=84 $p > 0,05$	Качественно	13,3±0,9	Укр=51 Уэмп=50 $p < 0,05$	Качественно
	Руки	13±2,1	Укр=51 Уэмп=50 $p < 0,05$	Качественно	13,9±1,4	Укр=51 Уэмп=67 $p > 0,05$	Качественно	21,1±1,2	Укр=51 Уэмп=6 $p < 0,05$	Качественно
КГ (n=13)	Тело	8,9±1,2	Укр=51 - $p > 0,05$	Некачественно	8,1±0,9	Укр=51 - $p > 0,05$	Некачественно	11,1±3,8	Укр=51 - $p > 0,05$	Качественно
	Руки	14,5±1,7	Укр=51 - $p > 0,05$	Качественно	11,3±1	Укр=51 - $p > 0,05$	Некачественно	16,5±2,4	Укр=51 - $p > 0,05$	Качественно

Выводы

Результаты проведенного эксперимента показали, что реализация на практике разработанного авторами алгоритма оценки кинематических характеристик базовых движений тела на основе современных информационных технологий при отработке технических элементов различного уровня сложности позволяет перейти на качественно новый уровень развития в части оценки результатов учебно-тренировочной и соревновательной деятельности в эстетической гимнастике, а именно впервые:

- для оценки уровня подготовленности гимнасток спортивных команд были получены новые показатели и критерии (на основе кинематических характеристик технических элементов различного уровня сложности) и проведено их обоснование; это дало возможность стабилизировать исполнение базовых движений тела в соответствии с правилами соревнований по эстетической гимнастике, утвержденными IFAGG;
- использовалась технология дистанционного автоматизированного оперативного контроля в режиме реального времени в трехосевой системе координат основных кинематических характеристик технических элементов различного уровня сложности с использованием разработанного ПАК «Инструмент хореографа», учитывающего специфику и ключевые потребности данного вида спорта.

Заключение

Результаты проведенного исследования, основанного на современных информационных технологиях, вносят значительный вклад в технико-эстетические виды спорта, обогащая их новыми знаниями о кинематике базовых движений тела.

Дальнейшее совершенствование описанной инновационной технологии и измерительных средств нового поколения позволит создать в трехосевой системе координат библиотеку эталонных моделей технических элементов разного уровня сложности, которая предоставит возможность оперативного контроля и объективной оценки исполнительского мастерства гимнасток.

Список литературы/References

1. Правила вида спорта «эстетическая гимнастика». Утверждены приказом Министерства спорта Российской Федерации № 762 от 26 сентября 2025 года // ВФЭГ: сайт. – URL: https://vfeg.ru/doc/public/prikaz_762.pdf
The rules of the sport "aesthetic gymnastics". Approved by the order of the Ministry of Sports of the Russian Federation № 762 от 26 september 2025 years. VFEG: website. (in Russ.)
2. 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. EDN: <https://elibrary.ru/vluwqf>
Bystritskaya E.D., Rostovtseva M.Y. Biomechanical model characteristics of performing basic body movements in aesthetic gymnastics. *Psychology and pedagogy of sports activity*, 2023, 3(66), pp. 40-45. (in Russ.)

3. *Быстрицкая Е.Д.* База данных базовых модельных характеристик технических элементов эстетической гимнастики «Инструмент хореографа» : свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025621639 / Е. Д. Быстрицкая. – Заявка № 2025621105 от 25.03.2025 ; зарегистрировано 14.04.2025. – М. : Роспатент, 2025. – 1 с. URL: RU 2025621639

Bystritskaya E.D. Database of Basic Model Characteristics of Technical Elements in Aesthetic Gymnastics “Choreographer’s Tool”: *Certificate of State Registration of Database No. 2025621639*. Application No. 2025621105 dated 25.03.2025, registered 14.04.2025. Moscow: Rospatent, 2025. 1 p. (in Russ.)

4. *Быстрицкая Е.Д., Ростовцева М.Ю.* Инновационный подход к техническим элементам эстетической гимнастики для гимнасток старших разрядов // Молодые – науке: материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием студентов и молодых ученых, 12-14 апреля 2023 год / Под ред. И.Т. Гавриловой – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2023. – С. 75-80. EDN: <https://elibrary.ru/kxhqha>

Bystritskaya E.D., Rostovtseva M.Y. An innovative approach to the technical elements of aesthetic gymnastics for senior gymnasts. *Young – science: proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation of students and young scientists, April 12-14, 2023*. Edited by I.T. Gavrilova – M.: RUS «SCOLIPE», 2023. – pp. 75-80. (in Russ.)

5. *Быстрицкая Е.Д.* Система комплексной хореографической подготовки на основе автоматизированного оперативного контроля кинематических характеристик технических элементов различного уровня сложности в эстетической гимнастике : пат. 2848911 Рос. Федерации : МПК A61B 5/103, A63B 69/00, G06T 3/00, G06V 40/00 / Е. Д. Быстрицкая ; заявитель и патентообладатель Е. Д. Быстрицкая. – № 2025112106 ; заявл. 12.05.2025 ; опубл. 21.10.2025, Бюл. № 30. – 15 с. URL: [Patent RU 2848911 C1](https://RU 2848911 C1)

Bystritskaya E.D. Comprehensive choreographic training system based on automated operational control of kinematic characteristics of technical elements of various levels of complexity in aesthetic gymnastics: *Patent RU 2848911 C1*. Appl. No. 2025112106; filed May 12, 2025; published October 21, 2025, Bull. No. 30. (in Russ.)

6. *Быстрицкая Е.Д.* Совершенствование технической подготовки в эстетической гимнастике на основе биомеханического контроля: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 5.8.5 – Теория и методика спорта / Российский университет спорта «ГЦОЛИФК». Москва, 2023. 24 с. URL: https://gtsolifk.ru/nauka/dissertationniy_sovet/zaschiti_dissertatsiy/bistritskaya_ekaterina_dmitrievna

Bystritskaya E.D. Improving technical training in aesthetic gymnastics based on biomechanical control: *abstract of the dissertation of the Candidate of Pedagogical Sciences: 5.8.5 – Theory and methodology of sports*, Russian University of Sports "SCOLIPE", Moscow, 2023, 24 p. (in Russ.)

Сведения об авторах

Быстрицкая Екатерина Дмитриевна – Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия; e-mail: fastkitten@yandex.ru

Ростовцева Мария Юрьевна – Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», Москва, Россия; e-mail: mar_rost@mail.ru

Для цитирования:

Быстрицкая Е.Д., Ростовцева М.Ю. Алгоритм оценки кинематических характеристик базовых движений тела в эстетической гимнастике // Российский журнал информационных технологий в спорте. – 2025. – Т. 2, № 4. – С. 45–54. DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2025-2-4-45-54> EDN: SOYNOA

For citation:

Bystritskaya E.D., Rostovtseva M.Y. The algorithm for evaluating kinematic characteristics of basic body movements in aesthetic group gymnastics. *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2025, 2 (4), pp. 45–54 (in Russ.). DOI: <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2025-2-4-45-54> EDN: [SOYNOA](#)

Статья поступила в редакцию: 29.11.2025

Статья принята в печать: 22.12.2025

Статья опубликована: 26.12.2025