

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ, СПОРТА И ЗДОРОВЬЯ  
ИМЕНИ П.Ф. ЛЕСГАФТА, САНКТ – ПЕТЕРБУРГ»

На правах рукописи

МЕДВЕДЕВА Елена Николаевна

ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ  
СТРУКТУРНЫХ ГРУПП ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ

13.00.04 - Теория и методика физического воспитания, спортивной  
тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры  
(педагогические науки)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени доктора педагогических наук

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ - 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОГО МАСТЕРСТВА СПОРТСМЕНОВ В ГИМНАСТЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИНАХ.....	25
1.1 Теоретические подходы к определению технической ценности элементов в художественной гимнастике.....	25
1.2 Проблемы экспертной оценки технического мастерства спортсменок в художественной гимнастике.....	31
1.3 Специфика технологии определения технической ценности композиций художественной гимнастики .....	37
ГЛАВА 2 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ГИМНАСТИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ.....	43
ГЛАВА 3 ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОГО МАСТЕРСТВА, КАК ФАКТОР, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЙ НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЪЕКТИВИЗАЦИИ СЛОЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНЫХ ГРУПП ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ.....	59
3.1 Анализ состояния и тенденций развития системы регламентации сложности соревновательных программ в художественной гимнастике.....	59
3.2 Эффективность дифференцировки гимнасток высокой квалификации по исполнительскому мастерству.....	70
ГЛАВА 4 ОБЪЕКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ СЛОЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНЫХ ГРУПП ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ.....	102
4.1 Обоснование критериев оценки сложности равновесий	103

художественной гимнастики.....	
4.2 Обоснование критериев оценки сложности поворотов художественной гимнастики.....	154
4.3 Обоснование критериев оценки сложности прыжков художественной гимнастики.....	180
ГЛАВА 5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНЫХ ГРУПП И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ УЧЕТА В ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОГО МАСТЕРСТВА ГИМНАСТОК.....	209
5.1 Теоретические аспекты проектирования технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики на основе объективных характеристик сложности.....	209
5.2 Проектирование матрицы и таблицы технической ценности равновесий художественной гимнастики .....	217
5.3 Проектирование матрицы и таблицы технической ценности поворотов художественной гимнастики.....	226
5.4 Проектирование матрицы и таблицы технической ценности прыжков художественной гимнастики.....	235
5.5 Эффективность применения научно-обоснованных таблиц технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики в экспертной оценке исполнительского мастерства спортсменок высокой квалификации.....	245
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	256
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	262
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	266
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	267
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Акт внедрения.....	300
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Акт внедрения.....	301
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Акт внедрения.....	302

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Акт внедрения.....	303
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Акт внедрения.....	304
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Акт внедрения.....	305
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Акт внедрения.....	306
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Анкета.....	307
ПРИЛОЖЕНИЕ К. Протокол анализа соревновательных упражнений с булавами ЧМ по художественной гимнастике в Измире.....	308
ПРИЛОЖЕНИЕ Л. Протокол анализа соревновательных упражнений с лентой ЧМ по художественной гимнастике в Измире.....	309
ПРИЛОЖЕНИЕ М. Протокол анализа соревновательных упражнений с мячом ЧМ по художественной гимнастике в Измире.....	310
ПРИЛОЖЕНИЕ Н. Протокол анализа соревновательных упражнений с обручем ЧМ по художественной гимнастике в Измире.....	311
ПРИЛОЖЕНИЕ П. Угловые характеристики равновесий различной сложности.....	312
ПРИЛОЖЕНИЕ Р. Дистанции перемещения звеньев тела при выполнении равновесий различной сложности.....	313
ПРИЛОЖЕНИЕ С. Показатели стабилорафии при выполнении равновесий различной сложности с наклонами головы.....	314
ПРИЛОЖЕНИЕ Т. Максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении равновесий различной сложности...	316
ПРИЛОЖЕНИЕ У. Угловые характеристики техники выполнения поворотов художественной гимнастики различной сложности.....	317
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф. Ускорения звеньев тела при выполнении поворотов различной сложности.....	318
ПРИЛОЖЕНИЕ Х. Максимальная амплитуда электрической активности мышц при выполнении поворотов различной сложности.....	319
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц. Угловые характеристики техники выполнения прыжков художественной гимнастики различной сложности.....	320

ПРИЛОЖЕНИЕ Ч. Максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной сложности.....	321
---	-----

## СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

FIG - Международная Федерация гимнастики

Code FIG - Правила соревнований Международной Федерации гимнастики

ЧЕ - Чемпионат Европы

ЧМ - Чемпионат мира

БКЦ - биокинетическая цепь

ЭМГ - электромиография

ОЦМт - общий центр массы тела

ЦД - центр давления

TV - техничность исполнения

AV - артистичность исполнения

ЕХ - исполнение

А - артистичность

D - трудность

Е - исполнение

СЛМБК - середина латерального мыщелка бедренной кости

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Отличительным признаком спорта является соперничество, стимулирующее проявление максимального уровня человеческих возможностей и способствующее их совершенствованию (Красников А.А. *Проблемы общей теории спортивных соревнований*. М. : СпортАкадемПресс, 2003. 324 с. ; Курамышин Ю.Ф. *Акмеология спортивных достижений: теоретические и прикладные аспекты*. СПб., 2002. 80 с. ; Его же. *Спортивная рекордология: теория, методология, практика*. М. : Сов. спорт, 2005. 408 с. ; Платонов В.Н. *Теория спорта*. Киев : Вища школа, 1987. 490 с. и др.). По результатам оценки достижений спортсменов судят об уровне развития вида спорта. Качество оценки обуславливает адекватность представлений о современном состоянии и перспективах дальнейшего развития вида спорта (Винер-Усманова И.А. *Интегральная подготовка в художественной гимнастике : дис. ... д-ра пед. наук*. СПб., 2013. 205 с.).

Динамизм, артистизм, оригинальность, сложность современных соревновательных программ художественной гимнастики являются следствием напряженных усилий тренеров, судей и ученых (Аркаев Л.Я. *Интегральная подготовка гимнастов (на примере сборной команды страны) : автореф. дис. ... канд. пед. наук*. СПб., 1994. 43 с. ; Аркаев Л.Я., Сучилин Н.Г. *Как готовить чемпионов*. М. : Физкультура и спорт, 2004. 350 с. ; Архипова Ю.А. *Базовая подготовка юных гимнасток в упражнениях с предметами : дис. ... канд. пед. наук*. СПб., 1998. 169 с. ; Её же. *О проявлении специализированных восприятий «чувства предмета» в художественной гимнастике // Гимнастика : сб. науч. тр. Вып. VI. С. СПб., 2008. С. 65–68 ; Винер И.А. *Подготовка высококвалифицированных спортсменок в художественной гимнастике : дис. ... канд. пед. наук*. СПб., 2003. 120 с. ; Винер-Усманова И.А. *Интегральная подготовка в художественной гимнастике*. СПб., 2013. 205 с. ; Карпенко Л.А. *О выразительности, артистизме и эмоциональности в гимнастике // Термины и понятия в сфере физической культуры*. СПб., 2007. С.104–105 ; Карпенко Л.А. *Основы спортивной подготовки в художественной гимнастике : учеб. пособие*. СПб. : [б.и.], 2000. 40 с. ; Лисицкая Т.С. *Управление тренировочными нагрузками соревновательного периода гимнасток высокой спортивной квалификации в художественной гимнастике*. М. : ГЦОЛИФК, 1981. 28 с. ; Марченко Ю.П. *Анализ и синтез композиционной**

*последовательности гимнастических упражнений // Труды междунар. науч. конгресса «Современный олимпийский спорт». Киев, 1997. С. 270–271 ; Марченко Ю.П. Информационная оценка композиционного построения гимнастических упражнений // Наука в олимпийском спорте. 2002. № 1. С. 17–22 ; Овчинникова Н.А. Комплексный подход к устранению ошибок в технике движений при выполнении упражнений с предметами у гимнасток высших разрядов : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Киев, 1985. 23 с. ; Плеханова М.Э. Эстетические аспекты спортивно-технического мастерства в сложнокоординационных видах спорта (художественная, спортивная, эстетическая, аэробическая гимнастика). М., 2006. 168 с. ; Плешкань А.В. Актуальные проблемы современной системы подготовки в художественной гимнастике : учеб. пособие. Краснодар, 2010. 87 с. ; Смолевский В.М., Гавердовский В.М. Спортивная гимнастика. Киев : Олимпийская лит., 1999. 462 с. ; Смолевский В.М. Менхин Ю., Силин В.И. Гимнастика в трех измерениях. М. : Физкультура и спорт, 1979. 248 с. ; Сосина В.Ю. Обучение упражнениям с предметами в художественной гимнастике с учетом билатерального регулирования : автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1984. 21 с. ; Сучилин Н.Г. Техническая структура сложнейших действий как основа оптимизации процесса освоения движений прогрессирующей сложности // Проблемы резервных возможностей человека. М., 1980. С. 24–43 ; Шулико Н.М. Специально-подготовительные упражнения для овладения юными гимнастками техникой сложных упражнений с мячом : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Л., 1984. 18 с.).*

При этом практика непрерывно выдвигает новые задачи, требующие своего решения с целью реализации условий соревновательной борьбы и достижения спортивных рекордов. Спортивные достижения служат не только ориентиром, с которого начинается очередной олимпийский цикл, но и системообразующим фактором процесса подготовки спортсменов. Но, если невозможно определить и сравнить достижения участников, то проведение спортивных соревнований теряет смысл, а спорт как вид деятельности прекращает свое существование. Поэтому правила спортивных соревнований, независимо от применяемого в них метода квалитметрии, должны гарантировать максимально возможное объективное сравнение достижений человека, демонстрируемых в соревновательной деятельности.

Уровень достижений спортсменов в художественной гимнастике определяется субъективной измерительной системой – экспертной оценкой.



Она предполагает оценку всех компонентов исполнительского мастерства гимнасток: сложности, композиции, технического и артистического исполнения, которые являются слагаемыми общей экспертной оценки и основанием для ранжирования гимнасток по уровню мастерства. При этом доля каждого компонента в повышении качества экспертизы различна. Только техническая ценность, как производная координационной сложности в своей основе имеет количественные биомеханические характеристики, способные объективизировать экспертизу соревновательных программ в целом. Точность определения технической ценности элементов обуславливает не только стандартизацию оценки их сложности, но и их разнообразие в программе, качество исполнения, композиционное построение соревновательной программы и демонстрируемый гимнастками артистизм. Являясь стержневой основой в технико-эстетической деятельности художественной гимнастики, техническая ценность соревновательного упражнения может достоверно отражать реальную координационную сложность и объективизировать общую экспертную оценку. Однако критерии оценки исполнительского мастерства (в частности, техническая ценность) регламентированы правилами соревнований Международной федерации гимнастики (FIG). В каждом олимпийском цикле правила соревнований претерпевают изменения, не имеющие научного обоснования и, соответственно, элементы структурных групп художественной гимнастики перемещаются в таблицах «трудности», меняя техническую ценность, или исключаются вообще из содержания правил соревнований. Отсутствие научного подхода к проектированию таблиц технической ценности элементов структурных групп не позволяет повысить качество квалиметрии и является одной из причин неадекватного определения достижений гимнасток. Это создает предпосылки для манипуляции результатами спортсменов в условиях коммерциализации и политизации спорта высших достижений и негативно сказывается на развитии художественной гимнастики в целом.

**Степень научной разработанности проблемы.** При проектировании правил соревнований, и в частности таблиц технической ценности элементов структурных групп, Технический Комитет FIG руководствуется субъективным мнением экспертов, не имеющих точных представлений о факторах сложности, сформированных на основе объективных научных данных. На это обращали внимание многие специалисты (*Авсенев Е.В. Ошибки гимнастов и судей // Гимнастика. 1982. № 1. С. 62–63 ; Бакулина Е.Д. Взаимосвязь изменений правил соревнований и исполнения элементов в композициях художественной гимнастики : автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 2006. 22 с. ; Брыкин А., Ипполитов Ю., Кологномос В. Подготовка судей по гимнастике М. : Физкультура и спорт, 1963. 190 с. ; Объективизация судейства в гимнастике как проблема спортивной метрологии / Э.П. Аверкович, Ю.А. Попов, Ю.А. Резников, Б.А. Сулаков // Теория и практика физ. культуры. 1979. № 7. С. 47–49 ; Ким Н.В. Подготовка высококвалифицированных судей по спортивной гимнастике : дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2011. 125 с. ; Терехина Р.Н., Титов Ю.Е., Турищева Л.И. Методы экспертной оценки исполнительского мастерства гимнастов : методич. пособие. СПб. : ГМУ им. Павлова, 1991. 32 с. и др.) с целью повышения качества экспертизы в гимнастике. При этом сложнокоординационная деятельность, к которой относится художественная гимнастика, имеет в своей основе биомеханические, то есть количественные критерии оценки, которые, прежде всего, должны быть использованы для объективизации не только технической ценности элементов и соревновательных программ, но и исполнительского мастерства гимнасток в целом. Возможности современных технологий позволяют всесторонне, комплексно и системных позиций решать подобные проблемы (*Биленко А.Г. Биомеханика вертикальной устойчивости и оценка ее в спорте : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Майкоп, 2008. 24 с. ; Бучацкая И.Н. Особенности регуляции биоэлектрической активности мышц при выполнении движений разной координационной сложности : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ярославль, 2005. 18 с. ; Городничев Р.М. Спортивная электронейромиография. Вел. Луки : ВЛГАФК, 2005. 230 с. ; Губа В.П. Основы спортивной подготовки: методы оценки и прогнозирования (морфобиомеханический поход). М. : Сов. спорт, 2011. 384 с. ; Доценко В.И. Об актуальности и ведущих аспектах исследования поздней регуляции методом компьютерной статокинезиметрии**

(стабилометрии) в клинической практике // Поликлиника. 2008. № 2. С. 37–39 ; Самсонова А.В., Комиссарова Е.Н. Биомеханика мышц : учеб.-методич. пособие. СПб. : [б. и.], 2008. 127 с. ; Шалманов А.А. Методологические основы изучения двигательных действий в спортивной биомеханике : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 2002. 47 с. и др.). Однако на данный момент в спортивной науке отсутствуют исследования, позволяющие научно обосновать и подтвердить объективность применяемой экспертизы технической ценности, являющейся одним из компонентов исполнительского мастерства спортсменок в художественной гимнастике. В целом теория и методика спорта располагает большим количеством публикаций, посвященных изучению двигательных действий (Ботяев В.Л. Взаимосвязь координационных способностей с показателями технического мастерства в гимнастике на различных этапах спортивной тренировки (на примере спортивной и художественной гимнастики) // Теория и практика физ. культуры. 2011. № 11. С. 71–75 ; Гавердовский Ю.К. Техника гимнастических упражнений : популярное учеб. пособие. М. : Терра-Спорт, 2002. 512 с. ; Донской Д.Д., Дмитриев С.В. Двигательная задача в спортивных действиях // Теория и практика физ. культуры. 1994. № 11. С. 40–43 ; Лазаренко Т.П. Количественная оценка качественных показателей прыжковой подготовленности в художественной гимнастике : автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1991. 23 с. ; Сучилин Н.Г., Родионенко А.Ф., Шевчук Ю.В. Биомеханические основы спортивной техники // Гимнастика: теория и практика. М., 2011. Вып. 2. С. 5–28 ; Фарфель В.С. Управление движениями в спорте. М. : Физкультура и спорт, 1975. 206 с. и др.), но имеющиеся данные не позволяют дифференцировать элементы структурных групп художественной гимнастики по сложности, чтобы получить объективную информацию об их истинной технической ценности. Это не способствует повышению качества спортивной квалиметрии, объективизации оценки результатов выступлений спортсменок, ограничению возможности судейских ошибок и манипуляций, что в конечном итоге сдерживает рост спортивного мастерства гимнасток и развитие художественной гимнастики во всем мире.

Таким образом, проблемная ситуация диссертационной работы выражается следующими противоречиями:

- между направленностью олимпийского вида спорта художественная гимнастика на достижение наивысших результатов за счет повышения технической сложности и уровня исполнительского мастерства гимнасток с одной стороны, и ограничением этой сложности посредством существующих таблиц технической ценности элементов структурных групп правил соревнований, с другой;

- между ростом количества спортсменок, имеющих недостоверные различия в экспертных оценках исполнительского мастерства, и отсутствием приемов, способствующих повышению уровня качества квалиметрии;

- между стремлением технического Комитета FIG к объективизации экспертизы исполнительского мастерства гимнасток и отсутствием документа, позволяющего осуществлять дифференцировку гимнасток по уровню исполнительского мастерства с максимально возможной степенью точности;

- между стремлением к созданию высокохудожественного двигательного образа и рационализацией данного процесса за счет сокращения разнообразия элементов различной технической ценности.

В связи с этим проявляется необходимость дифференцированной градации сложности элементов, основанной на объективных биомеханических характеристиках, с целью определения истинной технической ценности соревновательных программ и адекватной оценки исполнительского мастерства гимнасток.

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с тематическим планом НИР ФГБОУ ВО НГУ им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург, направление 02 – Научные основы спорта высших достижений: тема 02.11.06 («Подготовка высококвалифицированных гимнасток») и темами научно-исследовательских работ в рамках Государственных контрактов № 589 от 03 декабря 2014г. и № 613 от 02 сентября 2015 г.

**Объект исследования:** процесс экспертизы технической ценности соревновательных программ в художественной гимнастике.

**Предмет исследования:** техническая ценность как производная сложности элементов структурных групп художественной гимнастики.

**Цель** диссертационной работы: научно обосновать процесс объективизации технической ценности соревновательных программ в художественной гимнастике на основе комплексного биомеханического анализа сложности элементов структурных групп упражнений.

**Научная гипотеза исследования** состоит в предположении о том, что конкретизация объективных факторов сложности элементов структурных групп художественной гимнастики, основанная на системном биомеханическом анализе их техники, позволит:

- определить техническую ценность элементов, соответствующую их сложности;
- повысить качество экспертизы исполнительского мастерства спортсменок на основе совершенствования квалиметрии сложности их соревновательных композиций;
- адекватно дифференцировать спортсменок в процессе соревновательной деятельности по уровню их исполнительского мастерства;
- прогнозировать и моделировать новые элементы художественной гимнастики;
- создать условия для совершенствования системы интегральной подготовки спортсменок.

**Задачи исследования:**

1. Выявить негативные факторы правил соревнований FIG, влияющие на объективность экспертной оценки исполнительского мастерства спортсменок в художественной гимнастике.

2. Проанализировать эффективность экспертной оценки исполнительского мастерства спортсменок в художественной гимнастике в последних четырёх олимпийских циклах.

3. Обосновать необходимость повышения качества экспертизы исполнительского мастерства спортсменок в художественной гимнастике

посредством объективизации технической ценности элементов структурных групп соревновательных программ на основе сложности.

4. Конкретизировать кинематические и динамические характеристики сложности элементов основных структурных групп художественной гимнастики: прыжков, поворотов и равновесий.

5. Разработать операционные компоненты экспертизы в виде алгоритмов формирования сложности элементов структурных групп художественной гимнастики.

6. Дифференцировать элементы структурных групп художественной гимнастики по сложности и спроектировать матрицы технической ценности правил соревнований.

7. Экспериментально подтвердить эффективность экспертной оценки соревновательных программ высококвалифицированных спортсменок на основе применения теоретических обоснованных операционных компонентов определения технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики.

**Методы исследования** определялись полифункциональностью и многоплановостью исследовательских задач. Комплекс методов включал в себя: теоретический анализ; обобщение специальной литературы и программных документов FIG; контент-анализ протоколов соревнований; анализ видеозаписей соревновательных программ гимнасток высокой квалификации; опрос (анкетирование, беседа) тренеров и судей высокой квалификации; педагогическое наблюдение; метод экспертных оценок; комплексную оценку соревновательной деятельности; метод бесконтактного исследования видеоряда движений и анализа двигательных действий; метод поверхностной электромиографии; метод стабилографии; метод проектирования; педагогический эксперимент; методы математической обработки результатов исследования с использованием современных информационных систем.

**Научная новизна** исследования заключается в концептуальном подходе к объективизации экспертной оценки исполнительского мастерства гимнасток посредством проектирования матриц по технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики, основу которых составляют алгоритмы формирования сложности, факторы которой predetermined объективными биомеханическими характеристиками техники двигательных действий. В процессе применения данного подхода впервые:

- определены объективные характеристики в субъективной измерительной системе оценки исполнительского мастерства гимнасток;
- рассчитана объективная техническая ценность элементов структурных групп художественной гимнастики на основе биомеханических факторов сложности движений: электрической активности мышц, кинематических и стабиллографических характеристик;
- систематизированы элементы структурных групп художественной гимнастики в таблицах правил соревнований FIG согласно их научно-обоснованной технической ценности;
- объективизирована экспертная оценка композиций соревновательных программ в художественной гимнастике на основе учета объективных биомеханических факторов сложности, являющейся компонентом исполнительского мастерства спортсменок;
- созданы условия для повышения качества квалиметрии исполнительского мастерства гимнасток и стимулирования процесса композиционного совершенствования соревновательных программ в художественной гимнастике;
- предложены научно-обоснованные алгоритмы формирования технической ценности элементов художественной гимнастики на основе биомеханических факторов сложности, позволяющие упорядочить процесс освоения техники элементов и разрабатывать стратегии формирования технического мастерства гимнасток;

- созданы объективные предпосылки для моделирования новых сложных элементов и реализации принципа перспективно-прогностического подхода в системе подготовки высококвалифицированных гимнасток;

- предложена траектория позитивного развития художественной гимнастики как олимпийского вида спорта, основанного на стимулировании естественного роста сложности соревновательных программ и объективизации оценки спортивных достижений гимнасток.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в дополнении теории и методики художественной гимнастики научными данными, являющимися:

- системообразующими в интегральной подготовке гимнасток высокой квалификации;

- основой для повышения качества экспертизы исполнительского мастерства гимнасток на различных этапах подготовки в художественной гимнастике;

- условием для дальнейшего прогнозирования и моделирования новых элементов художественной гимнастики;

- предпосылкой для дальнейшего композиционного совершенствования соревновательных упражнений спортсменок в художественной гимнастике;

- условием перспективной подготовки спортивного резерва;

- условием перспективного развития художественной гимнастики в стране и мире.

Полученные сведения о влиянии кинематических и динамических характеристик двигательных действий на сложность и техническую ценность элементов структурных групп художественной гимнастики расширяют теоретические представления факторах, обуславливающих исполнительское мастерство спортсменок в данном виде спорта и других, схожих с ним видах сложнокоординационной двигательной деятельности. На основе системного биомеханического анализа двигательных действий получены данные о содержании видов готовности к освоению элементов структурных групп



художественной гимнастики и о последовательности их освоения в процессе многолетней спортивной подготовки гимнасток.

### **Практическая значимость работы.**

1. Установлены особенности влияния внешних (кинематических) и внутренних (динамических) характеристик двигательного действия (перемещения и скорости перемещения звеньев тела, длительности электрической активности скелетных мышц, а также турн-амплитудных характеристик ЭМГ) на сложность элементов структурных групп художественной гимнастики, являющиеся основой разработки учебных заданий для освоения новых технических элементов.

2. На основе конкретизации объективных критериев сложности элементов структурных групп художественной гимнастики разработаны алгоритмы формирования технической ценности элементов.

3. Разработана классификация элементов структурных групп художественной гимнастики с учетом их технической ценности для правил соревнований FIG.

4. Выявлены новые биомеханические критерии сложности элементов структурных групп художественной гимнастики, на основе которых скорректирована техническая ценность элементов в соответствии со сложностью, определяемой двигательной задачей.

5. Обозначены научно-обоснованные подходы:

- к мониторингу освоения сложности спортсменками технических элементов структурных групп художественной гимнастики;
- к определению уровня спортивного мастерства спортсменок по сложности и разнообразию элементов структурных групп художественной гимнастики;
- к экспертизе технической ценности соревновательных программ в художественной гимнастике.

Основными и наиболее значимыми продуктами осуществленного исследования являются:

- научно-обоснованная универсальная классификация элементов структурных групп художественной гимнастики на основе технической ценности для совершенствования правил соревнований;

- практические рекомендации по коррекции правил соревнований FIG;

- практические рекомендации по содержанию типовой программы спортивной подготовки по виду спорта «Художественная гимнастика».

**Обоснованность и достоверность исследования** обеспечивается глубиной теоретико-методологической основы исследования; всесторонностью анализа и учета состояния исследуемой проблемы в теории и практике спорта; длительностью опытно-поисковой работы; применением комплекса современных методов исследования, соответствующих цели, задачам и гипотезе; объемом выборки констатирующего этапа опытно-поисковой работы; полнотой интерпретации и оценки полученных результатов с применением методов математической статистики.

**Апробация и внедрение результатов диссертационного исследования.** Результаты исследования апробированы и внедрены на федеральном уровне в процесс управления системой подготовки гимнасток спортивного резерва Всероссийской федерации художественной гимнастики, в систему многолетней подготовки спортсменов Санкт-Петербургского ГБОУ ДОД СДЮСШОР «Центр художественной гимнастики «Жемчужина», в профессиональную подготовку тренеров по художественной гимнастике Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный государственный университет физической культуры, спорта и здоровья имени П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург» и Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», в систему повышения квалификации тренеров и судей по акробатическому рок-н-роллу Образовательного Комитета Российской федерации акробатического рок-н-ролла.

На международном уровне результаты исследования внедрены в систему многолетней подготовки резерва спортивной сборной команды Азербайджана по художественной гимнастике, а также в деятельность членов Технического комитета Международной федерации художественной гимнастики. Внедрение в учебный процесс представлено 2 учебными пособиями, монографией и примерной программой спортивной подготовки по виду спорта «Художественная гимнастика», утвержденной Министерством спорта РФ. Результаты исследований были представлены на 16 авторитетных Российских и международных научно-практических конференциях. В журналах, рекомендованных ВАК, опубликовано 23 научные работы.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Совершенствование экспертной оценки исполнительского мастерства гимнасток должно осуществляться на основе учета объективных биомеханических характеристик сложности элементов, являющихся основой адекватной оценки технической ценности элементов структурных групп и соревновательных программ в художественной гимнастике.

2. Сложность элементов структурных групп художественной гимнастики обусловлена комплексом взаимосвязанных биомеханических факторов, предопределяющих их техническую ценность и представляющих собой различное сочетание кинематических, электромиографических и стабиллографических характеристик техники движений в соответствии с конкретной двигательной задачей.

3. Биомеханические факторы координационной сложности лежат в основе проектирования алгоритмов формирования сложности и матриц объективной технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики, позволяющих скорректировать критерии оценки данного компонента исполнительского мастерства в таблицах правил соревнований FIG.

4. Ранжирование элементов структурных групп в таблицах правил соревнований по художественной гимнастике на основе учета их объективной технической ценности позволяет повысить качество квалиметрии сложности соревновательных программ и дифференцировки гимнасток по уровню их исполнительского мастерства.

**Теоретико-методологическую основу исследования составили:**

- основополагающие работы по методологии системного подхода (Жмарев Н.В. *Системный подход и целевое управление в спорте*. Киев : Здоров'я, 1984. 143 с. ; Пономарев Н.И. *О системном подходе в использовании проблем физической культуры и спорта // Теория и практика физ. культуры*. 1976. № 7. С. 5–8 ; Садовский В.М. *Обоснование общей теории систем*. М. : Наука, 1974. 277 с. ; Таймазов В.А., Бакулев С.Е. *Развитие системного подхода к изучению деятельности человека // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта*. 2007. Вып. 1 (23). С. 68–75 ; Юдин Э.Г. *Системный подход и принцип деятельности*. М. : Наука, 1978. 392 с.);

- положения теории и методологии педагогических исследований (Ашмарин Б.А. *Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании*. М. : Физкультура и спорт, 1978. 223 с. ; Бордовская Н.В. *Диалектика педагогического исследования: логико-методологические проблемы*. СПб. : РХГИ, 2001. 512 с. ; Скаткин М.Н. *Методология и методика педагогических исследований*. М. : Педагогика, 1986. 150 с. ; Яхонтов Е.Р. *Методология спортивно-педагогических исследований : курс лекций*. СПб. : [б. и.], 2006. 187 с.);

- концепции общей теории физической культуры (Выдрин В.М. *Теория физической культуры: (Культуроведческий аспект)*. Л., 1988. 43 с. ; Курамынин Ю.Ф. *Высшие спортивные достижения как объект системного анализа : моногр.* СПб. : [Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена], 2002. 147 с. ; Матвеев Л.П. *Теория и методика физической культуры : учебник*. М. : Физкультура и спорт, 1991. 542 с. ; Николаев Ю.М. *Теория физической культуры: современные подходы : учеб.-методич. пособие*. СПб. : Олимп-СПб., 2010. 120 с. ; Пономарев Н.И. *Физическая культура как элемент культуры общества и человека*. СПб. : [б. и.], 1996. 281 с. ; Холодов Ж.К., Кузнецов В.С. *Теория и методика физического воспитания и спорта*. М. : Академия, 2000. 476 с.);

- основные положения теории спорта и спортивной подготовки (Васильков А.А. *Теория и методика спорта : учебник*. Ростов н/Д: Феникс, 2008. 379 с. ;

Верхошанский Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов. М. : Физкультура и спорт, 1988. 331 с. ; Курамшин Д.Ф. Спортивная рекордология: теория, методология, практика. М., 2005. 408 с. ; Матвеев Л.П. Общая теория спорта. М. : [4-й фил. Воениздата], 1997. 304 с. ; Его же. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов : учеб. пособие. Киев : Олимпийская лит., 1999. 318 с. ; Озолин Н.Г. Настольная книга тренера: Наука побеждать. М. : Астрель ; Аст, 2002. 864 с. ; Платонов В.Н. Теория спорта. Киев, 1987. 490 с. ; Его же. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения. Киев : Олимпийская лит., 2004. 808 с. ; Шустин Б.Н. Моделирование в спорте: (теоретические основы и практическая реализация) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 1995. 82 с.);

- учение о функциональной системе (Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. М. : Медицина, 1975. С. 17–59 ; Его же. Узловые вопросы теории функциональной системы. М. : Наука, 1980. 197 с.);

- теория построения и управления движениями (Батуев А.С. Центральные механизмы сенсорной организации движений // Сенсорная организация движений. Л. : Наука, 1975. С. 23–31 ; Бернштейн Н.А. О построении движений. М. : Медицина, 1947. 254 с. ; Никитин С.Н. Управление двигательными действиями в спорте с учетом функционирования анализаторных систем (на примере спортивной борьбы) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. СПб., 2006. 52 с.);

- основные положения физиологии физических упражнений (Крестовников А.Н. Очерки по физиологии физических упражнений. М. : Физкультура и спорт, 1951. 532 с. ; Солодков А.С., Сологуб Е.Б. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная. М. : Терра-Спорт: Олимпия Пресс, 2001. 520 с.);

- основные положения теории и методики гимнастики (Аркаев Л.Я., Сучилин Н.Г. Методологические основы современной подготовки гимнастов высшего класса // Теория и практика физ. культуры. 1997. № 11. С. 17–26 ; Гавердовский Ю.К. Сложные гимнастические упражнения и обучение им : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 1986. 33 с. ; Карпенко Л.А. Основы спортивной подготовки в художественной гимнастике. СПб. : [б.и.], 2000. 40 с. ; Коренберг В.Б. Двигательные задачи в гимнастике и их решение. Малаховка, 1983. 55 с. ; Художественная гимнастика: история, состояние и перспективы развития : учеб. пособие / И.А. Винер-Усманова [и др.]. М. : Человек, 2014. 198 с.);

- концепция спортивной подготовки в гимнастике (Аркаев Л.Я., Сучилин Н.Г. *Методологические основы современной подготовки гимнастов высшего класса // Теория и практика физ. культуры. 1997. № 11 ; Винер-Усманова И.А. Интегральная подготовка в художественной гимнастике. СПб., 2013. 205 с.*);

- теоретические аспекты экспертной оценки в гимнастике (Ким Н.В. *Подготовка высококвалифицированных судей по спортивной гимнастике. СПб., 2011. 125 с. ; Коренберг В.Б. Объективизация оценок: реальность и иллюзии // Гимнастика. 1981. Вып. 1. С. 61–64 ; Терехина Р.Н., Титов Ю.В., Турищева Л.И. Методы экспертной оценки исполнительского мастерства гимнастов. СПб., 1991. 32 с. ; Турищева Л.И. Компоненты исполнительского мастерства гимнасток и методы их оценки : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Л., 1986. 18 с. ; Шишкова М. Оценка компонентов исполнительского мастерства в художественной гимнастике : дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2011. 160 с. и др.).*

Совокупность названных концепций и положений легла в основу авторской концепции.

**Организация и проведение исследования** Теоретические и экспериментальные исследования по теме диссертационной работы проводились в течение 2010-2016 гг. на базе: кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», НИИ проблем спорта и оздоровительной физической культуры ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», на учебно-тренировочной базе спортивной сборной команды России по художественной гимнастике в Новогорске (г. Москва), во Всероссийской Федерации художественной гимнастики, осуществлялось на Чемпионатах Мира и Европы по художественной гимнастике 2014-2016 г.г., Европейских Играх - 2015 года, Олимпийских играх в Рио-де-Жанейро. Организация и проведение исследования соответствовало четырем относительно самостоятельным, но взаимосвязанным этапам.

Первый этап исследования (2010-2014 г.г.) включал в себя определение общей направленности работы, осуществление сбора первичной информации по теме диссертации, проведение системного анализа содержания и

специфики соревновательной деятельности и подготовки спортсменок в художественной гимнастике для постановки проблемы исследования и формирования гипотетических предположений. Завершением этого этапа стало выполнение научно-исследовательской работы «Разработка модельных характеристик спортсменок высокого класса в художественной гимнастике с учетом современных требований к сложности программ в индивидуальных и групповых упражнениях» по Государственному контракту № 589 от 03 декабря 2014 г. и издание статей, учебного пособия по проблематике исследования.

Второй этап исследования (2014-2015 гг.) был направлен на продолжение теоретического изучения состояния проблемы посредством анализа и обобщения научной и методической литературы, обработки видеозаписей и протоколов соревнований Чемпионатов Европы, мира Олимпийских игр с 2001 по 2016 год, проведение поисковых исследований с применением биомеханических методик, апробацию предварительных результатов исследования. Завершением данного этапа стало участие в научно-исследовательской работе «Разработка научно-обоснованных предложений по оценке трудности и сложности элементов художественной гимнастики на основе анализа биомеханических характеристик и внутримышечной координации движений спортсменок высокой квалификации при выполнении различных структурных групп упражнений соревновательных программ» по Государственному контракту № 613 от 02 сентября 2015 г.

На третьем этапе исследования (январь-апрель 2016 г) были конкретизированы объективные факторы экспертной оценки исполнительского мастерства в художественной гимнастике; осуществлена классификация элементов структурных групп по сложности и разработаны алгоритмы определения технической ценности элементов структурных групп упражнений художественной гимнастики; построены матрицы технической ценности элементов для правил соревнований FIG; проведена

экспериментальная проверка эффективности применения матриц технической ценности правил соревнований и обработка обширного фактического материала; осуществлено внедрение результатов исследования в регламентацию экспертизы соревновательных программ в художественной гимнастике, практику проектирования спортивной подготовки гимнасток, в профессиональную подготовку специалистов по художественной гимнастике.

На четвертом (заключительном) этапе исследования (апрель-июнь 2016г.г.) обобщены и структурированы полученные результаты; завершена работа по обобщению новых научных фактов; осуществлена логическая систематизация, статистическая обработка, графическое изображение, табулирование, углубленная интерпретация полученной информации, проведены ее сопоставление и обобщение; подтверждена обоснованность выдвинутой гипотезы, определена высокая степень решения поставленных задач, сформулированы научные положения, заключения, выводы и практические рекомендации, подготовлена рукопись диссертации к защите.

**Соответствие работы паспорту научной специальности.** Полученные результаты соответствуют пункту 3 п.п. 3.2.2; 3.2.3; 3.2.9 паспорта специальности 13.00.04 – «Теория и методика физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры».

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, практических рекомендаций, списка литературы, включающего 297 наименований, из которых 40 на иностранном языке, и 21 приложения. Работа изложена на 321 страницах компьютерного текста, иллюстрированного 65-мя таблицами и 47-ю рисунками.



# ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОГО МАСТЕРСТВА СПОРТСМЕНОВ В ГИМНАСТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИНАХ

## 1.1 Теоретические подходы к определению технической ценности элементов в художественной гимнастике

Изучению компонентов исполнительского мастерства в гимнастических дисциплинах уделяли пристальное внимание многие специалисты: В.Б. Коренберг (*Коренберг В.Б. Объективизация оценок: реальность и иллюзии // Гимнастика. Вып. 1. 1981. С. 61–64*), С.-L. Dutoit (*Dutoit C.-L. Music, Movement, Therapy. London, 1977. P. 14–32*), Е. Jaques-Dalcroze (*Jaques-Dalcroze E. Rhythm, Music & Education. London, 1980. P. 3–18*), Л.И. Турищева (*Турищева Л.И. Компоненты исполнительского мастерства гимнасток и методы их оценки. Л., 1986. 18 с.*), Архипова Ю.А. (*Архипова Ю.А. Базовая подготовка юных гимнасток в упражнениях с предметами. СПб., 1998. 169 с. ; Её же. О проявлении специализированных восприятий «чувства предмета» в художественной гимнастике // Гимнастика : сб. Вып. VI. СПб., 2008. С. 65–68*), И.А. Винер (*Винер И.А. Подготовка высококвалифицированных спортсменок в художественной гимнастике. СПб., 2003. 120 с. ; Винер И.А., Терехина Р.Н. Система, определяющая соотношение сил в художественной гимнастике на мировом уровне // Ученые записки ун-та имени П.Ф. Лесгафта. 2010. № 4 (62). С. 15–18*), Л.Я. Аркаев, Н.Г. Сучилин (*Аркаев Л.Я., Сучилин Н.Г. Как готовить чемпионов. М., 2004. 350 с.*), Артемьева Ж.С. (*Артемьева Ж.С. Начальное обучение упражнениям без предмета в художественной гимнастике. СПб. : [б.и.], 2008. 77 с. ; Её же. Соревновательная надежность в художественной гимнастике // Проблемы физкультурно-спортивной деятельности и подготовки физкультурных кадров. Вып. 5. СПб., 2002. С. 14–21*), Л.А. Карпенко (*Карпенко Л.А., Груздева Е.Г. Сравнительный анализ сложности соревновательных композиций гимнасток России и зарубежных стран // Гимнастика. СПб., 2009. Вып. VII. С. 36–41*), Р.Н.Терехина (*Терехина Р.Н., Бурда-Андрианова Л.В., Добрева Цветана, Донди Оливия Экспертная оценка исполнительского мастерства гимнасток на мировом помосте //*

*Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2008. № 8 (42). С. 99–102 ; Терехина Р.Н., Бурда-Андреянова Л.В. Сложность соревновательных программ гимнасток // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2008. № 7 (41). С. 92–94) и другие.*

Важнейшим компонентом исполнительского мастерства гимнасток является сложность соревновательных программ. В определенной степени по этому признаку судят о рекордных достижениях в художественной гимнастике. Утверждения о том, что гимнастика стала чрезвычайно сложной и достигла предела в своем развитии, являются ошибочными. Сегодня можно утверждать, что успеха добиваются только те спортсменки, которые изобретают новые, оригинальные элементы, демонстрируют высокую сложность композиций. Именно в этом проявляется главная закономерность спорта высших достижений (*Винер-Усманова И.А. Интегральная подготовка в художественной гимнастике. СПб., 2013. 205 с. ; Терехина Р.Н., Бурда-Андреянова Л.В., Добрева Цветана, Донди Оливия Экспертная оценка исполнительского мастерства гимнасток на мировом помосте // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2008. № 8 (42). С. 99–102 ; Терехина Р.Н., Бурда-Андреянова Л.В. Сложность соревновательных программ гимнасток // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2008. № 7 (41). С. 92–94 ; Терехина Р.Н., Ким Н.В. Компоненты профессиональной деятельности судьи по спортивной гимнастике // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2011. № 9 (79). С. 144–147).*

В своем диссертационном исследовании Л.И.Турищевой (*Турищева Л.И. Компоненты исполнительского мастерства гимнасток и методы их оценки. Л., 1986. 18 с.*) было показано, что для соревновательных программ характерен, как экстенсивный путь развития за счет увеличения количества сложных элементов, так и интенсивный путь за счет усложнения самих соревновательных элементов (замена старых элементов новыми, более сложными). На наш взгляд, это целиком относится и к художественной гимнастике.

Однако глобальной проблемой для практики является адекватность определения сложности соревновательных программ. При этом проведение спортивных соревнований немислимо, если невозможно определить и

сравнить результаты их участников. Специалисты (Бакулина Е.Д. *Правила судейства соревнований и критерии мастерства в процессе формирования и развития художественной гимнастики // Вестник спорт. науки. 2006. № 4. С. 62–64* ; Брэтэз К. *Устойчивость равновесия тела человека : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. Киев, 1997. 41 с.* ; Винер И.А. *К вопросу об экспертной оценке исполнительского мастерства в художественной гимнастике // Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Л.П. Орлова. СПб., 2001. С. 102–104* ; Лазаренко Т.П. *Количественная оценка качественных показателей прыжковой подготовленности в художественной гимнастике. М., 1991. 23 с.* ; Факторы, предопределяющие успешность освоения и выполнения равновесий в художественной гимнастике / И.А. Винер [и др.] // *Учёные записки университета им. П.Ф. Лесгафта. 2012. № 6 (88). С. 16–21*) утверждают, что на данный момент в правилах соревнований Международной федерации гимнастики (FIG) нет корректного подхода к определению технической ценности элементов всех структурных групп.

Принятая в судейской практике методика установления единых расценок «трудности» упражнений основывается на временном усредненном подходе, отражающем коллективный опыт специалистов и спортсменов, действующих на данном этапе развития гимнастики (Бакулина Е.Д. *Взаимосвязь изменений правил соревнований и исполнения элементов в композициях художественной гимнастики. М., 2006. 22 с.* ; Терехина Р.Н., Бурда-Андреанова Л.В. *Сложность соревновательных программ гимнасток // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2008. № 7 (41). С. 92–94*). Это ставит под сомнение истинность ранжирования спортсменок согласно уровню их исполнительского мастерства и нарушает естественный ход развития вида спорта.

Анализ специальной литературы показывает, что эта проблема остро стоит в гимнастике (Бирюк Е.В., Овчинникова Н.А. *Педагогические перспективы достижения надежности исполнения программ в художественной гимнастике. М. : Просвещение, 1990. 287 с.* ; Бирюк Е.В., Овчинникова Н.А. *Педагогические аспекты возникновения художественной гимнастики как специфической системы физического воспитания. Киев : КгуФК, 1990. 29 с.* ; Ким Н.В. *Совершенствование подготовки судей по спортивной гимнастике // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2011. № 10 (80). С. 121–125* ; Мамзин В.И. *Базовые упражнения – основа технической подготовки*

гимнастов. Волгоград, 1992. С. 20–27 ; Медведева Е.Н., Крючек Е.С., Пухов А.М., Супрун А.А., Чепачева Н.Е. Факторы, предопределяющие синхронность исполнения прыжков в групповых упражнениях художественной гимнастики // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 5 (111). С.102–106 ; Медведева Е.Н., Терехина Р.Н., Сахарнова Т.К., Мальнева А.С., Петракова М.В. Коррекция нагрузок в ударном микроцикле на основе оперативного контроля функционального состояния гимнасток высокой квалификации // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 8 (114). С. 132–137 ; Терехина Р.Н., Титов Ю.Е., Турищева Л.И. Методы экспертной оценки исполнительского мастерства гимнастов. СПб., 1991. 32 с. ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Зеновка И.Б. Современный подход к процессу постановки соревновательных композиций в художественной гимнастике // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 8 (114). С. 180–185 ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Винер-Усманова И.А. Анализ результатов чемпионата Европы по художественной гимнастике в Баку // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 7 (113). С. 164–168 ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Винер-Усманова И.А. Анализ результатов Чемпионата мира по художественной гимнастике в Измире // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 10 (116). С. 128–132 ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Винер-Усманова И.А. Соотношение сил в художественной гимнастике на европейском помосте-2015 // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 7 (125). С. 160–164 ; Титов Ю.Е. Методы совершенствования системы объективизации судейства в гимнастике : дис. ... канд. пед. наук. Киев, 1988. 106 с.; Турищева Л.И. Компоненты исполнительского мастерства гимнасток и методы их оценки. Л., 1986. 18 с. ; Bradshaw E. Target-directed running in gymnastics: a preliminary exploration of vaulting // Sports Biomechanics. 2004. 3 (1). P. 125–144). Задачей первостепенной важности в сложно-координационных видах спорта является адекватное ранжирование элементов согласно их технической ценности. В художественной гимнастике технический комитет Международной федерации после каждого олимпийского цикла создает новые правила – основной документ, с помощью которого осуществляется управление развитием вида спорта в мире. Однако в правилах соревнований расценка элементов всех структурных групп по степени сложности продолжает носить «условно-договорной» характер и не основывается на учете объективных характеристик (Терехина Р.Н., Медведева Е.Н., Супрун А.А., Мальнева А.С., Кузьмина

*Н.И. Обоснование подхода к определению сложности элементов художественной гимнастики и их технической ценности // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 3 (121). С. 146–149 ; Шишкова М. Оценка компонентов исполнительского мастерства в художественной гимнастике. СПб., 2011. 160 с.).*

Проблема эта связана во многом с трактовкой слова «difficulty», что в переводе с английского означает – трудность. Именно этим термином в правилах соревнований обозначают ценность элементов и в одной и той же группе соседствуют элементы разной технической стоимости. Однако необходимо отметить, что трудность и сложность являются разными категориями технической ценности. Под сложностью понимают биомеханическую характеристику упражнения, которая объективно отражает его принципиальные свойства, независимые от исполнителя, и поэтому всегда абсолютная и инвариантная. Трудность упражнения представляет собой субъективную, относительную характеристику и может быть определена как отношение сложности элемента к уровню готовности исполнителя. Реальную трудность упражнения в каждом конкретном случае можно определить только мерой труда, необходимого для его освоения исполнением данным спортсменом. Один и тот же элемент для разных гимнастов составляет совершенно различную трудность (*Аркаев Л.Я., Сучилин Н.Г. Как готовить чемпионов. М., 2004. 350 с.).*

Специалисты подчеркивают, что сложность гимнастического упражнения зависит от целого ряда структурно-параметрических факторов, таких как: специфика рабочей позы, программы движения, характера соединения двигательных действий в элементе и их количества, особенностей темпа и ритма действий, особенности взаимодействия с опорой, пространственно-временные ориентации и других. Однако на сегодняшний день в судейской практике принят подход установления единых расценок трудности элементов, основанный на временном и усредненном подходе, который приблизительно отражает коллективный опыт спортсменов и специалистов на конкретном этапе развития гимнастики.

Поэтому таблицы ценности элементов всех структурных групп в правилах соревнований Международной федерации гимнастики являются не корректными. В каждую группу входит широкий диапазон элементов, то есть в одной и той же группе соседствуют элементы разной технической сложности, которые должны иметь различную ценность, выраженную в конкретных единицах (Терехина Р.Н., Ким Н.В. Компоненты профессиональной деятельности судьи по спортивной гимнастике // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2011. № 9 (79). С. 144–147 ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Винер-Усманова И.А. Анализ результатов Чемпионата мира по художественной гимнастике в Измире // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 10 (116). С. 128–132 ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Винер-Усманова И.А. Соотношение сил в художественной гимнастике на европейском помосте-2015 // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 7 (125). С. 160–164). В связи с таким подходом правил для оценки мастерства спортсменок соревновательные программы гимнасток не могут быть адекватно дифференцированы по степени сложности, а значит – выявлять рекордные достижения, которые не могут быть ограничены. Это обстоятельство отрицательно воздействует на ход развития художественной гимнастики как вида олимпийской программы. Документ, с помощью которого осуществляется управление развитием художественной гимнастики в мире, должен воздействовать на вид спорта с целью упорядочения нормального функционирования и дальнейшего его развития (Шшиковска М. Оценка компонентов исполнительского мастерства в художественной гимнастике. СПб., 2011. 160 с.).

Правила спортивных соревнований призваны гарантировать сохранение сущности спорта, заключающейся в объективном сравнении человеческих возможностей и выявлении на этой основе их максимального уровня в условиях неантагонистического соперничества. Однако, как показывает практика оценивания достижений гимнасток, эти требования часто нарушаются, из-за неопределенности понятий, включенных в правила соревнований, что приводит к манипулированию спортивными судьями трактовки критериев. Несовершенство правил соревнований приводит к

нарушению ранжирования спортсменов по занятым местам во время соревнований, уравниванию спортсменов разных по уровню исполнительского мастерства, ограничению возможности проявления максимальных способностей человека, ограничению рекордных достижений в избранном виде спорта.

Таким образом, анализ источников литературы свидетельствует о единодушном мнении специалистов (*Терехина Р.Н. Проблемы судейства в спортивной гимнастике // Теория и практика физ. культуры. 1997. № 11. С. 58–61 ; Терехина Р.Н., Борисенко С.И. Совершенствование исполнительского мастерства гимнасток в спортивной гимнастике // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2006. Вып. 20. С. 80–83 ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Ким Н.В. Особенности профессиональной деятельности судьи по гимнастике // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2011. № 8 (78). С. 183–187 ; Терехина Р.Н., Бурда-Андрианова Л.В., Добрева Цветана, Донди Оливия Экспертная оценка исполнительского мастерства гимнасток на мировом помосте // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2008. № 8 (42). С. 99–102 ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Винер-Усманова И.А. Результаты чемпионата мира по художественной гимнастике в Штутгарте // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 10 (128). С. 195–199 ; Шишковская М. Оценка компонентов исполнительского мастерства в художественной гимнастике. СПб., 2011. 160 с.), которые подчеркивают, что все это негативно влияет на прогресс спортивной дисциплины, зрелищный эффект состязаний и популярность гимнастики. Правила соревнований должны способствовать естественному развитию вида спорта с учетом долгосрочной перспективы (*Винер-Усманова И.А. Интегральная подготовка в художественной гимнастике. СПб., 2013. 205 с.*).*

## 1.2 Проблемы экспертной оценки технического мастерства спортсменов в художественной гимнастике

Спортивные результаты измеряются и оцениваются при помощи определенных критериев (показателей). Объективные критерии базируются

на основе независимого измерения физических параметров соревновательной деятельности. В частности, ее измеряют в мерах пространства, времени, веса и т.д. Для измерения спортивных результатов в подобных случаях используют технические средства, помогающие судьям достаточно точно определить результат каждого участника состязаний.

Уровень исполнительского мастерства спортсменов в художественной гимнастике определяется субъективной измерительной системой – экспертной оценкой. Применяемые при этом субъективные критерии отличаются большой зависимостью оценки результата от впечатлений, складывающихся у спортивных судей по ходу выполнения спортивного упражнения. В основе таких критериев лежат осуществляемые спортивными судьями процедуры по сопоставлению собственных восприятий, возникающих у них по ходу и в конце наблюдений за исполнением соревновательных действий, с некоторыми «образцами» выполнения этих действий с последующей фиксацией допущенных участником соревнований отклонений и определением, в зависимости от этого, результирующей оценки, имеющей условные градации (в баллах, в очках) (*Орлов А.И. Теория принятия решений : учеб. пособие. М. : Март, 2004. 256 с.*).

Метод экспертных оценок является одним из разновидностей общепринятого статистического метода, применяемого в спортивно-педагогической практике и отсутствие более точных и информативных методов измерения качества исполнительского мастерства спортсменов объясняет его популярность во всех технико-эстетических видах двигательной деятельности. Однако, субъективная оценка во многом зависит от индивидуальных особенностей эксперта: квалификации, эрудиции, опыта, личных вкусов и т.д., поэтому индивидуальные мнения рассматриваются как случайные величины и обрабатываются статистическими методами. Современная экспертиза – это система организационных, логических и математико-статистических процедур, направленных на получение от специалистов информации и анализ ее с целью выработки оптимальных



решений. Однако эксперты - это люди, и они могут допускать ошибки. Поэтому задача науки заключается в том, чтобы довести эти ошибки до такого минимума, который позволил бы достичь адекватной оценки мастерства гимнастов (Терехина Р.Н., Титов Ю.Е., Турищева Л.И. *Методы экспертной оценки исполнительского мастерства гимнастов*. 1991. 32 с.).

Метод экспертизы основывается и формируется на:

- а) соответствующем научном методе;
- б) учете характера и свойств объекта экспертизы;
- в) опыте решения практических задач, в том числе на алгоритмических правилах и разработанных самим экспертом приемах изучения объектов экспертизы.

Научная обоснованность экспертного метода, предполагающая надежность квалиметрии с цельювозможного получения достоверных результатов, имеет существенное значение для его практического применения.

В связи с этим существует необходимость постоянного интегрирования накопленных научных данных в практику создания ценностной системы экспертизы, учитывающей как модернизацию способов судейства, так и структуру человеческого фактора в системе судейства соревнований.

Целый ряд публикаций посвящен системе профессиональной деятельности судьи (Авсенов Е.В. *Ошибки гимнастов и судей* // *Гимнастика*. 1982. № 1. С. 62–63 ; Журавин М.Л. *Методические рекомендации по организации работы секретариата на соревнованиях по спортивной гимнастике*. Л., 1978. 55 с. ; Ипполитов Ю.И., Кологномос В. *Судейство соревнований по гимнастике*. М. : *Физкультура и спорт*, 1972. 272 с. ; Смолевский В.М., Гавердовский Ю.К. *Спортивная гимнастика*. Киев, 1999. 462 с. ; Терехина Р.Н. *Проблемы судейства в спортивной гимнастике* // *Теория и практика физ. культуры*. 1997. № 11. С. 56–61 ; Титов Ю.Е. *Гимнастика на всех континентах* // *Гимнастика*. 1989. С. 5–9 ; Его же. *Итоги и перспективы* // *Спортивная гимнастика*. 1977. С. 8–15 ; Его же. *Методы совершенствования системы объективизации судейства в гимнастике*. 1988. 106 с. ; Турищева Л.И. *Компоненты исполнительского мастерства гимнасток и методы их оценки*. Л., 1986. 18 с. ; Её же. *От*

элементов техники к элементам творчества. Л., 1986. 18 с. и др.), где основной проблемой является объективность и адекватность его оценивания исполнительского мастерства гимнастов.

Ученые (Титов Ю.Е. *Методы совершенствования системы объективизации судейства в гимнастике. Киев, 1988. 106 с.*; Турищева Л.И. *От элементов техники к элементам творчества. Л., 1986. 18 с.*) изучали природу ошибок в судействе и выделили факторы, влияющие на судью. Одна группа факторов характеризует профессиографический статус судьи, а другая – внешние, независимые от эксперта.

К первой группе относятся:

- возраст судьи;
- свойства памяти;
- степень владения правилами соревнований;
- способность сосредоточиться;
- скорость мышления;
- способность расслабляться;
- способность противостоять утомлению;
- способность отстаивать свое мнение;
- уровень тревожности;
- судейская антиципация.

Ко второй группе относятся:

- макросветовые эффекты (шум, свет);
- микросредовые эффекты (атмосфера в судейских бригадах и т.п.).

По мнению специалистов (Терехина Р.Н., Титов Ю.Е., Турищева Л.И. *Методы экспертной оценки исполнительского мастерства гимнастов. 1991. 32 с.*), отмеченные факторы, способствуют «раскачиванию» оценки, минимизируя либо максимизируя её, что подчеркивает зависимость экспертной оценки от психологических позиций судьи и его состояния. Доказана необходимость проявления волевых усилий для концентрации внимания, когда наступает утомление, вызывающее ошибки при оценивании мастерства спортсменов.

Показано, что в зависимости от смены соревнований изменяется концентрация внимания судьи. Это приводит к тому, что гимнасты первой и, например, третьей смены находятся не в равных условиях.

Ю.К. Гавердовский (*Гавердовский Ю.К. Техника гимнастических упражнений. М., 2002. 512 с.*) указывал, что гимнастика, как и другие технико-эстетические виды спорта, всегда сталкивались с проблемами судейства, которые подвергались бурной критике. Субъективность судейства особенно остро дает о себе знать именно на соревнованиях крупного масштаба. В процессе исследований выявили причины предвзятого нарушения требований правил соревнований и показано, что подобный факт связан с проявлением негативных качеств личности эксперта.

По мнению специалистов причиной неадекватного судейства является и несовершенство самих правил соревнований (*Иванов К.М. Классификация, нумерация и оценка трудности опорных прыжков мужчин и женщин (к проекту международных правил судейства по спортивной гимнастике) : моногр. СПб. : [б.и.], 1998. 85 с. ; Ипполитов Ю.И., Колодномос В. Судейство соревнований по гимнастике. М., 1972. 272 с. и др.*). Очень важно, чтобы они полностью соответствовали прогрессивному развитию гимнастики и постоянно модернизировались (*Смолевский В.М., Гавердовский Ю.К. Спортивная гимнастика. Киев, 1999. 462 с. и др.*). Однако, при составлении нового CodeFIG, по мнению членов технического комитета FIG, большие проблемы возникали и возникают при распределении элементов по группам сложности.

Значимый вклад решение данной проблемы и в совершенствование системы экспертной оценки в гимнастике внес профессор кафедры теории и методики гимнастики Национального государственного университета физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта К.М.Иванов (*Иванов К.М. Классификация, нумерация и оценка трудности опорных прыжков мужчин и женщин ... СПб.,1998. 85 с.*). Впервые им была разработана классификация и нумерация прыжков женского и мужского видов многоборья, а также определена соответствующая каждому из них техническая ценность. Эти

разработки легли в основу последующей редакции международных правил соревнований по спортивной гимнастике. Предложенная система оценки сложности как мужских, так и женских прыжков по настоящее время применяется в спортивной гимнастике.

Научные исследования по проблеме повышения качества работы судейского аппарата в гимнастике были выполнены президентом FIG, ЗМС, Олимпийским чемпионом, профессором кафедры теории и методики гимнастики Национального государственного университета физической культуры, спорта и здоровья им. П.Ф.Лесгафта Ю.Е.Титовым (*Титов Ю.Е. Методы совершенствования системы объективизации судейства в гимнастике. Киев, 1988. 106 с.*). Впервые были обоснованы критерии качества профессиональной деятельности экспертов, которые состояли из:

- критерия качества судейства;
- коэффициента точности ранжировки;
- обобщенного критерия качества.

В процессе проведенных исследований была доказана возможность применения интегрального критерия не только для ранжирования судей на конкретных соревнованиях, но и сбора информации об уровне их работы с целью аттестации экспертов на будущее. Данный подход был положен в основу разработки системы контроля за уровнем качества деятельности экспертов на международных соревнованиях, проводимых FIG.

Таким образом, условиями успешного решения данной проблемы является наличие технической компетентности судейского корпуса, с одной стороны, и самих авторов правил соревнований, с другой стороны (*Гавердовский Ю.К. Техника гимнастических упражнений. М., 2002. 512 с. ; Ким Н.В. Подготовка высококвалифицированных судей по спортивной гимнастике. СПб., 2011. 125 с. ; Терехина Р.Н. Проблемы судейства в спортивной гимнастике // Теория и практика физ. культуры. 1997. № 11. С. 58–61 ; Титов Ю.Е. Методы совершенствования системы объективизации судейства в гимнастике. Киев, 1988. 106 с. и др.*).

### 1.3 Специфика технологии определения технической ценности композиций художественной гимнастики

Оценивая уровень исполнительского мастерства в координационно сложных видах спорта, особое значение придается сложности соревновательного упражнения. Оценка спортивного результата при использовании в данном случае качественных критериев во многом зависит не только от участников соревнований, но и от объективности судейства. Последняя у судей при оценке сложности обусловлена, прежде всего, правилами соревнований, которыми руководствуются в экспертизе и в которых таблицами технической ценности представлено ранжирование элементов структурных групп художественной гимнастики.

Однако содержание основного документа Международной федерации гимнастики – Code FIG, регламентирующего деятельность судей, дает только поверхностное представление о сложности элементов, не создавая условий для формирования точного представления об уровне достижений в художественной гимнастике и стимулирования развития данного вида спорта в целом. Сложность соревновательных упражнений, относящаяся к качественным показателям исполнительского мастерства, не имеет обоснованных критериев оценки, и требования правил («эталон») не всегда выражены в однозначной и унифицированной форме. При этом, несмотря на высокую научную ценность и практическую значимость координационной сложности, данный вопрос остаётся малоисследованным (*Садовски Е., Лях В., Клещев В. Попытка определения координационной сложности, объема и интенсивности упражнений в тренировке высококвалифицированных кикбоксеров и таэквондистов // Человек в мире спорта: Новые идеи, технологии, перспективы. М., 1998. Т. 1. С. 268–269.*

В связи с этим особенностями экспертной оценки сложности композиций является сочетание способов ее выработки как коллективного, так и персонального. Используется оценка на основе: ассоциаций, по-парных сравнений (сопоставление альтернативных вариантов), векторов

предпочтений, фокальных объектов (перенесение признаков случайно отобранных аналогов на исследуемый объект) и поиска средней точки, как производной двух альтернативных вариантов решения. Судья, который оценивает соревновательную композицию спортсменки, чаще всего, мысленно сопоставляет то, что он видит, с тем, что он представляет в качестве «эталона». Как следствие, качество оценки данного компонента исполнительского мастерства обусловлена наличием у эксперта соответствующего комплекса знаний, умений, навыков и опыта их применения в процессе осуществления экспертной оценки (100% по данным опроса). Таким образом, процесс конкретизации характеристик эталона посредством квалиметрии является фундаментальным. Именно он позволит обеспечить надежность, информативность и объективность экспертизы соревновательных композиций, нивелируя влияние мотивационного, информационного и образовательного компонентов компетентности судей различного уровня профессионализма.

По мнению специалистов, на смену существующим эвристическим (интуитивным) приемам квалиметрии, основанным на той же экспертной оценке или анкетировании, должны прийти инструментальные и аппаратные, позволяющие получить объективные и независимые характеристики «эталона», в том числе - сложности.

Опрос 30 экспертов со стажем работы от 5 до 20 лет, осуществляющих судейство национальных и международных соревнований различного ранга, включая Чемпионаты Европы, мира и Олимпийские игры, позволил установить, что процесс оценки технической сложности элементов структурных групп художественной гимнастики имеет системный характер (100%), обусловленный множеством факторов.

Наиболее значимым является необходимость осуществления экспертизы данного компонента исполнительского мастерства не по одному, а по нескольким признакам. При этом каждый признак может иметь различный уровень сложности.

Большинство экспертов (90%) указывают на то, что действующая система оценки технической ценности композиций и ценности отдельных элементов структурных групп художественной гимнастики не позволяет с высокой точностью объективности ранжировать гимнасток по уровню их спортивного мастерства.

Основными причинами такого положения являются ограничения правил соревнований в отношении разнообразия технических элементов структурных групп художественной гимнастики (96%), отсутствие алгоритма оценки всевозможных соединений элементов без предмета и с предметом (92%), невозможность оперативно производить оценку сложности конструируемых новых, оригинальных элементов (90%).

Основными аргументами, подтверждающими необходимость совершенствования правил соревнований и устранения данных проблем, по мнению судей, являются:

- принципы олимпизма, ориентирующие на демонстрацию максимума человеческих возможностей) (100%);
- природная индивидуальность каждой спортсменки (98%);
- различия в системах подготовки высококвалифицированных гимнасток (90%).

При этом значимость возможных путей совершенствования качества экспертной оценки технической ценности элементов структурных групп и композиций в целом, по мнению опрошенных, различно (таблица 1).

Наиболее важным, как считают судьи, является необходимость наличия универсальных и объективных таблиц технической ценности элементов, позволяющих производить экспертизу не только имеющихся, но и моделируемых элементов структурных групп художественной гимнастики (96%).

Таблица 1 - Пути совершенствования экспертной оценки исполнительского мастерства в аспекте технической ценности элементов (по данным опроса)

№ п/п	пути	Значимость (%)
1.	Объективизация показателей технической ценности элементов	98
2.	Ликвидация количественного ограничения элементов в таблице их технической ценности	96
3.	Алгоритмизация процесса определения технической ценности новых элементов	94
4.	Алгоритмизация процесса определения технической ценности соединений элементов	92
5.	Изменение системы фиксации технической ценности соревновательных композиций гимнасток	92
6.	Совершенствование оперативности фиксации технической ценности соревновательных композиций	90

Результаты анализа специальной литературы, опроса высококвалифицированных судей и тренеров по художественной гимнастике позволили выделить наиболее значимые направления в совершенствовании экспертизы технической ценности соревновательных программ художественной гимнастики (рисунок 1). При этом было установлено, что перечень объективных факторов сложности элементов структурных групп художественной гимнастики является необходимым условием разработки алгоритма определения технической ценности элементов, предопределяющего готовность к осуществлению, процедуру и качество экспертной оценки соревновательных программ судьями.

По мнению высококвалифицированных судей (n=30) и тренеров (n=50) по художественной гимнастике, существующие показатели технической ценности элементов не позволяют дифференцировать различные по сложности соревновательные программы с учетом степени проявляемых гимнастками качеств и способностей (95%).



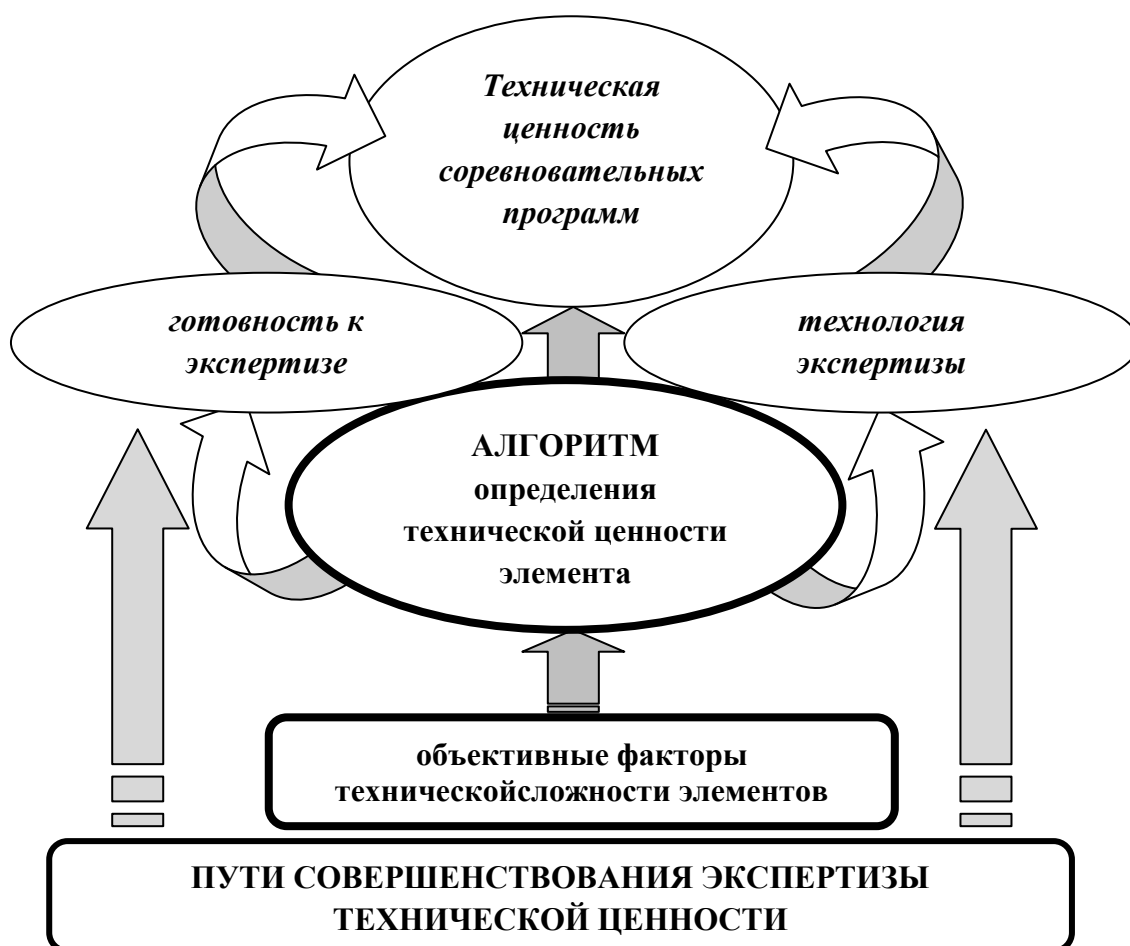


Рисунок 1 – Содержание процесса совершенствования экспертизы технической ценности соревновательных программ (по данным опроса)

При этом отсутствие в таблице технической ценности многих элементов затрудняет процесс проектирования перспективной подготовки и раскрытия индивидуальности гимнастки (90%).

Все специалисты утверждают, что техническая ценность элементов структурных групп художественной гимнастики, обозначенная в таблицах трудности правил соревнований FIG, должна иметь научное обоснование, базирующееся на учете биомеханических закономерностей и применении современных аппаратных диагностических методик, позволяющих получить независимые количественные характеристики сложности. Только такой подход позволит проектировать процесс

спортивной подготовки надолговременную перспективу и наиболее объективно оценивать его эффективность.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Таким образом, анализ теоретических и методических аспектов существующей экспертной оценки свидетельствует о наличии проблемы объективной оценки исполнительского мастерства спортсменок в художественной гимнастике. При проектировании правил соревнований, и в частности таблиц технической ценности элементов структурных групп, Технический Комитет FIG руководствуется субъективным мнением экспертов, не имеющих точных представлений о факторах сложности, сформированных на основе объективных научных данных. При этом сложнокоординационная деятельность, к которой относится художественная гимнастика, имеет в своей основе биомеханические, то есть количественные критерии оценки, которые, прежде всего, должны быть использованы для объективизации не только технической ценности элементов и соревновательных программ, но и исполнительского мастерства гимнасток в целом. Теория и методика спорта располагает большим количеством публикаций, посвященных изучению двигательных действий, но имеющиеся данные не позволяют дифференцировать элементы структурных групп художественной гимнастики по сложности, чтобы получить объективную информацию об их истинной технической ценности. Это не способствует повышению качества спортивной квалиметрии, объективизации оценки результатов выступлений спортсменок, ограничению возможности судейских ошибок и манипуляций, что в конечном итоге сдерживает рост спортивного мастерства гимнасток и развитие художественной гимнастике во всем мире. В связи с этим проявляется необходимость дифференцированной градации сложности элементов, основанной на объективных биомеханических характеристиках техники движений, с целью определения истинной ценности соревновательных программ гимнасток во всех видах многоборья.

## ГЛАВА 2 СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ГИМНАСТИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ

Конкурентоспособность отечественной художественной гимнастики, несмотря на сильные чемпионские амбиции и сильную «школу», в современных условиях определяется ее восприимчивостью к инновациям, ко всему новому, передовому и прогрессивному (*Креативный коучинг в художественной гимнастике : учеб. пособие / В.И. Григорьев [и др.]. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2014. С. 19*).

Современная спортивная наука располагает соответствующими методиками, с помощью которых возможно решение важнейших задач в спорте. В исследовании сложных самоорганизующихся систем, к которым относится спортсмен, в методологии научного познания доминирующими и наиболее актуальными, являются интегративные подходы и методы. Поэтому в нашем диссертационном исследовании основополагающим подходом, определяющим, структуру работы и общую стратегию исследования, являлся системный подход, представляющий собой более высокую степень мышления, и способствующим всестороннему и глубокому пониманию предмета исследования (*Вершинина Л.П. Системный анализ для гуманитариев : учеб. пособие. СПб. : СПбГУКИ, 2007. С. 23*).

Берталанфи Л. (*Берталанфи Л. Общая теория систем – обзор проблем и результатов // Системные исследования. М. : Наука, 1969. С. 7–29*) определял систему как комплекс взаимодействующих элементов или как совокупность элементов, находящихся в определённых отношениях друг с другом и со средой. Только при использовании системно подхода было возможно решения ряда задач в изучении технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики: а) из чего состоит; б) как она внутренне организована; в) как получают новые особенности; г) в чём состоят её функции; д) как она совершенствуется.

Системный подход позволял рассматривать проблему более упорядоченно, взаимосвязано и скоординировано: в системно-историческом, в системно-функциональном, в системно-компонентном, системно-структурном аспектах (Андреев Ю.М. *Двигательная деятельность как объект системного анализа теории физической культуры // Теория и практика физ. культуры. 1978. № 11. С. 52–56* ; Блауберг П.В., Юдин Э.Г. *Становление и сущность системного подхода. М. : Наука, 1973. 270 с.* ; Борзенков В.Г., Авдеева Н.Н., Ашмарин И.И. *Методологические основания комплексного изучения человека // Многомерный образ человека. М. : Наука, 2001. С. 17–31* ; Каган М.С. *Человеческая деятельность. М. : Политиздат, 1974. 328 с. и др.*).

Процесс научного обоснования технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики включать в себя:

- теоретический анализ, обобщение специальной литературы и программных документов Международной федерации гимнастики;
- контент-анализ протоколов соревнований;
- педагогические наблюдения и анализ содержания соревновательных программ финалисток Чемпионатов Европы, Чемпионатов мира по художественной гимнастике и Олимпийских игр циклов 2001-2004 г.г.; 2005-2008 г.г.; 2009-2012 г.г.; 2013-2016 г.г.;
- комплексную оценку соревновательной деятельности высококвалифицированных гимнасток;
- экспертную оценку и анализ соревновательных программ высококвалифицированных гимнасток;
- опрос (беседы) тренеров и судей высокой квалификации по художественной гимнастике;
- метод бесконтактного исследования видеоряда движений и анализа двигательных действий на основе регистрации кинематических характеристик техники элементов структурных групп (прыжки, повороты, равновесия) художественной гимнастики;
- стабилотографию при выполнении равновесий различной сложности;

- поверхностную электромиографию и анализ характеристик электрической активности мышц и межмышечной координации;

- метод проектирования алгоритмов формирования технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики и матриц их технической ценности для правил соревнований по художественной гимнастике;

- экспериментальную проверку эффективности применения разработанных таблиц технической ценности элементов структурных групп в процессе экспертизы исполнительского мастерства высококвалифицированных спортсменок на соревнованиях по художественной гимнастике.

- методы математической обработки результатов исследования и выявление причинно-следственных связей на основе корреляционного анализа с использованием современных информационных систем.

Применение комплекса методов исследования базировалось на следующих установках:

- получить данные, позволяющие осуществить ретроспективный, всесторонний, комплексный анализ состояния и тенденций развития экспертизы исполнительского мастерства спортсменок, а также проектирования документов, регламентирующих ее в художественной гимнастике;

- осуществить системный подход к анализу сложности гимнастических упражнений на основе применения синхронизированных современных биомеханических технологий;

- на достаточном количестве качественного эмпирического материала математически доказать необходимость и возможность учета количественных характеристик сложности при определении их технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики;

- теоретически обосновать и разработать простой в применении инструмент для точного определения технической ценности элементов основных структурных групп художественной гимнастики;

- доказать возможность и эффективность дифференцировки гимнасток по исполнительскому мастерству в процессе применения научно-обоснованных таблиц технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики.

Для решения поставленных задач и выполнения сформулированных установок на этапе пилотажных исследований был осуществлен теоретический анализ и обобщение литературных и документальных источников, представляющий собой один из методов научного исследования (*Железняк Ю.Д., Петров П.К. Основы научно-методической деятельности в физической культуре и спорте. М.: Академия, 2002. 264 с.; Попов Г.И. Научно-методическая деятельность в спорте. М.: Академия, 2015. 192 с.*). Анализировалась научно-методическая литература, посвященная специфике экспертной оценки соревновательных программ в гимнастике и проблеме ее объективизации.

Далее был организован и проведен опрос 50 тренеров по художественной гимнастике высшей категории, анализ правил соревнований по художественной гимнастике с 1955 года по текущий момент, а также анализ соревновательных программ 200 гимнасток сборных команд Мира. Планомерные, целенаправленные и систематичные наблюдения, позволяющие пучить необходимую для анализа информацию, осуществлялись на Чемпионатах Мира и Европы по художественной гимнастике 2014, 2015, 2016 годов, Европейских Играх - 2015 года, Олимпийских играх в Рио де Жанейро, а также видеофрагменты сети ИНТЕРНЕТ и видеозаписи соревнований олимпийских циклов 2001-2004 г.г.; 2005-2008 г.г.; 2009-2012г.г.

Экспериментальные исследования с применением аппаратных методик проводилось на базе лаборатории НИИ проблем спорта и оздоровительной физической культуры ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», на учебно-

тренировочной базе спортивной сборной команды России по художественной гимнастике в Новогорске (г. Москва), а так же в специализированном зале гимнастики ФГБОУ ВО НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург в период с 2012 по 2016 год.

Прежде, чем осуществить лабораторные исследования, были изучены применяемые подходы к анализу двигательной деятельности, оценке ее сложности и эффективности в гимнастике. Установлено, что наиболее распространенными на данный момент методами оценки эффективности процесса спортивной подготовки и уровня спортивного мастерства гимнасток являются визуальная экспертная оценка и педагогическое тестирование. Но, учитывая, что данный подход не позволял в полной мере судить о содержании экспертизы и качестве ее результатов (объективности исполнительского мастерства) и, следовательно, целенаправленно и корректно осуществлять управление процессом, был осуществлен поиск и применение современных технологичных методов получения глубоких научных знаний о технике выполнения элементов и их сложности (Семенов Д.В. *Технология подготовки гимнастов на этапе начальной спортивной специализации на примере освоения профилирующих гимнастических упражнений* : дис. ... канд. пед. наук. Вел. Луки, 2010. 158 с.).

Метод биомеханического анализа широко распространен в практике научных исследований спортивных упражнений (Попов Г.И. *Биомеханика* : учебник. М. : Академия, 2005. 256 с. ; Сучилин Н.Г., Аркаев Л.Я., Савельев В.С. *Педагогико-биомеханический анализ техники спортивных движений на основе программно-аппаратного видеокомплекса* // Теория и практика физ. культуры. 1996. № 4. С. 12–20 ; Сучилин Н.Г., Родионенко А.Ф., Шевчук Ю.В. *Биомеханические основы спортивной техники* // Гимнастика: теория и практика: метод. прил. к журналу «Гимнастика». 2011. Вып.2. С. 5–28 ; Шалманов А.А. *Методологические основы изучения двигательных действий в спортивной биомеханике*. М., 2002. 47 с. ; Bradshaw E. *Target-directed running in gymnastics: a preliminary exploration of vaulting* // Sports Biomechanics. 2004. 3 (1). P. 125–144 ; Brüggemann G.P., Nelson R., Zatsiorsky V. *Biomechanics of gymnastic techniques* // Sport Science Review. 1994. Vol. 3. P. 79–120 ; Brüggemann G.P. *Performance Analysis in Elite Sports: a Biomechanical Perspective* // Book of abstracts of World Congress of

*Performance Analysis of Sport VIII / edited by Peter O'Donoghue and Anita Hökelmann. 2008. P. 18 ; Contakos J.B., Thompson R., Suddaby, L.G. Carlton The modeling of a gymnastics flight element on the women's uneven parallel bars // Sport Biomechanics. 2008. May. 40 (5). Supplement 1. P. 80–81 ; Coventry E., Sands W.A., Smith S.L. Hitting the vault board: implications for vaulting take-off—a preliminary investigation // Sports Biomechanics. 2006. Jan. 5(1). P. 63–75 ; Irwin G., Kerwin D.G. Biomechanical similarities of progressions for the longswing on high bar // Sports Biomechanics. 2005. Jul. 4 (2). P. 163–178 ; Grassi G.P., Santini T. Body movements on the men's competition mushroom: a three dimensional analysis of circular swings // British Journal of Sports Medicine. 2005. Aug. 39 (8). P. 489–492 ; Harrison A.J., Ryan W., Hayes K. Functional data analysis of joint coordination in the development of vertical jump performance // Sports Biomechanics. 2007. May. 6 (2). P. 199–214 ; King M.A., Yeadon M.R. Maximising somersault rotation in tumbling // Journal of Biomechanics. 2004. Apr. 37(4). P. 471–477 ; Linge S., Hallingstad O., Solberg F. Modeling the parallel bars in Men's Artistic Gymnastics // Human Movement Science. 2006. Apr. 25 (2). P. 221–237 ; McCaulley G.O. Mechanical efficiency during repetitive vertical jumping // European Journal of Applied Physiology. 2007. Sep 101 (1). P.115–123 ; Uzunov V. Ideological approach to coaching the front handspring vault/Gym Coach. 2007. Vol.1. P.17–23 ; Uzunov V. The basic principles of conditioning // Gym Coach. 2007. Vol.1. P.14–17). Он достаточно информативен, позволяет получать кинематические, динамические и энергетические характеристики движения спортсменов с использованием различных методик исследования (оптико-электронных, механо-электрических, электрофизиологических и др.) и проводить объективную оценку эффективности выполнения двигательных действий (Донской Д.Д., Зацюрский В.М. Сохранение и изменение положения тела // Биомеханика : учебник. М., 1979. С. 154–172). Связано это, в первую очередь, с тем, что в основу понимания двигательных действий, в аспекте биомеханики заложен системно - структурный подход, рассматривающий тело спортсменки как движущуюся систему, а процессы движения - как развивающуюся систему.*

Однако до последнего времени исследования, проводимые в области биомеханики двигательных действий, сводились, к биомеханическому анализу известных форм движений на основе только данных оптической регистрации спортивных упражнений. В связи с этим, была выявлена опре-



деленная неполнота и ограниченность данного подхода. Отсутствие возможности анализа элементов структурных групп художественной гимнастики с позиций биологической системы не позволял в полной мере диагностировать уже имеющееся и проектировать на основе полученных знаний новые более сложные конструкции движений.

Проблемы практики спортивной деятельности и, в частности, оценка сложности соревновательных упражнений, требовали принципиально иного подхода в области анализа гимнастических упражнений, выступающего не только в роли констатирующего фактора, но и имеющего прогнозирующий характер с активным участием непосредственно в тренировочном процессе и соревновательной деятельности.

При этом было установлено, что уже имеется опыт применения интегративного подхода к изучению спортивной техники на основе объединения логико-статистических, механико-математических и системных методов исследования. Доказано, что более перспективным является изучение техники физических упражнений на основе введения понятия о биомеханизмах, лежащих в основе строения спортивных двигательных действий (*Медведев В.Г. Интегративный подход к изучению и оценке технического мастерства спортсменов : автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 2013. 25 с. ; Самсонов Г.А. Коррекция техники жима штанги лежа пауэрлифтеров высокой квалификации с целью преодоления "мертвых зон" : дис. ... канд. пед. наук. Санкт-Петербург, 2016. – 196 с. ; Шалманов А.А., Лукунина Е.А., Медведев В.Г. Методы исследования двигательных действий и технического мастерства спортсменов в спортивной биомеханике // Наука о спорте : Энциклопедия систем жизнеобеспечения. 2011. С. 165–178).*

Таким образом, учитывая недостаточную эффективность избирательного применения видеоанализа движений для обеспечения обратной связи в процессе определения технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики, лабораторные исследования были дополнены электромиографией и стабิโลграфией. Это позволяло повысить точность интерпретации особенностей техники анализируемых

упражнений и, следовательно, на новом качественном уровне производить оценку их сложности, как с внешних, так с внутренних позиций (*Krug J. Computer aided feed backing technique training // Book of abstracts of World Congress of Performance Analysis of Sport VIII Edited by Peter O'Donoghue and Anita Hökelmann, 2008. P. 23*).

Значимость изучения физиологических механизмов произвольных двигательных актов в художественной гимнастике определялась, прежде всего, тем, что их реализация связана одновременно и с осуществлением движений во внешней среде, и с поддержанием положения тела в пространстве, что в свою очередь составляет фундаментальное свойство двигательной системы. Управление целенаправленными движениями тела во внешней среде всегда сопровождается включением механизмов, корректирующих внутренние и внешние параметры движения (*Бернштейн Н.А. О построении движений. М., 1947. 254 с. ; Его же. Очерки о физиологии движений и физиологии активности. М. : Медицина, 1966. 349 с. ; Gandevia S.C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue // Physiological Review. 2001. V. 81, № 4. P. 1725–1789*), что в конечном счете определяет их сложность.

В процессе организации лабораторных биомеханических исследований учитывалось, что адаптация спортсменки к меняющимся условиям внешней среды предопределяет необходимость выполнения целенаправленных движений, которые отличаются своей сложностью, специализированностью и автоматизированностью (*Солодков А.С. Адаптация к мышечной деятельности - механизмы и закономерности // Физиология в высших учебных заведениях России и СНГ. СПб., 1998. С. 75–77*). Именно сложнокоординационные упражнения, составляющие основу всех движений (в том числе и художественной гимнастики), осуществляются с переменной мощностью, в нескольких плоскостях, в условиях неустойчивой опоры и во многом определяются возможностями нервной системы к экстраполяции (*Моисеев С.А. Влияние напряженной мышечной деятельности на характеристики сложнокоординационного двигательного действия // Вестник Тверского государственного ун-та. Серия «Биология и экология». 2009. № 11. С. 15–22 ; Туманян Г.С. Стратегия подготовки чемпионов:*

*настольная книга тренера. М. : Сов. спорт, 2006. 494 с.). При этом одним из главных критериев эффективности сложнокоординационной двигательной деятельности в художественной гимнастике является высокая устойчивость внешней и внутренней структуры двигательных навыков в условиях повышения требований, предъявляемых к физиологическим системам – ЦНС, сенсорным и двигательному аппарату (Бучацкая И.Н. Особенности регуляции биоэлектрической активности мышц при выполнении движений разной координационной сложности. 2005. 18 с. ; Городничева Л.Р. Особенности биоэлектрической активности мышц у лиц, адаптированных к сложнокоординированной двигательной деятельности : автореф. дис. ... канд. биол. наук. 2005. 18 с. ; Моисеев С.А. Влияние напряженной мышечной деятельности на электромиографические характеристики сложнокоординационного двигательного действия // Сб. ст. Всерос. конф., с междунар. участием / под ред. д.б.н. Р.М. Городничева. Вел. Луки, 2009. С. 459–465).*

На сегодняшний день накоплен большой экспериментальный материал об изменении отдельных физиологических параметров в ходе мышечной деятельности. Описаны изменения в нервно-мышечном аппарате при выполнении относительно простых по координации движений, не требующих развития больших усилий и высокой скорости мышечного сокращения (Герасимова Л.И., Варламова Т.В., Антонен Е.Г. Возрастные особенности турн амплитудных характеристик электромиограммы при дозированном изометрическом сокращении // Физиология человека. 2004. Т. 30, № 3. С. 119–125 ; Коряк Ю.А. Функциональные свойства нервно-мышечного аппарата у спортсменов разных специализаций // Физиология человека. 1993. Т. 19, № 5. С. 95–104 ; Коц Я.М. Организация произвольного движения. М. : Наука, 1975. 248 с. ; Попова Т.В., Корюкалов Ю.И., Марокко Д.А. Центральные механизмы утомления при локальной мышечной деятельности статического характера // Физиология человека. 2007. Т. 33, № 4. С. 95–100 ; Rudroff T. Electromyographic measures of muscle activation and changes in muscle architecture in human elbow flexor muscles during fatiguing contractions // J. Appl. Physiol. 2009. V. 104. P. 1720–1726). Однако сведения, раскрывающие физиологические механизмы функционирования моторной системы в условиях мышечной деятельности, требующей проявления координации различной сложности

(характерной для художественной гимнастики), отсутствуют. Отсутствуют и детальные представления об изменении внешней и внутренней структуры этих двигательных актов, позволяющие получить полное представление о сложности элемента конкретной структурной группы. Поэтому в процессе биомеханических исследований учитывались степень активации и реципрокности мышц, создающие мышечный тонус и как следствие, чёткую фиксацию параметров движения, точное воспроизведение кинематических характеристик. По показателям электрической активности мышц можно было бы судить об интенсивности их участия в работе, что служило бы основанием для оценки не только нагрузки, но и для определения сходства и различий между упражнениями структурных групп художественной гимнастики (Самсонова А.В., Комиссарова Е.Н. *Биомеханика мышц*. СПб., 2008. 127 с. ; Семенов Д.В. *Технология подготовки гимнастов на этапе начальной спортивной специализации на примере освоения профилирующих гимнастических упражнений*. Вел. Луки, 2010. 158 с. ; Украин М.Л. *Методика тренировки гимнастов*. М. : Физкультура и спорт, 1971. 279 с. ; Arampatzis A., Morey-Klapsing G., Brüggemann G.P. *The effect of falling height on muscle activity and foot motion during landings // Journal of Electromyography & Kinesiology*. 2003. Dec (239).13(6). P. 533–544).

Основываясь на данных диссертационного исследования А.А.Супрун (Супрун А.А. *Технологический подход к процессу профилирующей подготовки в художественной гимнастике на основе учета индивидуальных особенностей* : дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2013. 297 с.), успешно применившей для анализа техники профилирующих элементов сочетание экспертной оценки с методом поверхностной электромиографии, видеоанализом кинематических характеристик и стабиллографией, было сделано заключение о возможности выполнения дифференцировки элементов структурных групп художественной гимнастики на основе системного анализа их биомеханических характеристик. Именно поэтому в процессе конкретизации критериев сложности элементов акцент был сделан системном подходе к изучению биомеханических характеристик фаз реализации двигательных

действий, являющихся, предметом экспертной оценки в художественной гимнастике.

На этапе биомеханических исследований в констатирующем эксперименте принимали участие 16 гимнасток 12 - 18 лет. Спортсменки имели квалификацию кандидатов в мастера спорта и мастеров спорта. Для осуществления анализа сложности элементов художественной гимнастики впервые использовался комплекс синхронизированных инструментальных методик. В процессе видеозахвата выполняемых элементов структурных групп художественной гимнастики регистрировалась электрическая активность основных групп мышц правой и левой сторон тела: трапецевидной, прямой живота, выпрямляющей позвоночник, прямой бедра, средней ягодичной, двуглавой бедра, икроножной медиальной, передней большеберцовой.

Такая технология давала возможность одновременно с регистрацией кинематических характеристик элементов структурных групп художественной гимнастики различной технической ценности зафиксировать с помощью поверхностных (накожных) электродов максимальную и среднюю амплитуду турнов электрической активности мышц, частоту турнов, рассчитать реципрокность и интегрированную биоэлектроактивность мышц испытуемой. Отведение и регистрация биопотенциалов скелетных мышц осуществлялось по общепринятой методике (*Городничев Р.М. Спортивная электронейромиография. Вел. Луки : ВЛГАФК, 2005. 230 с. ; Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней : руководство для врачей. М. : МЕДпресс-информ, 2004. 488 с. ; Команцев В.Н., Заболотных В.А. Методические основы клинической электронейромиографии : руководство для врачей. СПб. : Лань, 2001. 218 с.*) с помощью современного 16-канального электромиографа «MegaWin ME 6000» (Финляндия, 2008), а обработка полученных данных проводилась с помощью специальной компьютерной программы «MegaWin». Электромиограф позволял записывать электрическую активность скелетных мышц на значительном расстоянии от регистрирующего компьютера, не вступая во

время выполнения элементов в контакт с гимнасткой, так как данные передавались в режиме on-line на основе беспроводных технологий Bluetooth. Одновременно осуществлялась видеосъемка выполняемых элементов художественной гимнастики. Метод бесконтактного исследования видеоряда движений позволял получить максимально полную и объективную информацию о кинематических характеристиках техники элементов. Для изучения кинематики движений отдельными сегментами тела использовался оптико-электронный аппаратно-программный комплекс «Qualisys» с программным обеспечением «Qualisys Track Manager (QTM)». На обеих сторонах тела испытуемых над анатомическими точками были размещены сферические светоотражающие маркеры диаметром 20 мм (рисунок 2).

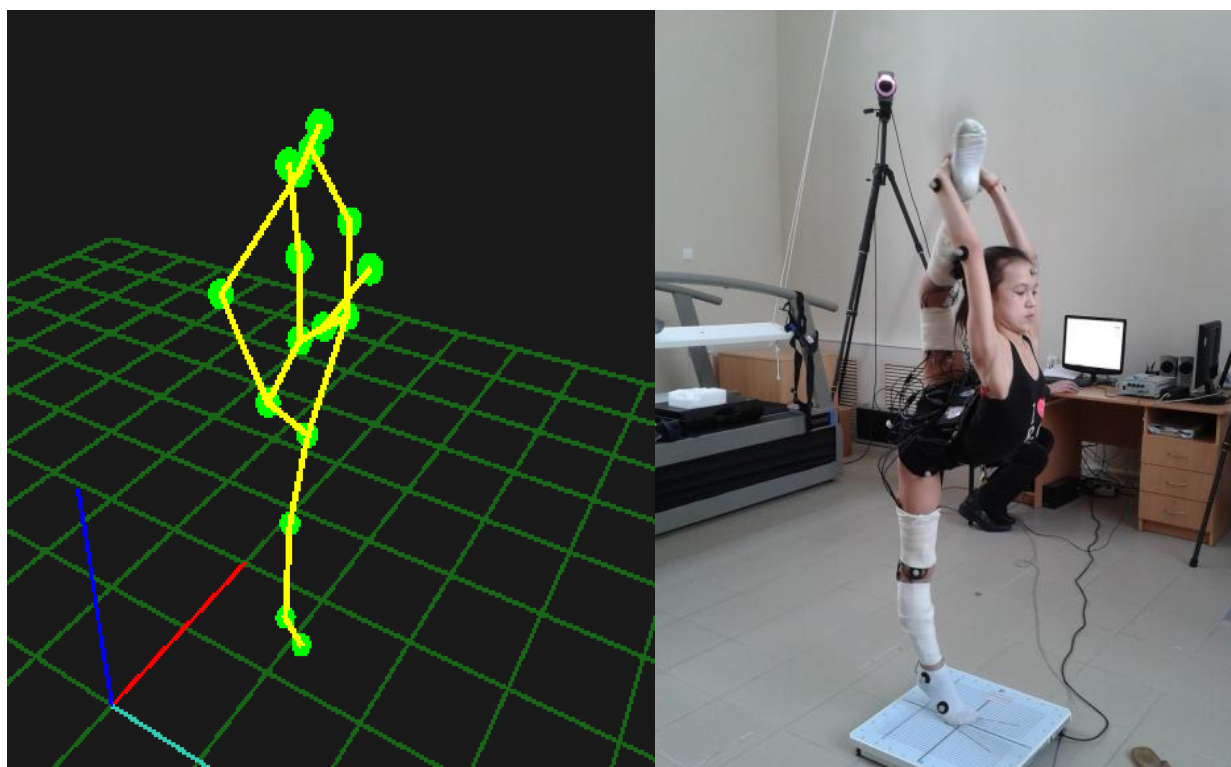


Рисунок 2 - Аппаратурное обеспечение научного исследования

Камеры в инфракрасном спектре подсвечивали пассивные маркеры, закрепленные на теле испытуемых, и регистрировали отраженный сигнал. Маркеры фиксировались клейкой лентой, что позволяло исключить их

движение во время выполнения элементов художественной гимнастики. Первичный сбор данных производился с шести высокоскоростных видеокамер «Oqus». В условиях компьютерной обработки определяли длину траектории, скорость и ускорения антропометрических точек сегментов тела: лобной, шейной, акромиальных, плечелучевых, шиловидных, переднеподвздошных, точек средин латеральных мышечков бедренных костей, нижних большеберцовых и конечных точек-стоп.

Кроме этого фиксировались показатели следующих межзвенных углов: локтевых, плечевых, тазобедренных, коленных, голеностопных.

В процессе выполнения равновесий дополнительно осуществлялись стабиллографические исследования, которые позволили конкретизировать факторы сложности, обуславливающие процесс сохранения спортсменкой вертикальной позы при выполнении равновесий художественной гимнастики. С этой целью применялась диагностическая платформа «Стабилан - 01». Суть метода компьютерного стабиллографического исследования сводилась к оценке биомеханических показателей гимнасток в процессе поддержания им вертикальной позы в положении стоя.

Измерялись показатели:

1. Средняя скорость перемещения центра давления (мм/с). Определялось среднее амплитудное значение скорости перемещения ЦД (центра давления) испытуемой в процессе выполнения равновесия. Большая скорость свидетельствовала об активных процессах поддержания вертикальной позы, связанных с нарушениями вестибулярной функции. Небольшая скорость – о своевременной компенсации возникающих отклонений тела.

2. Среднее направление колебаний (мм). Определялось направление большой оси доверительного эллипса. Основное направление колебаний тела испытуемой. За ноль принималось положительное положение оси Y, то есть по часовой стрелке.

3. Площадь эллипса ( $S_{\text{элл}}$ , мм<sup>2</sup>). Это основная часть площади, занимаемой стабิโลграммой без, так называемых, петель и случайных выбросов. Она характеризовала рабочую площадь опоры испытуемой. Увеличение площади свидетельствовало об ухудшении устойчивости, а уменьшение – об улучшении.

4. Оценка движения ( $OD$ , рад/с) Увеличение данного показателя свидетельствовало об ухудшении устойчивости испытуемой, а уменьшение – об улучшении.

5. Коэффициент кривизны (рад/мм). Чем круче повороты описывает траектория ЦД испытуемой, имеются тремороподобные колебания, тем больше были значения этого показателя.

Синхронизация видеосъемки, электромиографии и стабิโลграфии осуществлялось с помощью программы «QTM».

Статистическая обработка материала осуществлялась на РС Pentium 4 с операционной системой Windows XP при помощи пакетов программ Microsoft Excel и Statistica 7.0. Вычисляли среднюю величину, ошибку средней величины, стандартное отклонение. Определяли нормальность распределения выборок и в соответствии с полученными результатами применяли параметрический критерий (Стьюдента) или непараметрический критерий (Уилкоксона) для оценки достоверности различий между качественными характеристиками исполнительского мастерства. Был принят 5%-й уровень значимости, как обеспечивающий в подобных исследованиях необходимую точность сравнений. Для удобства сравнения исследуемых параметров в некоторых случаях осуществлялся расчет величин в процентах. Степень взаимообусловленности кинематических характеристик техники, показателей электромиографии, стабิโลграфии, технической ценности и экспертной оценки определялась на основе расчета рангового коэффициента корреляции Спирмена.

Применение комплекса научных методов исследования позволило получить объективные характеристики техники элементов структурных



групп художественной гимнастики, а корреляционный анализ конкретизировал факторы, предопределяющие их сложность. При этом учитывались результаты многолетних научных исследований, посвященных изучению координационной сложности двигательных действий (Беркинблит М.Б., Гельфанд И.М., Фельдман А.Г. *Двигательные задачи и работа параллельных программ // Интеллектуальные процессы и их моделирование. Организация движения. М. : Наука, 1991. С. 37–54 ; Бернштейн Н.А. О построении движений. М., 1947. 254 с. ; Бойко Е.И. Время реакции человека. М. : Медицина, 1964. 439 с. ; Газеев А.А. Соотношение латентных периодов и параметров моторной фазы ответа в разных условиях осуществления простой двигательной реакции : автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1983. 21 с. ; Каменская В.Г., Томанов Л.В., Несмелова Н.И. Характеристика функционального состояния мозга по корреляционным связям параметров медленных потенциалов при решении сенсомоторных задач // Программирующая деятельность мозга человека. СПб., 1992. Вып. 31. С. 96–107 ; Козлов И.М., Орлова Н.А. Программирование и время реакции в биомеханической структуре двигательного действия // Человек в мире спорта. М., 1998. С. 26–27 ; Полякова М.В. Роль ассоциативных систем мозга человека в подготовке двигательных реакций // Программирующая деятельность мозга человека : межвуз. сб. / под ред. А.С. Батуева, В.А. Дорошенко. СПб., 1992. Вып. 31. С. 144–158 ; Сепсяков В.А. Время реакции как критерий оценки формирования и реализации двигательной программы при броске камня в кёрлинге // Вестник Балтийской академии. Актуальные проблемы психопедагогики образовательной и воспитательной деятельности. Вып. 24. СПб., 1998. С. 40–45 ; Сурков Е.Н. Психомоторика спортсмена. М. : Физкультура и спорт, 1984. 126 с. ; Ухтомский А.А. Физиология двигательного аппарата. Л. : ЛГУ, 1951. 167 с. ; Фарфель В.С. Управление движениями в спорте. М. : Физкультура и спорт, 1975. 206 с. ; Glencross D.J. The effects of changes in task condition on the temporal organization of a repetitive speed skill // Ergonomics. 1975. V. 18. P. 17–28; Svobodova L. Use of the dance pad for the development of rhythmic abilities // Science of Gymnastics Journal. 2016. V.8, №3. P. 283-293; Leandro C. Technical content of elite rhythmic gymnastics // Science of Gymnastics Journal. 2016. V.8. №1. P. 85-96. и др.).*

На основе системного подхода были спроектированы алгоритмы для определения сложности элементов структурных групп, матрицы технической ценности и научно-обоснованные таблицы технической ценности элементов

для правил соревнований по художественной гимнастике. Проверка эффективности применения разработанных таблиц технической ценности осуществлялась в констатирующем педагогическом эксперименте в процессе экспертизы исполнительского мастерства гимнасток-финалисток на этапе Кубка мира в Москве (2016). Анализ влияния изменений, внесенных в правила соревнований, на техническую ценность соревновательных композиций высококвалифицированных гимнасток осуществлялся в формирующем педагогическом эксперименте в учебно-тренировочном процессе группы спортивного совершенствования ФГБОУ ВО НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург.

Результаты диссертационного исследования легли в основу разработки практических рекомендаций для осуществления Техническим комитетом FIG коррекции правил соревнований по художественной гимнастике на олимпийский цикл 2017-2020 гг.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, системный подход к обоснованию технической ценности элементов структурных групп упражнений художественной гимнастики с применением современных аппаратных методик позволяет получить максимально полную информацию о биомеханических характеристиках техники выполняемых движений. На основе математического анализа между кинематическими и динамическими характеристиками можно установить значимые логические связи, позволяющие конкретизировать факторы сложности элементов структурных групп и обосновать объективную техническую ценность элементов художественной гимнастики. Объективизированная техническая ценность может достоверно отражать координационную сложность соревновательных программ и как компонент общей оценки исполнительского мастерства спортсменок повышать качество квалиметрии достижений в художественной гимнастике.

### ГЛАВА 3 ПРОБЛЕМА ОЦЕНКИ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОГО МАСТЕРСТВА, КАК ФАКТОР, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЙ НЕОБХОДИМОСТЬ ОБЪЕКТИВИЗАЦИИ СЛОЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНЫХ ГРУПП ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ

#### 3.1 Анализ состояния и тенденций развития системы регламентации сложности соревновательных программ в художественной гимнастике

В художественной гимнастике одним из главных факторов, обеспечивающих высокие результаты на соревнованиях, является сложность композиций. Требования к данному компоненту предписаны правилами Международной федерации гимнастики, регламентирующими его содержание и критерии оценки.

На основе сравнительного анализа содержания одиннадцати последовательно входящих в силу правил соревнований по художественной гимнастике (1955, 1960, 1971, 1982, 1985, 1998, 2001, 2003, 2005, 2009-2012, 2013 -2016 г.г.) были определены тенденции в изменениях, происходящих в требованиях к сложности соревновательных программ спортсменок (*Художественная гимнастика : правила соревнований / Федерация художественной гимнастики. М. : Физкультура и спорт, 1997. 143 с. ; Художественная гимнастика : правила соревнований / Федерация художественной гимнастики. М. : Физкультура и спорт, 2001. 162 с. ; Code of Points Rhythmic Gymnastics 2005-2008 / Federation International de Gymnastiqui. URL: <http://www.fig-gymnastics>. 2005; Code of Points Rhythmic Gymnastics 2009-2012 / Federation International de Gymnastiqui. URL: <http://www.fig-gymnastics>. 2009; Code of Points Rhythmic Gymnastics 2013-2016 / Federation International de Gymnastiqui. URL: <http://www.fig-gymnastics>. 2013).*

Условно процесс изучения и анализа правил соревнований осуществлялся по трем основным критериям: 1) требования правил соревнований к технической ценности видов многоборья; 2) количество элементов в соревновательных композициях разных олимпийских циклов; 3)

разнообразии элементов, представленных в таблицах трудности и их стоимость.

При анализе сложности некорректно было бы сравнивать программы 1955, 1998 и 2004 годов, так как за этот временной период неоднократно вносились изменения в правила соревнований по художественной гимнастике. Но, уже начиная с 1955 года, наметилась тенденция, заключающаяся в конкретизации направления развития вида спорта на основе предъявляемых требований правил соревнований. Элементы, включенные в соревновательные программы, должны были быть разнообразными, демонстрирующими разностороннюю физическую и техническую подготовленность гимнасток, отражать специфику вида многоборья (в композицию должны быть включены: равновесия, повороты, прыжки и элементы, выявляющие гибкость).

До 1985 года гимнастки соревновались в обязательных и произвольных упражнениях. Обязательные программы соревнований должны были выполняться строго в соответствии с записью. Упражнения не могли выполняться гимнасткой в любую сторону. Частичное выполнение упражнений в другую сторону было возможно лишь в том случае, если это предусмотрено программой. При судействе упражнений обязательной программы производились сбавки за отклонение от записи упражнений (невыполнение или добавление элементов) и за качество выполнения упражнений.

Произвольная соревновательная программа в каждом разряде должна была иметь определенную сложность, достаточное количество элементов, гармоничную композицию, содержать сложные и оригинальные элементы и соединения. В каждом виде соревнований (обязательная и произвольная программа) элементы и соединения делились по сложности на первую и вторую группы в соответствии с таблицей правил соревнований. Из обязательных упражнений в произвольную программу можно было включить не более двух элементов или соединений. Если указанное количество

элементов, взятых из обязательных упражнений, было превышено, лишние элементы не учитывались в порядке их записи. Одинаковые элементы, включенные в упражнения, оценивались только один раз, однако элемент, выполненный в другую сторону, оценивался как новый. В произвольные упражнения должны были включать элементы и соединения, которые ранжировались по сложности только на две группы трудности.

Гимнасткам-мастерам предоставлялось право заменять один элемент I группы трудности двумя элементами II группы, а в 1-м разряде – два элемента II группы одним элементом I группы трудности – только один раз. Замена одного элемента меньшей сложности одним элементом большей сложности разрешалось неограниченное количество раз. При этом в произвольные соревновательные программы требовалось включать не менее двух новых элементов и соединений в любых вариантах. Элементы и соединения, не предусмотренные таблицей правил соревнований, приравнивались к соответствующей группе путем субъективно-визуального сравнения их по сложности.

С 1955 г. по 1971 г. правилами соревнований за невыполнение элемента I группы трудности у мастеров предусматривалась сбавка 1,2 балла, у гимнасток 1-го разряда – 1,3 балла. За невыполнение элемента II группы: у мастеров – 0,8 балла, у гимнасток 1-го разряда – 1,2 балла (1955, 1960, 1971 гг.). С 1982 года эти сбавки уменьшаются на 0,2-0,3 балла соответственно, и за невыполнение элемента I группы трудности снимается 1 балл; за невыполнение элемента II группы трудности снимается 0,5 балла. Уже с 1982 года в финальных соревнованиях предъявлялись повышенные требования к сложности композиций: гимнастки должны были продемонстрировать в своей программе 10 элементов первой группы трудности и включить рискованные, особой технической сложности элементы. Причем, если в упражнении отсутствовали элементы или соединения, выполнение которых было связано с риском, то оценка

уменьшалась на 0,3 балла. Отсутствие элементов или соединений особой технической сложности, приводило к снижению оценки на 0,3 балла.

Анализируя правила соревнований 1955, 1960, 1971, 1982, 1985 года, можно отметить отсутствие градации элементов по технической ценности, но при этом были высоки требования к разнообразию элементов, которое демонстрировалось в соревновательной программе. Так для каждого вида многоборья и для каждой группы трудности (I и II) были определены элементы. Таким образом, правилами соревнований регламентировалось освоение гимнастикой в процессе многолетней тренировки как минимум по 10 элементов в каждом виде многоборья, что в совокупности составляло около 50 разных элементов структурных групп для произвольной программы и 60 элементов для обязательной программы. Сравнение данного показателя с действующими правилами соревнований свидетельствует не в пользу современной художественной гимнастики: спортсменки XXI века могут иметь в своем двигательном арсенале всего 7-9 элементов (7 элементов у КМС), применяя их в каждом виде многоборья.

Сопоставив одни из первых правил соревнований (1955 г. и 1960 г.), можно отметить еще отсутствие последовательной положительной динамики в требованиях, предъявляемых к сложности (таблица 1).

Таблица 1 - Требования к сложности соревновательных программ в соответствии с правилами соревнований 1955, 1960 г.г.

разряд	Требования к количеству элементов и их сложности	
	I группа	II группа
мастера	4	6
1-й разряд	-	8

Как в одних, так и в других правилах художественной гимнастики было обозначено одинаковое количество элементов различной сложности, которое включало в себя следующие структурные группы: волны, взмахи, наклоны,

равновесия, повороты, прыжки, элементы акробатики, как для обязательной программы, так и для произвольной. Однако повышались требования к композиции произвольных программ. А именно, если в версии 1960 г. было определено, что произвольное упражнение не должно быть похожим на обязательное упражнение, должно быть своеобразным и оригинальным. Повышение требований к координационной сложности заключалось только в запрете на выполнение одинаковых элементов в другую сторону и с другой ноги, и в повторе элемента в соединении, если он выполнялся отдельно (или наоборот). Допускалось исполнение элементов из различных исходных положений в различные конечные положения или с дополнительными движениями, а также серии одинаковых элементов, выполненных слитно (если значительно усложняется выполнение элементов). Это подтверждает наличие стремления авторов правил соревнований к стимулированию качественного освоения технических элементов (наличие обязательных программ), творческого подхода к процессу составления произвольной программы, ориентации на демонстрацию индивидуальных возможностей гимнастки при выборе элементов.

В содержании правил соревнований 1971 г. было обозначено требование, предполагающее бóльшую дифференцировку произвольных упражнений различных спортивных разрядов и видов многоборья по сложности выполняемых элементов (таблица 2), чем в предыдущих версиях.

Таблица 2 - Требования к сложности соревновательных программ в соответствии с правилами соревнований 1971 года

Вид упражнений	Требования к количеству элементов и их сложности			
	Разряд МС, КМС		I разряд	
	I	II	I	II
Упражнения без предмета	6	-	2	5
Упражнения с лентой	5	-	1	6
Упражнения с обручем	5	-	1	6
Упражнения со скакалкой	5	-	1	6
Упражнения с мячом	5	-	1	6

В целом происходило повышение требований к минимуму сложности отдельных выполняемых элементов, хотя общее количество элементов снижалось. То есть в правилах соревнований акцент был сделан на качестве освоения и выполнения координационно-сложных элементов.

Однако, уже начиная с 1982 года, наметилась тенденция к увеличению возможного количества элементов, включаемого в соревновательные программы видов многоборья художественной гимнастики (таблица 3).

Таблица 3 – Требования к сложности соревновательных программ в соответствии с правилами соревнований 1982 - 1985 г.г.

Вид упражнений	Требования к количеству элементов и их сложности			
	Разряд МС, КМС		I разряд	
	I	II	I	II
Упражнения без предмета	8	-	4	4
Упражнения с лентой	8	-	4	4
Упражнения с обручем	8	-	4	4
Упражнения со скакалкой	8	-	4	4
Упражнения с мячом	8	-	4	4

Важно отметить, что обязательным требованием, предъявляемым к произвольным программам, стало включение сложных, оригинальных элементов и соединений независимо от разряда. Правилами соревнований наказывалось использование однообразных элементов, чрезмерно простое соединение элементов, частей упражнения и стимулировалась включение элементов, демонстрирующих разностороннее проявление качеств и способностей гимнастки: гибкость, устойчивость, прыгучесть и т.д.

Однако в дальнейшем, после Олимпиады в Барселоне и на протяжении восьми лет правила соревнований предполагали выполнение таких требований, которые привели фактически к застою художественной гимнастики в мире (Винер И.А. Подготовка высококвалифицированных спортсменок в художественной гимнастике. СПб., 2003. 120 с.). Уровень необходимой сложности соревновательных программ была занижена, а любая гимнастка легко могла с



ней справиться. Выполнение новых более сложных оригинальных элементов судьями не поощрялось. При этом возросло общее количество гимнасток, качественно выполняющих простые упражнения, что затрудняло ранжирование спортсменок по уровню исполнительского мастерства, демонстрируемому на соревнованиях. Например, сразу шесть гимнасток на чемпионате Европы 1988 года получили оценку в десять баллов. Подобный факт снижал зрелищность, а также интерес, как журналистов, так и зрителей.

Анализ версий правил соревнований по художественной гимнастике с 1988 года по 2013 год показал, что в этот период наблюдались «волны» динамики сложности, демонстрируемой в композициях видов многоборья различным количеством элементов (таблица 4).

Таблица 4 – Требования к сложности соревновательных программ в соответствии с версиями правил соревнований по художественной гимнастике 1988 - 2013 годов

вид многоборья	Требования к количеству элементов						
	1988	1996	1998	2004	2005	2009	2013
скакалка	12	17	19	-	-	12	-
обруч	14	-	18	25	18	12	9
мяч	-	18	20	22	18	12	9
булавы	13	20	-	25	18	-	9
лента	13	20	19	24	18	12	9

Например, с 1988 года по 2004 год в упражнении со скакалкой произошло увеличение количества элементов на 58,3%; в упражнениях с обручем – на 78,6%; в упражнениях с мячом – на 22,2%, в упражнении с булавами – на 92,3%, в упражнениях с лентой – на 84,6%.

Таким образом, количество элементов, имеющих техническую ценность, в комбинациях сильнейших гимнасток международного уровня повышалось, что приводило не только к общей сложности соревновательных программ, но и к их интенсификации в каждом виде многоборья.

После Олимпийских игр в Сиднее (2000 г.), в начале нового цикла подготовки основной акцент был сделан на усложнение всех структурных групп движений без предмета. С 2000 года упражнения в индивидуальных программах стали содержать максимум 10 трудностей, изолированных или в комбинациях, состоящих максимум из 2 – 3 трудностей. Обязательная для каждого предмета структурная группа движений телом должна была использоваться, как минимум пятикратно и всегда быть связана с техникой движений предметом. Комбинация как минимум должна была состоять на 50% из элементов технической ценности, принадлежащих к обязательным структурным группам телом для каждого вида многоборья. Для оценки технической ценности элементов стала использоваться градация от 0,1 балла (группа «А») до 1,0 балла (группа «У»), а техническая ценность соревновательной комбинации определяться по сумме технических ценностей, входящих в неё элементов.

Если в правилах соревнований 1998 года было представлено 60 элементов с уровнем сложности 0,1- 0,2 балла, то в 2001 году их количество возросло более чем в четыре раза и состояло из 267 элементов с уровнем сложности от «А» до «Е» (0,1 – 0,5 балла, соответственно). В дополнениях 2003 года их число увеличилось ещё на 39,3 % и составило 440 элементов при расширении диапазона сложности от 0,1 до 1,0 балла. Однако около 50,0 % от общего их числа относились к уровню сложности «С», «Д», «Е» (соответственно 0,3; 0,4; 0,5 балла). Элементы, имеющие ценность более 0,8 балла, составляли всего 3,4 %. Только одно равновесие соответствовало группе «J» и имело уровень сложности 1,0 балл.

С 2001 года существенно изменились и критерии оценивания композиций спортсменок. Требования правил соревнований к композициям стали едиными: соревновательные программы I разряда и КМС отличались от подобных программ МС только в разделе технической ценности. И, хотя по длительности композиции гимнасток остались прежними, художественная

гимнастика существенно преобразилась - она стала более «спортивным» видом, динамичным, рискованным.

Однако с 2005 года наметилась тенденция к снижению количества элементов технической ценности с одновременным повышением требований к сложности и качеству их исполнения. Уровень мастерства стал определяться, не столько количественными, сколько качественными показателями. Индивидуальное упражнение могло содержать максимум 18 элементов технической ценности суммой в 10,00 баллов. Суммарный показатель технической ценности элементов, выполняемых без предмета (телом), складывался из элементов, принадлежащих к обязательной структурной группе (минимум 6 элементов) в данном виде многоборья и технической ценности необязательных элементов (максимум по две из каждой структурной группы) (таблица 5).

Таблица 5 - Требования в использовании упражнений структурных групп в видах многоборья художественной гимнастики по правилам соревнований 2005 года

ОБРУЧ	МЯЧ	БУЛАВЫ	ЛЕНТА
4 различные структурные группы: прыжки, гибкость и волны, равновесия, повороты.	50% -гибкость и волны.	50%- равновесия	50%-повороты

Каждый элемент технической ценности считался только один раз, поэтому повторное его выполнение не засчитывалось, кроме случаев, предусмотренных для серий элементов. В связи с этим, правила 2005 года обязали гимнасток использовать в упражнении с предметом 12 разнообразных элементов структурных групп и не относящихся к ним элементов. И, если до этого момента гимнастка имела возможность самостоятельно определять степень структурного разнообразия элементов в многоборье и использовать одни и те же элементы телом в разных видах

многоборья, то уже с 2000 года чётко было определено, в каком виде какая структурная группа должна доминировать.

К 2005 году в правилах соревнований количество элементов, имеющих количественную оценку технической ценности, увеличилось до 503 элементов (на 14,0 %), а диапазон ценности расширился от 0,1 до 1,2 балла. Количество элементов, имеющих уровень ценности 0,8 балла и выше, уже составили 11,9 %. При этом в процентном соотношении распределение элементов по структурным группам было представлено следующим образом: прыжки и повороты – по 29,6 %, элементы из групп равновесия – 21,9 % и на гибкость -18,9 %.

Начиная с 2009 года, еще больше были конкретизированы критерии оценки соревновательных программ, четко определены количество структурных групп и максимальная техническая ценность всей композиции по сложности, бóльшие требования стали предъявляться к разнообразию элементов, симметрии работы рук и ног, в том числе с предметом.

Согласно требованиям правил соревнований по художественной гимнастике цикла 2009-2012 г.г. каждая индивидуальная программа могла содержать максимум 12 элементов технической ценности (трудность «А» и выше) в сумме максимум на 10,00 баллов. Элементы технической ценности, принадлежавшие к обязательным структурным группам тела, характерным для каждого предмета, составляли минимум 8 элементов. Допускалось увеличение технической ценности композиции за счёт максимум четырёх элементов, входящих в необязательные структурные группы, по выбору, а каждый элемент технической ценности считался только один раз.

Однако уже в данный период наметилась негативная тенденция к постепенному сокращению количества элементов технической ценности, обозначенных правилами соревнований по художественной гимнастике. И в олимпийском цикле 2013-2016 г.г. правилами соревнований Международной федерации было предписано ограничение элементов технической ценности в соревновательных программах гимнасток до 9-ти. Причем, количество

элементов всех структурных групп, имеющих техническую ценность, стало на одну треть меньше, чем в правилах соревнований олимпийского цикла 2001-2004 г.г. Кроме этого стала заметна весьма условная дифференциация элементов по степени их реальной сложности. Одну и ту же техническую ценность стали иметь элементы разной координационной сложности. Этот факт негативно сказывался на содержательной и зрелищной стороне композиций. Гимнастки, ограниченные в выборе элементов технической ценности, использовали одни и тот же набор средств для их создания. Единообразие композиций и отсутствие в правилах соревнований приемов для оценки новаторских подходов в создании соревновательных программ приводили к уравниванию спортсменок по уровню их исполнительского мастерства, в частности – по компоненту «сложность», который часто заменяла необоснованная и формально обозначенная техническая ценность. Подобного рода «перекос» отрицательно влиял на естественный ход развития художественной гимнастики.

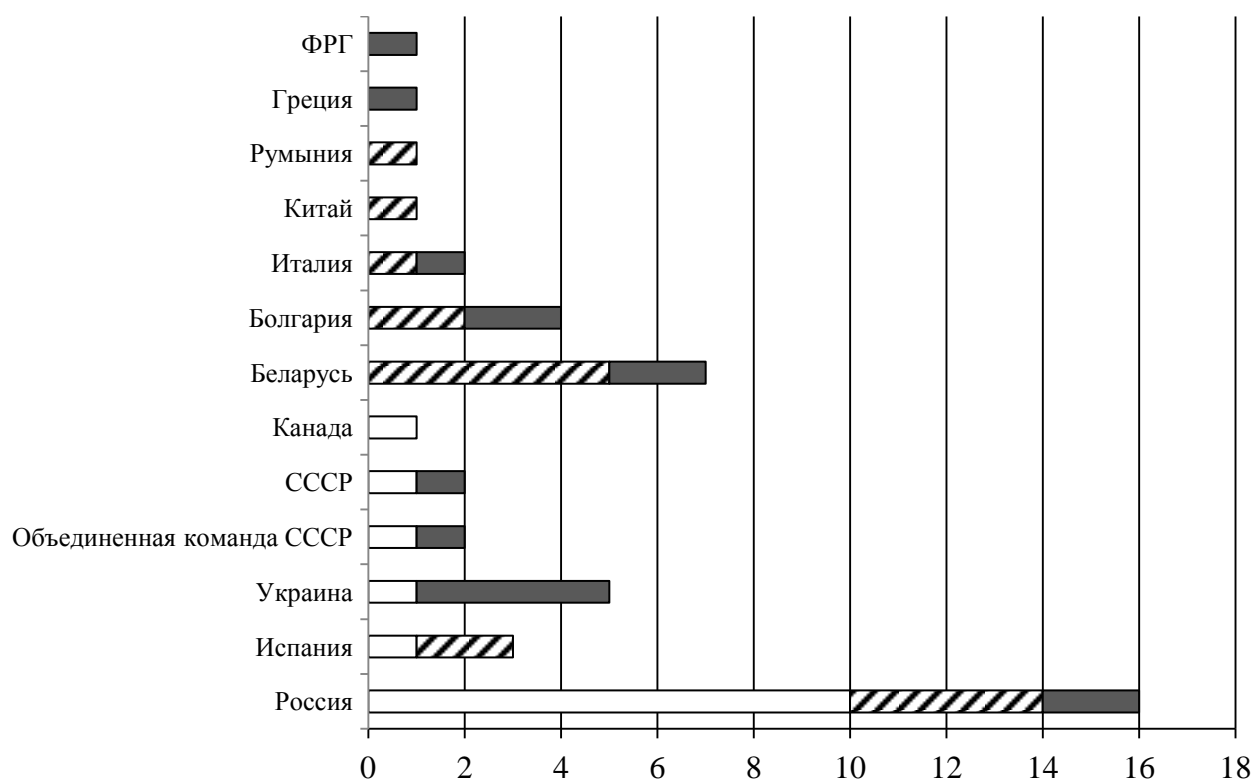
Таким образом, правила соревнований как документ, который разрабатывается техническим комитетом художественной гимнастики (Code FIG) с целью регламентации спортивной деятельности посредством определенных требований к ее участникам совершенствовались на протяжении более 60-ти лет. Однако содержательную сторону разрабатываемых правил и их эффективность необходимо рассматривать учитывая, что термин «Code of Points» (от греческого слова «кодекос») трактуется как закон, имеющий силу с точки зрения морали. Правила спортивных соревнований призваны гарантировать сохранение сущности спорта, заключающейся в объективном сравнении человеческих возможностей и выявлении на этой основе их уровня в условиях неантагонистического соперничества. Ретроспективный анализ критериев оценивания достижений спортсменок в художественной гимнастике показывает, что эти требования часто нарушались из-за отсутствия логики вносимых изменений, неопределенности понятий и норм, включенных в

правила соревнований. Результатом такого подхода являлось то, что экспертная оценка исполнительского мастерства, как метод квалиметрии не соответствовал требованиям ее целевой реализации. Количественные ограничения в выборе элементов и отсутствие классификации элементов художественной гимнастики на основе объективных характеристик сложности не позволял в полной мере гимнасткам демонстрировать свое исполнительское мастерство, а судьям объективно оценивать его уровень. Существующие правила соревнований требуют научно-обоснованного подхода к градации элементов по степени сложности с целью выявления объективной технической ценности соревновательных композиций гимнасток.

### 3.2 Эффективность дифференцировки гимнасток высокой квалификации по исполнительскому мастерству

Успехи российских гимнасток на самых важных международных соревнованиях на протяжении многих лет впечатляют (рисунок 3), что свидетельствует о достижениях отечественной школы подготовки спортсменок и верном понимании специалистами, обеспечивающими эту подготовку, тенденций развития художественной гимнастики и необходимости постоянного совершенствования процесса на основе применения современных достижений спортивной науки.

Одним из путей развития художественной гимнастики является стремление к постоянному совершенствованию исполнительского мастерства спортсменок, в котором можно выделить две составляющие: содержание соревновательных программ и уровень ценности выполненных элементов, а также степень (класс) исполнительского и артистического совершенства движений. Каждый из показателей исполнительского мастерства гимнасток оценивается в соревнованиях квалифицированными экспертами.



	Россия	Испания	Украина	Объединенная команда СССР	СССР	Канада	Беларусь	Болгария	Италия	Китай	Румыния	Греция	ФРГ
□ золото	10	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
▨ серебро	4	2	0	0	0	0	5	2	1	1	1	0	0
■ бронза	2	0	4	1	1	0	2	2	1	0	0	1	1

Рисунок 3 – Количественные показатели медального зачета гимнасток индивидуального и группового многоборья по художественной гимнастике на Играх Олимпиад с 1984 по 2016 годы

Требования к оцениванию компонентов соревновательной программы постоянно совершенствуются и отражаются в правилах соревнований по художественной гимнастике, корректируемых на каждый олимпийский цикл соревнований. Рассматривая оценки ведущих спортсменок мира на разных этапах становления художественной гимнастики, можно проследить изменения требований, как к содержанию упражнений, так и к компонентам оценивания, из которых складывается окончательная оценка, определяющая рейтинг гимнасток. Долгое время оценка в 10,0 баллов считалась

максимальной, по сути, теоретически возможной. Затем окончательная оценка стала определяться по двум самостоятельным критериям и увеличилась до теоретически возможных 20,0 баллов. Такой подход к определению соревновательных оценок прослеживался до 1992 года. В соревновательном цикле 1993-1996 года вновь вернулись к оцениванию соревновательной программы с возможной максимальной оценкой 10,0 баллов. Несмотря на более детальную разработку требований к исполнительскому мастерству спортсменок и уточнение критериев для экспертной оценки в следующей версии правил соревнований (на 1997-2000 годы) эта новая версия экспертной оценки не давала возможности достаточно объективно определить рейтинг гимнасток.

Критические замечания специалистов были учтены при разработке правил на олимпийский цикл соревнований 2001-2004 годов. Количество экспертов было увеличено, а их функции стали более специализированными. В соответствии с правилами соревнований по художественной гимнастике исполнительское мастерство спортсменок стало оцениваться по трем компонентам: техничность («TV»), артистичность («AV») и исполнение («EX»). Это и обусловило наличие соответствующих бригад судей. За каждый из выше перечисленных компонентов гимнастка могла получить максимум 10 баллов, а за вид многоборья - 30 баллов. Суммарная оценка за многоборье (четыре вида соревнований) могла превышать сто баллов и соответствовала максимум 120 баллов (рисунки 4-7).

Так семь из восьми результатов финалисток соревнований по художественной гимнастике в индивидуальном многоборье на Чемпионате мира 2001 года находились в пределах 112,35 – 100,625 баллов. При этом плотность экспертных оценок за отдельные виды многоборья была очень высокой ( $V=3,62\%-5,68\%$ ). Только первые два результата (российских гимнасток Кабаевой А., Чащиной И.) значительно отличались от остальных, имея разницу более чем в 5 баллов (рисунок 4).



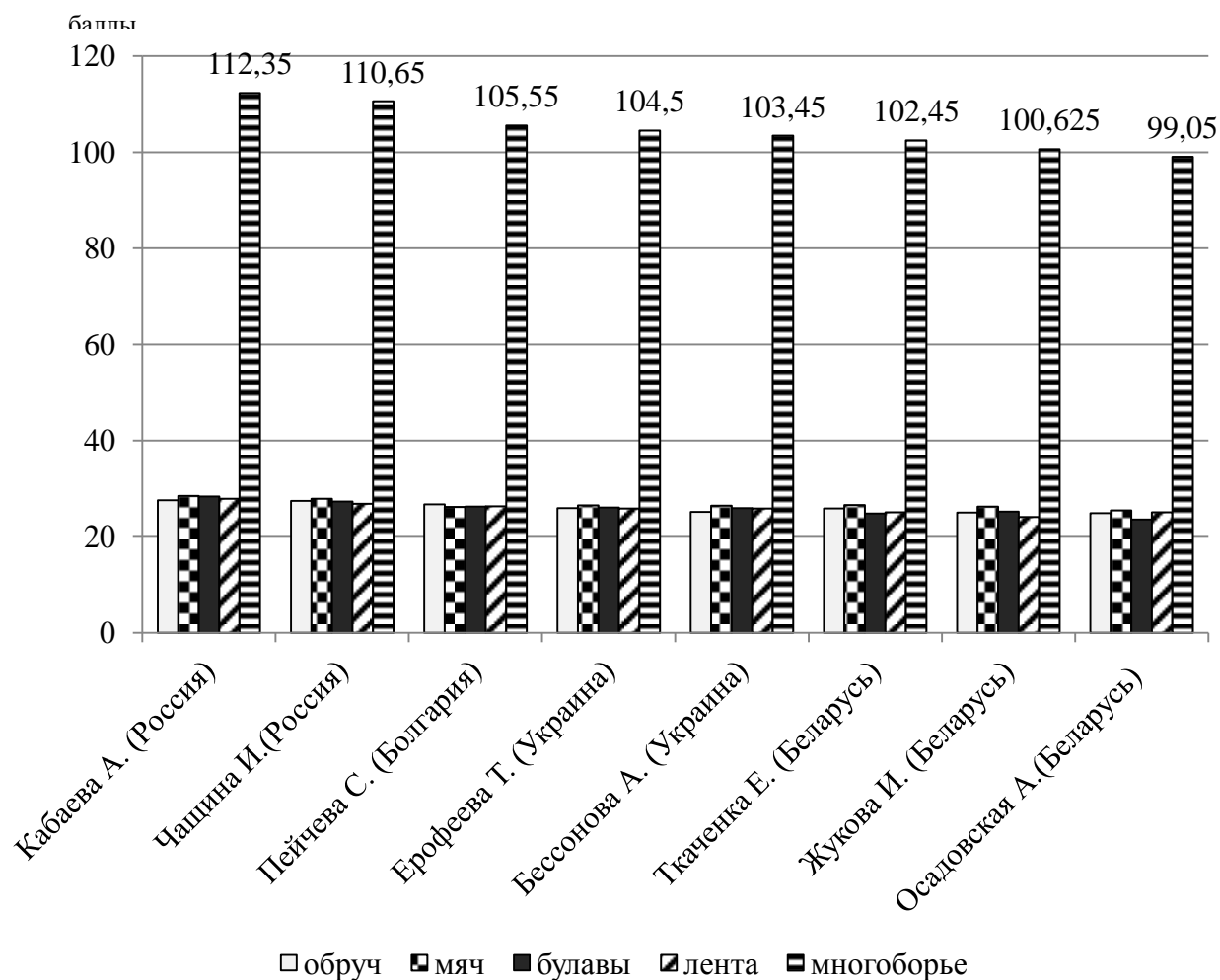


Рисунок 4 - Результаты финальных соревнований по художественной гимнастике в индивидуальном многоборье на Чемпионате мира 2001 года (г. Мадрид, Испания)

На Чемпионате Европы 2002 года дифференцировка гимнасток судьями еще больше усложнилась (рисунок 5), так как раница в результатах многоборья художественной гимнастики уменьшилась. Это подтверждают показатели вариативности экспертных оценок спортсменок за соревновательные программы, снизившиеся до 3,26%-4,70%. Разница в результатах финалисток многоборья (кроме призеров) составляла в большинстве случаев менее балла, в отдельных видах – десятые балла.

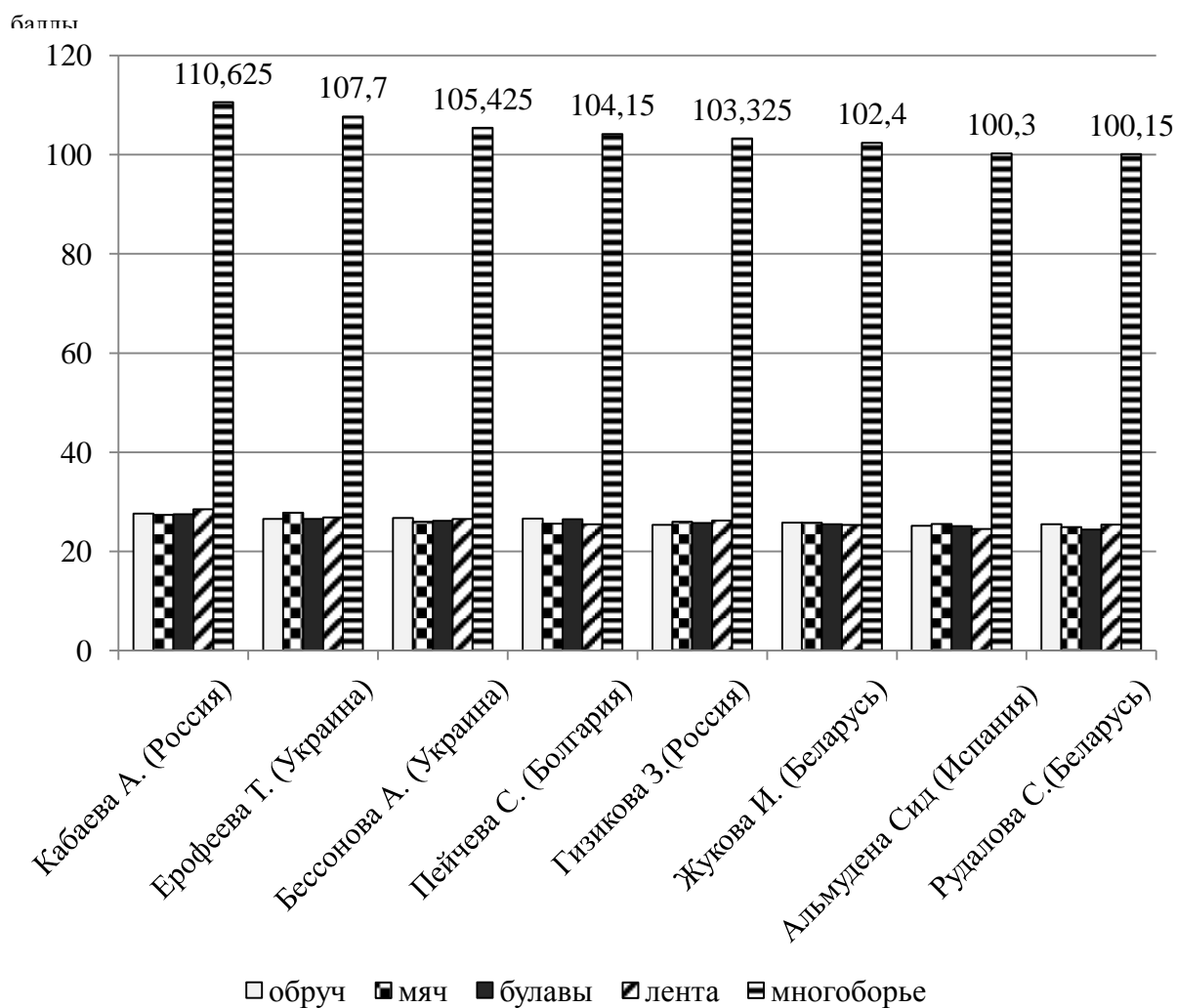


Рисунок 5 - Результаты финальных соревнований по художественной гимнастике в индивидуальном многоборье на Чемпионате Европы 2002 года (г. Гранада, Испания)

Анализ результатов Чемпионата мира 2003 и финальных соревнований по художественной гимнастике в индивидуальном многоборье на Олимпийских играх 2004 года (рисунки 6, 7) свидетельствовал, что независимо от вида многоборья разница в оценках за соревновательную программу призеров составляла не более 0,8 балла, а в многоборье (за четыре вида) всего 1,4 балла. При этом плотность результатов претенденток на медали по мере приближения к основному старту четырехлетия -

Олимпийским играм 2004 года только повышалась (разница в оценках призеров многоборья составила всего 0,240-0,325 балла).

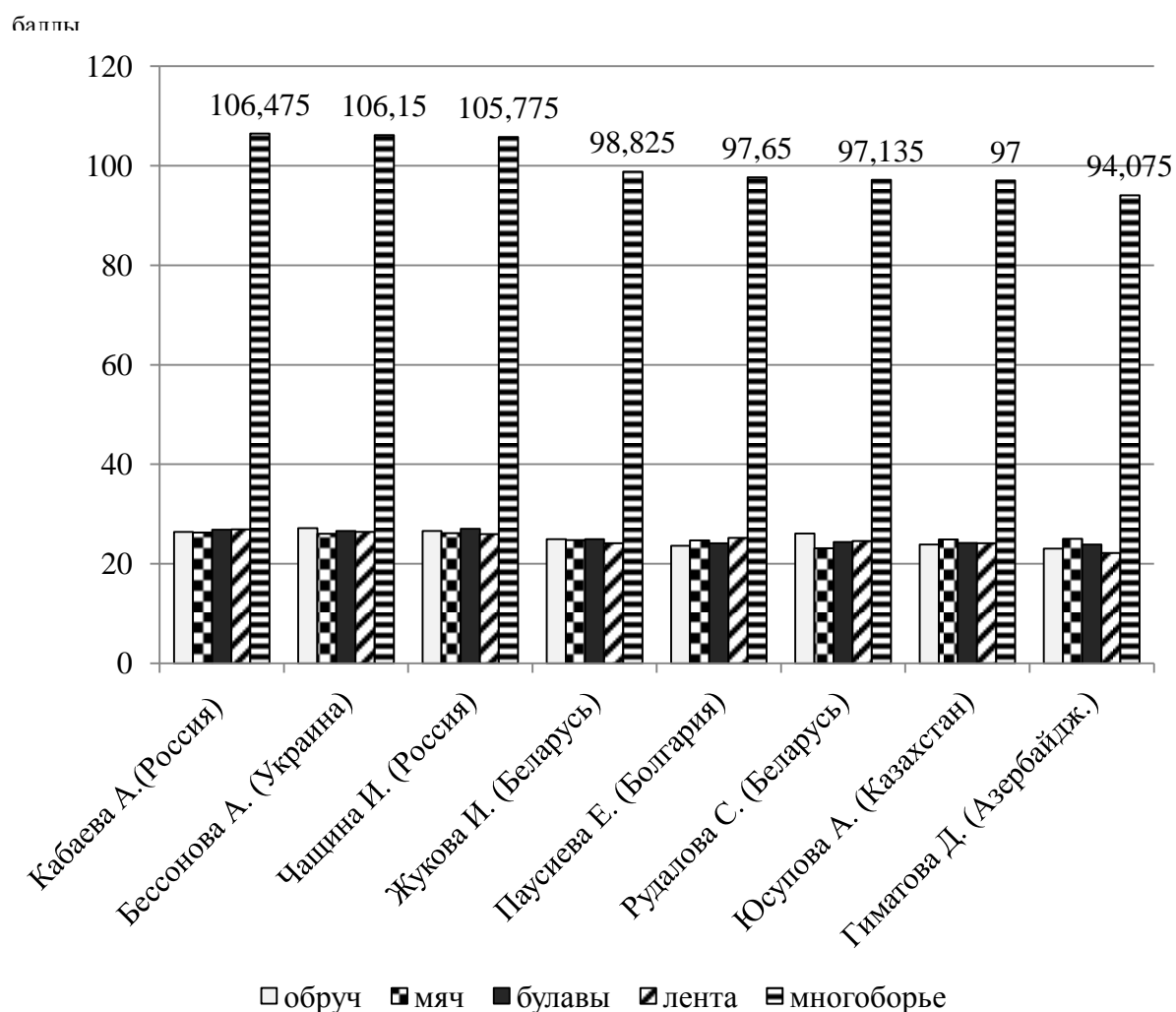


Рисунок 6 - Результаты финальных соревнований в многоборье на Чемпионате мира 2003 года по художественной гимнастике (г. Бухарест, Венгрия)

Так, если на Чемпионате Европы 2002 года в многоборье наблюдались различия менее, чем 0,5 балла только у финалисток, занявших 7 и 8 место, то на Чемпионате мира 2003 года минимальные различия были зафиксированы уже между 6 и 5 местами, 3 и 2 местами, 2 и 1 местами. Данная тенденция определила результаты и их плотность на соревнованиях по художественной гимнастике XXVIII Олимпиады в Греции (рисунок 7).

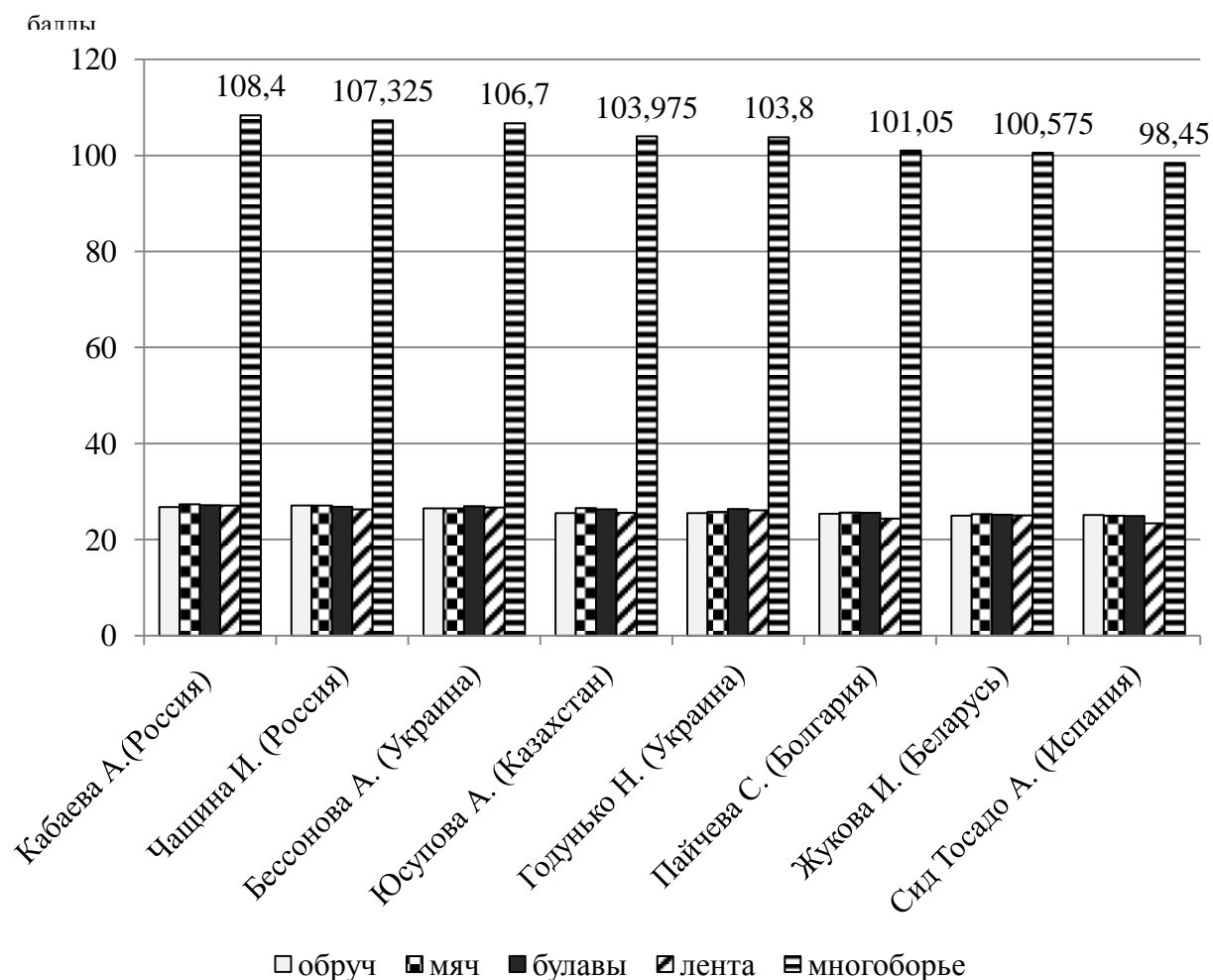


Рисунок 7 - Результаты финальных соревнований по художественной гимнастике в индивидуальном многоборье на Олимпийских играх 2004 года (г. Афины, Греция)

Анализ вклада отдельных компонентов исполнительского мастерства гимнасток в окончательную оценку за соревновательную программу в индивидуальном многоборье показал, что результаты призеров XXVIII Летних Олимпийских игр 2004 года определялись разными составляющими (рисунок 8). Так у чемпионки соревнований Алины Кабаевой преимущество в многоборье художественной гимнастики (108,400 балла) было обеспечено более высокими оценками за техничность (то есть за техническую ценность элементов, включенных в упражнение) во всех видах многоборья. И хотя её соперницы получили в некоторых спортивных дисциплинах более высокие

оценки за артистичность и исполнение, все же им не удалось подняться на высшую ступень пьедестала почета.

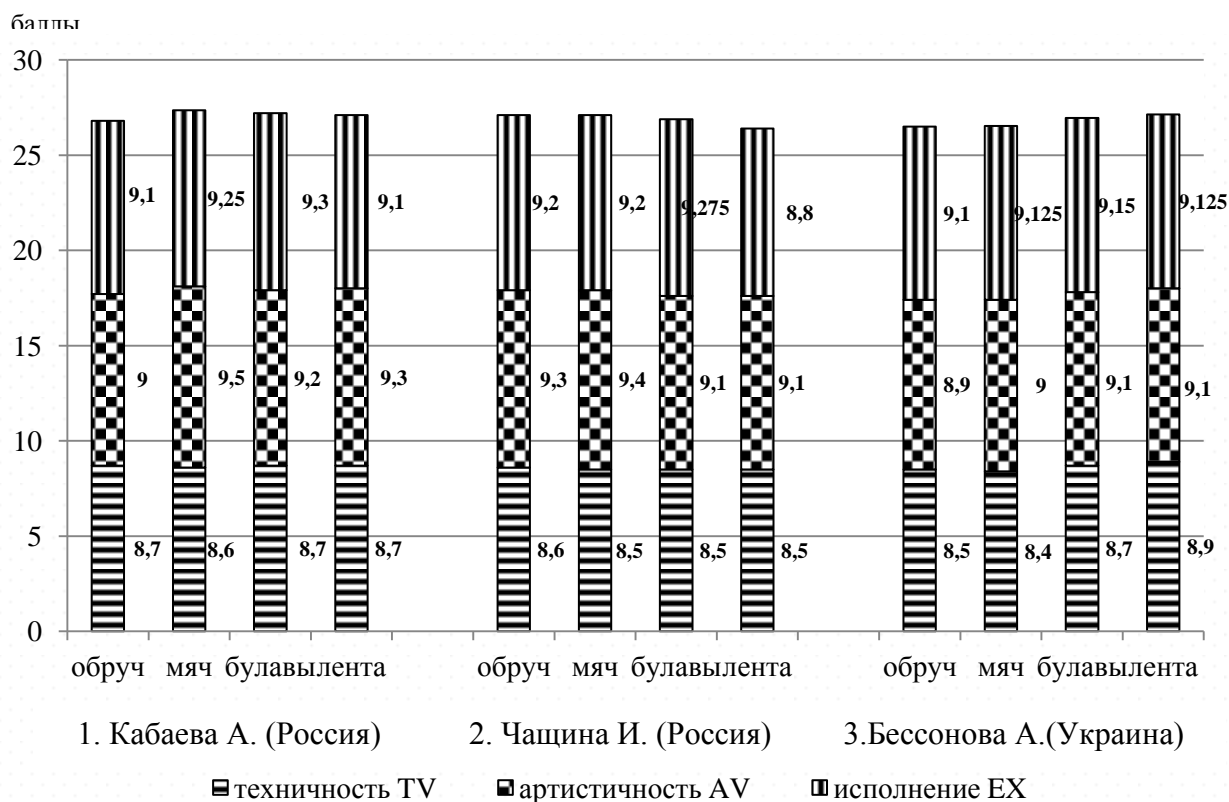


Рисунок 8 - Компоненты окончательной оценки исполнительского мастерства призеров в индивидуальном многоборье художественной гимнастики на XXVIII Летних Олимпийских играх 2004 года

Сопоставление вклада каждого компонента исполнительского мастерства в окончательную оценку за выступление позволило установить, что впервые примененная в этом олимпийском цикле отдельная оценка за техничность составила около 1/3 суммарной соревновательной оценки гимнасток. Однако, было выявлено, что между спортсменками-призерами, демонстрирующими в программах разные по содержанию и технической ценности элементы, расхождение в экспертных оценках за техничность («TV») составляло всего 0,2 балла. Данный факт указывал на весьма опасную тенденцию к снижению качества дифференцировки гимнасток и, следовательно, квалиметрической ненадежности применяемой экспертной оценки. Это подтверждают данные математической обработки результатов

финалисток наиболее значимых соревнований данного Олимпийского цикла (таблица 6).

Таблица 6 - Показатели плотности результатов сильнейших гимнасток в Олимпийском цикле 2001-2004 г.г.

№ п/п	Ранг соревнований	Вид многоборья (V, %)				Многоборье (V, %)
		обруч	мяч	булавы	лента	
1.	Чемпионат мира 2001г.	4,09	3,62	5,68	4,58	4,41
2.	Чемпионат Европы 2002 г.	3,26	3,68	3,70	4,70	3,45
3.	Чемпионат мира 2003 г.	6,18	4,17	5,31	6,11	4,93
4.	Олимпийские игры 2004 г.	3,14	3,25	3,21	4,84	3,43

Повышение техничности, артистичности и качества исполнения композиций спортсменок уменьшило их вариативность в группе финалисток. Учитывая, что сложность композиций как производная техничности элементов являлось наиболее конкретной характеристикой соревновательных программ гимнасток, можно предположить что, данный факт был обусловлен, в первую очередь, неточным определением ценности элементов разных структурных групп и в целом композиций согласно применяемой экспертами таблице трудности правил соревнований.

В следующем цикле соревнований 2005-2008 годов была изменена программа многоборья: вместо упражнения с обручем было введено упражнение со скакалкой, и опробована новая методика определения окончательных соревновательных оценок. Преимущество отдавалось оценке за исполнение, которая определялась из 10 баллов. А вот оценки за артистичность и техничность (которая стала называться трудностью – «Difficulty»), выставленные гимнасткам перед суммированием делились на коэффициент «2». Такой принцип определения результатов снизил общую оценку всех гимнасток, но не позволил улучшить качество дифференцировки

по исполнительскому мастерству для определения рейтинга спортсменок. Различия в оценках, как в отдельных соревновательных программах многоборья, так и в целом в многоборье были незначительны (рисунок 9).

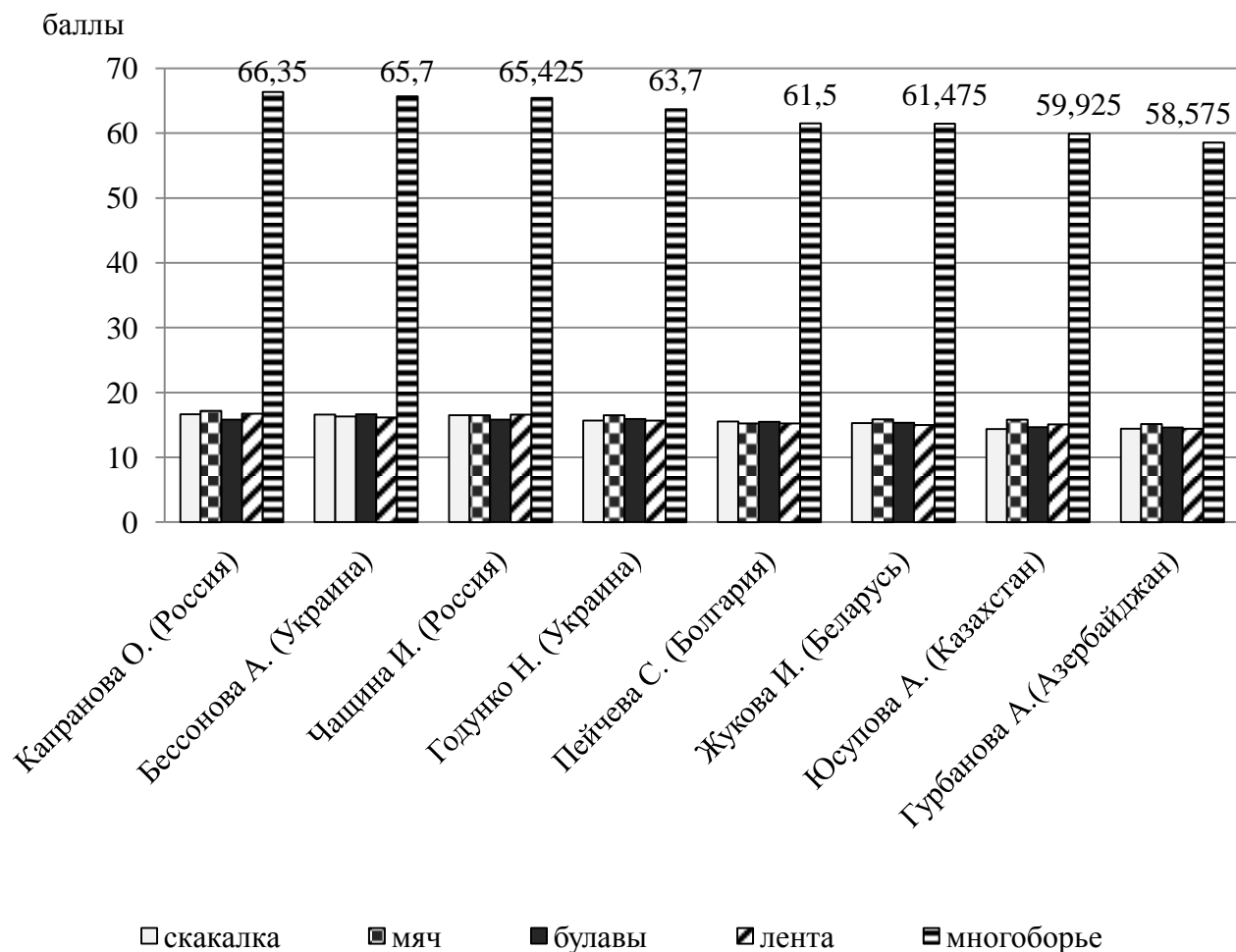


Рисунок 9 – Экспертные оценки исполнительского мастерства гимнасток на Чемпионате мира 2005 г. по художественной гимнастике (г. Баку, Азербайджан)

На Чемпионате мира 2005 года (Баку, Азербайджан) у призеров они составляли от 0,15 балла до 0,825 балла отдельных видах, а в индивидуальном многоборье 0,925 балла (таблица 7). Анализ вариативности показателей исполнительского мастерства финалисток индивидуального многоборья по художественной гимнастике показал высокую плотность выставленных экспертами оценок (коэффициент вариации от 4,3% до 5,9%).

Таблица 7– Экспертные оценки за исполнительское мастерство финалисток индивидуального многоборья Чемпионата мира 2005 года по художественной гимнастике (г. Баку, Азербайджан)

№ п/п	Ф.И./страна	Вид многоборья (баллы)				Много борье
		скакалка	мяч	булавы	лента	
1.	Капранова О. (Россия)	16,650	17,175	15,800	16,725	66,350
2.	Бессонова А.(Украина)	16,575	16,325	16,650	16,150	65,700
3.	Чащина И.(Россия)	16,500	16,500	15,825	16,600	65,425
4.	Годунко Н.(Украина)	15,650	16,475	15,900	15,675	63,700
5.	Пейчева С.(Болгария)	15,550	15,225	15,500	15,225	61,500
6.	Жукова И. (Беларусь)	15,275	15,875	15,325	15,000	61,475
7.	Юсупова А. (Казахстан)	14,350	15,800	14,675	15,100	59,925
8.	Гурбанова А.(Азербайд.)	14,425	15,150	14,600	14,400	58,575
V (%)		5,9	4,3	4,3	5,3	4,6

Повторный мониторинг данных показателей на Чемпионате мира 2007 года через два года (таблица 8) свидетельствовал об устойчивости данного признака для правил соревнований по художественной гимнастике, применяемых в данном олимпийском цикле.

Таблица 8 – Экспертные оценки за исполнительское мастерство финалисток индивидуального многоборья Чемпионата мира 2007 г. по художественной гимнастике (г. Петрас, Греция)

№ п/п	Ф.И./страна	Вид многоборья (баллы)				Много борье
		скакалка	мяч	булавы	лента	
1.	Бессонова А.(Украина)	18,475	18,650	18,375	18,450	73,950
2.	Сессина В. (Россия)	18,450	18,400	18,350	18,700	73,900
3.	Капранова О. (Россия)	17,400	17,025	18,125	18,150	70,700
4.	Жукова И. (Беларусь)	17,100	17,25	17,725	17,100	69,175
5.	Гараева А.(Азербайд.)	17,300	17,250	16,500	17,400	68,450
6.	Юсупова А. (Казахстан)	16,925	17,800	16,825	16,325	67,875
7.	Ризенсон И.(Израиль)	16,650	17,000	16,475	16,100	66,225
8.	Черкашина Л. (Беларусь)	16,525	17,050	16,275	16,200	66,050
V (%)		4,3	3,7	5,2	6,0	4,5



Плотность результатов, демонстрируемых спортсменками в многоборье, практически не изменилась ( $V = 4,5\%$ ), а разница в оценках первых двух призеров снизилась с 0,65 балла до 0,05 балла, а между бронзовым призером и гимнасткой, занявшей 8 место, - с 6,85 баллов до 4,65 баллов.

Результаты спортсменок на XXVIII Летних Олимпийских играх 2008 года в Пекине (таблица 9) подтвердили мнение специалистов по художественной гимнастике о необходимости поиска более объективных критериев оценивания компонентов исполнительского мастерства спортсменок.

Таблица 9 – Экспертные оценки за исполнительское мастерство финалисток индивидуального многоборья на XXVIII Летних Олимпийских играх 2008 года (г. Пекин, Китай)

№ п/п	Ф.И./страна	Вид многоборья (баллы)				Многоборье
		скакалка	мяч	булавы	лента	
1.	Канаева Е. (Россия)	18,850	18,850	18,950	18,850	75,500
2.	Жукова И. (Беларусь)	18,125	18,125	17,850	17,825	71,925
3.	Бессонова А.(Украина)	17,975	17,775	17,900	18,225	71,875
4.	Капанова О. (Россия)	18,200	18,500	16,950	18,050	71,700
5.	Юсупова А. (Казахстан)	17,825	17,625	17,650	16,700	69,800
6.	Гараева А.(Азербайд.)	17,750	18,075	17,225	16,625	69,675
7.	Годунько Н. (Украина)	16,700	17,500	17,525	17,125	68,850
8.	Сид Гостадо А. (Испан.)	17,000	17,000	17,150	16,950	68,100
V (%)		3,8	3,3	3,5	4,6	3,3

Так явно прослеживающийся прогресс в мастерстве исполнения технически сложных элементов в упражнениях ведущих спортсменок мира не нашел отражения в конечных результатах, а оценки артистичности и трудности фактически уравнивались.

В цикле соревнований 2009 - 2012 годов в очередной раз изменился подход к оцениванию мастерства спортсменок. В этот период Техническим Комитетом художественной гимнастики FIG было принято решение для

повышения объективности результатов специально не уменьшать оценки артистичности и трудности. Это привело к тому, что вновь результаты в многоборье стали определяться из трех равнозначных десятибалльных оценок, а суммарные результаты в многоборье стали превышать 100 балльную оценку. Оценки за исполнительское мастерство, показанные в многоборье ведущими спортсменками на Чемпионатах мира 2009, 2010 и 2011 годов (таблицы 10, 11,12) находились в пределах 105, 675 балла – 116,675 балла (2009 год и 2011 год, соответственно).

Таблица 10 – Экспертные оценки за исполнительское мастерство финалисток индивидуального многоборья на Чемпионате мира 2009 г. по художественной гимнастике (г. Мие, Япония)

№ п/п	Ф.И./страна	Вид многоборья (баллы)				Многоборье
		скакалка	обруч	мяч	лента	
1.	Канаева Е. (Россия)	28,650	28,550	28,150	28,500	113,850
2.	Кондакова Д.(Россия)	28,400	28,550	27,950	28,400	113,250
3.	Бессонова А.(Украина)	26,650	27,900	27,950	27,625	110,375
4.	Станюта М.(Беларусь)	27,225	27,300	27,425	27,100	109,050
5.	Митева С. (Болгария)	26,875	27,125	26,850	27,000	107,850
6.	Ризенсон И.(Израиль)	26,850	25,600	26,900	26,950	106,300
7.	Черкашина Л.(Беларусь)	26,600	26,650	26,550	26,400	106,200
8.	Гараева А.(Азербайд.)	25,550	26,900	26,900	26,325	105,675
V (%)		3,7	3,7	2,3	3,0	2,9

При этом разница в результатах многоборья у финалисток, занимающих 1-е и 8-е места в данный период соревнований, незначительно увеличиваясь на Чемпионате мира 2010 года, оставалась практически прежней к концу олимпийского цикла: 7,175 балла (2009 г.); 9,450 балла (2010 г.); 7,650 (2011 г.). В отдельных видах плотность оценок достигла своего максимума ( $V = 1,9\%$ ) на Чемпионате мира 2011 г. в упражнении с мячом, что указывала не только о высокой конкуренции, но и о необходимости поиска приемов более качественной дифференцировки гимнасток.

Таблица 11 – Экспертные оценки за исполнительское мастерство финалисток индивидуального многоборья на Чемпионате мира 2010 г. по художественной гимнастике (г. Москва, Россия)

№ п/п	Ф.И./страна	Вид многоборья (баллы)				Много борье
		скакалка	обруч	мяч	лента	
1.	Канаева Е. (Россия)	28,950	29,100	29,350	28,850	116,250
2.	Кондакова Д.(Россия)	28,675	28,750	28,000	28,400	113,825
3.	Станюта М.(Беларусь)	27,275	27,700	27,625	27,750	110,350
4.	Гараева А.(Азербайд.)	27,450	27,400	27,750	27,800	110,300
5.	Максименко А. (Украина)	27,125	27,400	27,175	27,250	108,950
6.	Митева С. (Болгария)	27,075	26,950	27,450	26,875	108,350
7.	Алубаева А.(Казахстан)	27,050	27,125	26,250	27,100	107,525
8.	Митрош Ж.(Польша)	26,800	26,650	26,700	26,650	106,800
V (%)		2,9	3,1	3,4	2,8	2,9

Таблица 12 – Экспертные оценки за исполнительское мастерство финалисток индивидуального многоборья на Чемпионате мира 2011 г. по художественной гимнастике(г. Монпельер, Франция)

№ п/п	Ф.И./страна	Вид многоборья (баллы)				Много борье
		обруч	мяч	булавы	лента	
1.	Канаева Е. (Россия)	29,200	28,550	29,400	29,500	116,650
2.	Кондакова Д.(Россия)	29,450	28,500	29,350	29,300	116,600
3.	Гараева А.(Азербайд.)	28,175	27,700	28,125	28,450	112,450
4.	Черкашина Л.(Беларусь)	27,900	28,200	28,000	28,100	112,200
5.	Максименко А. (Украина)	28,350	27,425	28,050	27,750	111,575
6.	Станюта М.(Беларусь)	26,950	27,725	27,925	27,650	110,250
7.	Митева С. (Болгария)	25,600	28,325	28,350	27,950	109,000
8.	Митрош Ж.(Польша)	27,400	27,125	27,350	27,125	109,000
V (%)		4,5	1,9	2,5	2,9	2,7

Анализ оценок в каждом виде соревнований позволил выявить сильные и слабые стороны подготовленности спортсменок, а также проследить динамику результативности их выступлений в четырех видах индивидуального многоборья. Для этого было осуществлено детальное рассмотрение компонентов суммарных экспертных оценок – «D», «A», «E».

Анализ «вклада» трех компонентов (рисунок 10), определяющих окончательный результат призеров чемпионатов мира в многоборье, показывает, что экспертная оценка артистичности, являющаяся наиболее субъективной и не имеющая в правилах соревнований этого цикла достаточно четких критериев оценивания, оказывается более высокой и во многом предопределяет рейтинг спортсменок. На наш взгляд, это не соответствует принципам спорта вообще, так как принижается ценность достижений гимнасток в овладении все более сложными элементами и манипуляциями предметами, а также в техническом мастерстве их исполнения.

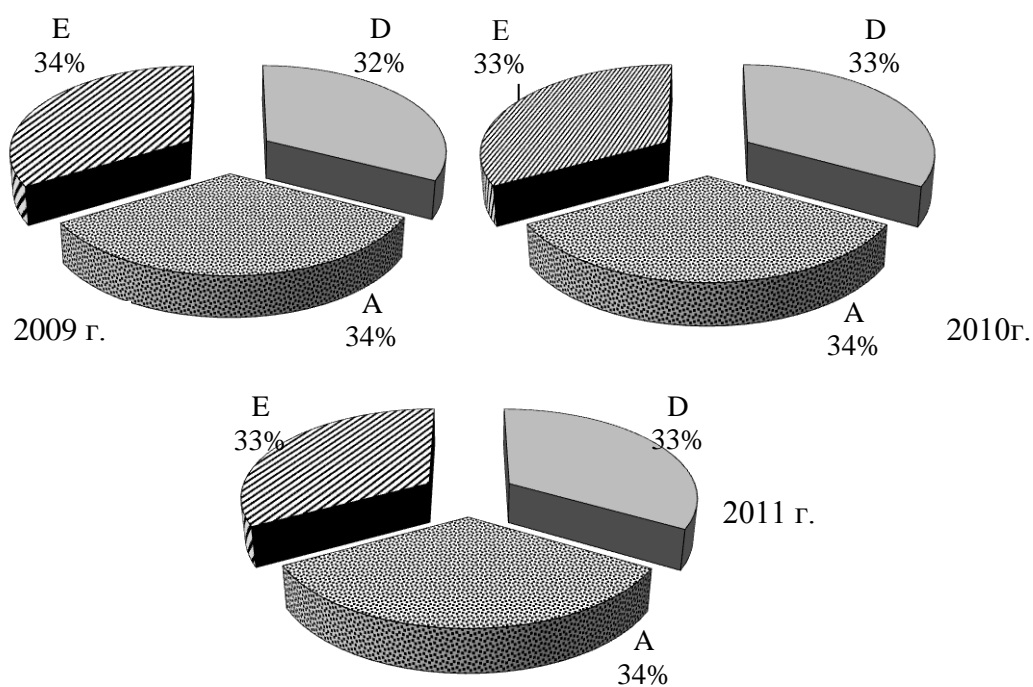


Рисунок 10 - Вклад оценок артистичности (А), трудности (D) и исполнения (E) в оценку многоборья призеров Чемпионатов мира 2009 - 2011 г.г.

Анализ среднестатистических оценок за сложность соревновательных программ (D) призеров Чемпионатов мира 2009, 2010 и 2011 годов (таблица 13) показал наличие тенденции на их увеличение и стабилизацию.

Таблица 13 - Экспертные оценки за исполнительское мастерство призеров в отдельных видах многоборья Чемпионатов мира 2009,2010 и 2011 годов по художественной гимнастике

Место	Вид	2009				2010				2011			
		Экспертные оценки (баллы)											
		D	A	E	Σ	D	A	E	Σ	D	A	E	Σ
1	Скакалка	9,350	9,700	9,600	28,650	9,550	9,800	9,600	28,950	-	-	-	-
	Обруч	8,900	9,650	9,600	28,150	8,750	9,900	9,700	28,350	9,600	9,900	9,700	29,200
	Мяч	9,250	9,700	9,600	28,550	9,700	9,800	9,600	29,100	9,100	9,750	9,700	28,550
	Булавы	-	-	-	-	-	-	-	-	9,900	9,800	9,700	29,400
	Лента	9,450	9,600	9,450	28,500	9,550	9,700	9,600	28,850	9,900	9,900	9,700	29,500
	M <sup>1</sup>	9,238	9,663	9,563	28,463	9,388	9,800	9,630	28,813	9,625	9,838	9,700	29,163
2	Скакалка	8,450	9,500	9,450	27,400	9,550	9,700	9,425	28,680	-	-	-	-
	Обруч	9,000	9,450	9,500	27,950	9,300	9,550	9,200	28,050	9,950	9,800	9,700	29,450
	Мяч	9,500	9,500	9,500	28,500	9,600	9,650	9,500	28,750	9,350	9,800	9,500	28,650
	Булавы	-	-	-	-	-	-	-	-	9,850	9,800	9,700	29,350
	Лента	9,500	9,500	9,400	28,400	9,450	9,550	9,400	28,400	9,900	9,800	9,600	29,300
	M <sup>2</sup>	9,113	9,488	9,463	28,063	9,475	9,613	9,381	28,470	9,763	9,800	9,625	29,188
3	Скакалка	8,450	9,350	8,850	26,650	9,200	9,250	8,825	27,280	-	-	-	-
	Обруч	9,250	9,550	9,400	28,200	9,225	9,350	9,050	27,625	9,375	9,450	9,350	28,180
	Мяч	9,300	9,300	9,300	27,900	9,300	9,250	9,150	27,700	9,100	9,400	8,250	26,750
	Булавы	-	-	-	-	-	-	-	-	9,425	9,450	9,250	28,125
	Лента	9,225	9,300	9,400	27,930	9,300	9,350	9,100	27,750	9,600	9,550	9,300	28,450
	M <sup>3</sup>	9,056	9,375	9,238	27,670	9,256	9,300	9,031	27,588	9,375	9,463	9,038	27,875
	M	9,135	9,508	9,421	28,065	9,373	9,571	9,346	28,28	9,588	9,700	9,454	28,742
	m	0,290	0,110	0,126	0,416	0,194	0,188	0,234	0,508	0,265	0,158	0,278	0,625
	V (%)	4,0	1,5	2,2	2,0	2,7	2,4	2,9	2,1	3,3	1,9	4,4	2,8

Произошло изменение показателей с 9,135 - 9,373 балла до 9,588 балла, дающее основание утверждать, что сильнейшие спортсменки при подготовке к главному старту четырехлетия - Олимпийским играм старались максимально усложнить свои соревновательные программы и добиться выполнения элементов на таком качественном уровне, который дает им право иметь техническую ценность. Однако это происходило не всегда последовательно во всех видах многоборья. Так в упражнении с булавами техническая ценность упражнения чемпионки в 2009 и 2010 годах была ниже, чем у остальных призеров, а преимущество достигалось за счет компонентов «А» и «Е». И только в 2011 году техническая ценность в данном виде возрасла практически до максимально возможной величины – 9,9 балла. При этом плотность показателей технической ценности программ призеров в видах многоборья к концу олимпийского цикла, предопределяющая возможность дифференцировки гимнасток по уровню исполнительского мастерства, увеличилась.

Следует отметить, что дифференцировка элементов различной сложности, представленная в таблицах технической ценности, оставалась несовершенной, так как не учитывались биомеханические особенности техники их выполнения, и экспертами не дифференцировались разные по сложности элементы. Это приводило к тому, что гимнастки и тренеры при составлении соревновательных композиций в своем выборе останавливались на более легких для освоения и выполнения элементах, имеющих такую же ценность, как и более сложные. Такой подход к определению содержания композиции, приводил к тому, что соревновательные программы у разных по потенциальным возможностям спортсменок имели однотипный набор технических элементов. При этом индивидуальность и оригинальность содержания композиций отдельных гимнасток, связанная с выбором уникальных по технической сложности элементов, никак не отражалась на экспертных оценках, выставяемых судьями.

На Олимпийских играх 2012 года спортсменки спортивной сборной команды России по художественной гимнастике в индивидуальной программе лидировали (таблица 14). Но анализ результатов экспертных оценок подтвердил наличие тенденции, описанной ранее. Не смотря на увеличившуюся разницу в оценках за многоборье у призеров (до 5,2 балла), в отдельных видах результаты гимнасток имели высокую плотность, а возможность дифференцировки спортсменок по исполнительскому мастерству у судей была затруднена.

Таблица 14 – Экспертные оценки за исполнительское мастерство финалисток в соревнованиях индивидуального многоборья по художественной гимнастике на Олимпийских играх 2012 г. (г. Лондон, Великобритания)

№ п/п	Ф.И./страна	Вид многоборья (баллы)				Многоборье
		обруч	мяч	булавы	лента	
1.	Канаева Е. (Россия)	29,350	29,200	29,450	28,900	116,900
2.	Дмитриева Д.(Россия)	28,300	28,350	28,750	29,100	114,500
3.	Черкашина Л.(Беларусь)	28,100	28,100	27,525	28,075	111,700
4.	Гараева А.(Азербайд.)	27,925	27,825	27,575	28,250	111,575
5.	Сон Ен Жи (Корея)	28,050	28,325	26,750	28,350	111,475
6.	Максимова А.(Украина)	27,950	26,675	27,550	27,450	109,625
7.	Ривкин Н. (Израиль)	27,350	26,850	27,800	27,000	109,000
8.	Митева С. (Болгария)	27,450	27,100	26,750	27,650	108,950
V (%)		2,2	3,1	3,3	2,5	2,5

В процессе сравнительного анализа показателей технической ценности соревновательных программ призеров Чемпионатов мира и Олимпийских игр 2009 - 2012 годов (рисунок 11) было установлено, что максимальная сложность упражнений демонстрировалась гимнастками на соревнованиях в предолимпийском годовом цикле. Наиболее высокие оценки за сложность программ были выставлены экспертами на Чемпионате мира 2011 года в упражнениях с булавами и лентой. При этом, если плотность экспертных оценок финалисток в каждом из видов многоборья была максимально высокой, то различия в технической ценности композиций видов указывали

на отсутствие стабильности в демонстрации элементов в соревновательных программах многоборья.

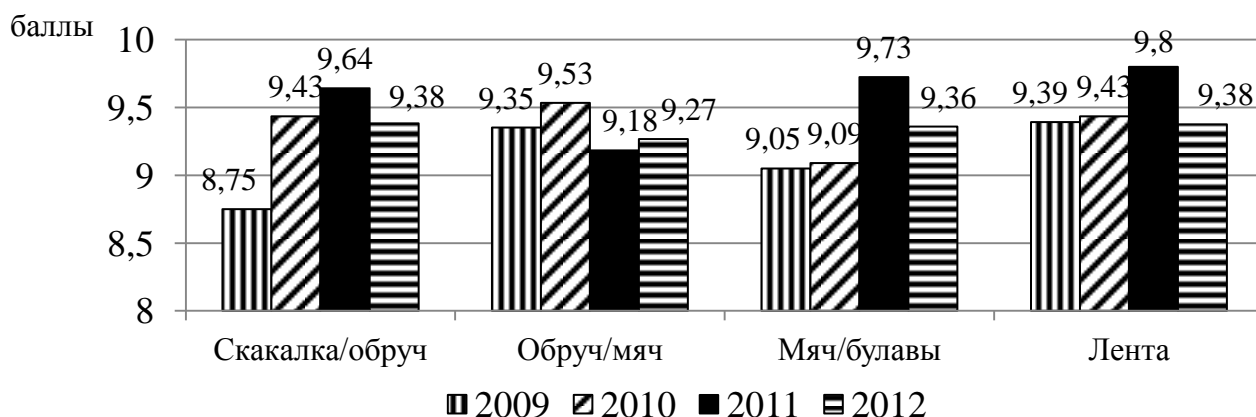


Рисунок 11 - Динамика среднестатистических оценок за техническую ценность соревновательных программ призеров в индивидуальном многоборье по художественной гимнастике Чемпионатов мира и Олимпийских игр 2009-2012 г.г.

Только на Олимпийских играх 2012 года эти различия были минимизированы, что привело к повышению однородности результатов, как в оценках многоборья каждой гимнастки, так и в целом оценок гимнасток финала многоборья. Таким образом, в Олимпийском цикле 2009 - 2012 годов возможности экспертов в точной дифференцировке спортсменок по уровню исполнительского мастерства уменьшились на 25%.

Необходимость поиска путей объективизации экспертных оценок обусловило проведение целого ряда научных исследований в олимпийском цикле 2013-2016 годов. В соревнованиях этого цикла впервые была использована новая научно-обоснованная система оценки исполнительского мастерства гимнасток (Шишкова М. *Оценка компонентов исполнительского мастерства в художественной гимнастике*. СПб., 2011. 160 с.). Оценка в каждом виде соревнований стала осуществляться в соответствии с двумя обозначенными компонентами: «D» - трудность, «A+E» - артистические и технические ошибки. Максимально возможная оценка теперь составляла 20,000 баллов. Эта система оценивания была неоднократно апробирована на Чемпионатах мира 2013, 2014, 2015 годов (таблицы 15-17).



Таблица 15 – Экспертные оценки исполнительского мастерства и рейтинг финалисток Чемпионата мира 2013 года (г. Киев, Украина)

ранг	спортсменка, страна	Виды многоборья (баллы/место)											Оценка за многоборье	
		Обруч			Мяч			Булавы			Лента			
		D	E	Σ	D	E	Σ	D	E	Σ	D	E		Σ
1	Кудрявцева Я. (Россия)	9,300	9,233	18,533	9,350	9,200	18,550	9,400	9,300	18,700	9,050	9,033	18,083	73,866
		1			1			1			2			
2	Ризатдинова Г. (Украина)	9,300	9,166	18,466	9,150	9,100	18,250	8,875	9,100	17,975	9,250	9,100	18,350	73,041
		2			3			3			1			
3	Станюта М. (Беларусь)	8,950	9,000	17,950	9,050	9,066	18,166	9,100	9,100	18,200	8,900	9,000	17,900	72,166
		3			4			2			3			
5	Денг Сильвия (КНР)	9,000	8,900	17,900	8,750	8,700	17,450	8,950	8,966	17,16	8,800	8,308	17,108	70,374
		4			8			4			8			
5	Сон Ен Жи (Корея)	8,950	8,833	17,783	8,850	8,833	17,83	8,550	8,800	17,350	8,750	8,766	17,516	70,332
		7			5			5			6			
6	Мамун М. (Россия)	8,800	9,033	17,833	9,250	9,100	18,350	8,600	8,666	17,266	8,275	8,566	16,740	70,290
		6			2			6			9			
7	Максименко А. (Украина)	8,850	9,000	17,850	8,575	8,966	17,540	8,000	8,100	16,100	8,700	8,933	17,633	69,124
		5			6			15			4			
8	Фелоу В. (Греция)	8,500	8,600	17,100	8,600	8,633	17,233	8,050	8,266	16,316	8,900	8,733	17,633	68,282
		8			10			12			4			
9.	M (баллы)	8,956	8,971	17,927	8,947	8,950	17,921	8,691	8,787	17,383	8,828	8,805	17,620	70,934
10.	m (баллы)	0,183	0,145	0,292	0,253	0,171	0,408	0,391	0,332	0,681	0,197	0,212	0,374	1,567
11.	V (%)	2,9	2,2	2,5	3,3	2,3	2,7	5,7	4,8	5,1	3,2	3,0	2,9	2,7

Однако, анализ результатов соревновательной деятельности финалисток Чемпионатов мира показал, что, если в начале цикла оценки за сложность варьировали в пределах 9,4 - 8,0 баллов (Терехина Р.Н., Медведева Е.Н., Супрун А.А., Мальнева А.С., Кузьмина Н.И. Обоснование подхода к определению сложности элементов художественной гимнастики и их технической ценности // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 3 (121). С. 146–149), то в предолимпийском цикле (2015г.), повышаясь и сближаясь, оценки были в пределах 9,55 - 8,35 баллов.

Так средняя оценка за сложность соревновательной программы («D») во всех видах многоборья призеров Чемпионата мира -2013 составила 9,140 балла. В тоже время у чемпионки мира Кудрявцевой Я. (Россия) она соответствовала 9,275 балла, что было всего на 0,135 балла выше. При этом средняя оценка за исполнение (E) у призеров Чемпионата (2 и 3 места) соответствовала 9,117 балла, и это лишь на 0,158 балла было меньше, чем у чемпионки. Из этого следовало заключение о наличии минимальных различий в оценках за компоненты исполнительского мастерства «D» и «E» сильнейших гимнасток мира, равной значимости данных компонентов для достижения максимальной результативности выступлений и их взаимообусловленности всоревновательных композициях спортсменок (Терехина Р.Н., Винер-Усманова И.А., Крючек Е.С., Сахарнова Т.К., Пирожкова Е.А. Анализ результатов чемпионата мира по художественной гимнастике в Киеве // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2013. № 10 (104). С. 167–170).

Чемпионат мира 2014 года (таблица16) показал, что изменения, внесенные в правила соревнований в текущем олимпийском цикле, стимулировали, в первую очередь, совершенствование компонента «E». Независимо от места занятого в финале и вида многоборья, большинство гимнасток (72%) имели оценку за данный компонент выше.

Результативность выступлений призеров в каждом из видов многоборья была выше, чем у остальных финалисток, а средние оценки соответствовали «D» - 9,213 и «E» - 9,307 балла.

Таблица 16 – Экспертные оценки исполнительского мастерства финалисток Чемпионата мира 2014 года (г. Измир, Турция)

ранг	Ф.И., страна	Обруч		Мяч		Булавы		Лента		Многоборье
		D	E	D	E	D	E	D	E	
		Σ		Σ		Σ		Σ		
1.	Кудрявцева Я. (Россия)	9,500	9,500	9,400	9,400	9,450	9,466	9,250	9,300	75,266
		19,000 (1)		18,800 (1)		18,916 (1)		18,550 (2)		
2.	Мамун М. (Россия)	9,100	9,216	9,300	9,300	9,250	9,200	9,450	9,333	74,149
		18,316 (2)		18,600 (2)		18,450 (2)		18,783 (1)		
3.	Ризатдинова Г. (Украина)	9,100	9,066	8,650	9,700	9,100	9,100	9,000	9,100	72,449
		18,066(3)		17,360 (6)		18,200 (3)		18,100 (3)		
4.	SONYeon J. (Корея)	8,950	9,000	8,850	8,833	8,800	9,000	8,900	8,933	70,933
		17,950 (5)		17,683 (5)		17,800 (4)		17,833 (4)		
5.	Денг С. (КНР)	8,800	9,000	8,400	8,800	8,550	8,900	8,450	8,866	69,766
		17,800 (6)		17,200 (8)		17,450 (6)		17,316 (6)		
6.	Дурунда М. (Азербайдж.)	8,700	8,800	8,700	8,866	8,800	8,866	8,100	8,733	69,565
		17,500 (7)		17,566 (4)		17,666 (5)		16,833 (12)		
7.	Станюта М. (Беларусь)	8,900	9,100	8,600	8,666	7,950	8,700	8,600	8,966	69,482
		18,000 (4)		17,266 (7)		16,650 (13)		17,566 (5)		
8.	Галкина К. (Беларусь)	8,300	8,866	8,550	8,833	8,400	8,900	8,150	8,700	68,699
		17,166 (11)		17,383 (5)		17,300 (9)		16,850 (10)		
9.	M (баллы)	8,919	9,069	8,806	9,050	8,788	9,017	8,738	8,991	71,290
		17,975		17,732		17,804		17,729		
10.	m (баллы)	0,244	0,153	0,283	0,313	0,366	0,179	0,413	0,19	2,000
		0,371		0,484		0,539		0,588		
11.	V(%)	3,9	2,4	4,1	4,1	5,5	2,6	5,6	2,6	3,4
		3,0		3,5		3,9		4,1		

На Чемпионате мира 2015 года отмечалось значительное увеличение количества одинаковых экспертных оценок за соревновательные программы спортсменок, имеющих разную техническую подготовленность и демонстрирующих разный уровень мастерства. Однако, стали призерами в абсолютном первенстве гимнастики, которые одинаково успешно выступали во всех видах многоборья и имели практически равнозначные оценки за компоненты «D» и «E» (таблица 17).

Средняя оценка технической ценности соревновательных программ («D») призеров Чемпионата мира 2015 года незначительно повысившись, составила 9,250 балла (+0,037 балла), а оценка за исполнительское мастерство («E») - 9,323 балла (+0,016).

Таблица 17 – Экспертные оценки исполнительского мастерства финалисток Чемпионата мира 2015 года (г. Штутгарт, Германия)

ранг	Ф.И., страна	Обруч		Мяч		Булавы		Лента		Много борье
		D	E	D	E	D	E	D	E	
		Σ		Σ		Σ		Σ		
1.	Кудрявцева Я. (Россия)	9,500	9,500	9,550	9,560	9,500	9,500	9,250	9,266	75,632
		19,000(1)		19,116(1)		19,000(1)		18,516(1)		
2.	Мамун М. (Россия)	9,450	9,300	9,500	9,466	9,500	9,500	8,950	9,100	74,766
		18,750(2)		18,966(2)		19,000(1)		18,050(3)		
3.	Ризатдинова Г. (Украина)	9,200	9,200	8,950	8,833	8,900	9,133	8,750	9,166	72,132
		18,400 (3)		17,783 (6)		18,033 (5)		17,916 (4)		
4.	SONYeon J. (Корея)	9,050	9,133	8,850	8,900	9,050	9,033	8,800	8,966	71,782
		18,183 (4)		17,750 (7)		18,083(4)		17,766 (5)		
5.	Денг С. (КНР)	8,600	9,075	9,250	9,300	9,100	7,933	9,050	9,233	71,541
		17,675 (9)		18,550 (3)		17,033(21)		18,283 (2)		
6.	Дурунда М. (Азербайдж.)	8,900	9,033	8,950	9,033	8,750	9,033	8,800	8,900	71,399
		17,933 (6)		17,983 (4)		17,783 (7)		17,700 (6)		
7.	Станюга М. (Беларусь)	8,900	9,000	8,800	9,033	8,950	8,975	8,350	8,966	70,974
		17,900 (7)		17,833 (5)		17,925 (6)		17,316 (13)		
8.	Галкина К. (Беларусь)	8,800	8,833	8,800	8,800	8,800	8,833	8,750	8,800	70,416
		17,633 (10)		17,600 (11)		17,633 (8)		17,550 (9)		
9.	M (баллы)	9,050	9,134	9,081	9,116	9,069	8,993	8,838	9,050	72,330
		18,184		18,198		18,061		17,887		
10.	m (баллы)	0,250	0,149	0,264	0,245	0,223	0,309	0,184	0,142	1,434
		0,399		0,510		0,475		0,304		
11.	V(%)	3,5	2,2	3,4	3,2	3,2	5,5	2,9	1,8	2,6
		2,7		3,3		3,7		2,2		

Математический анализ оценок за компоненты исполнительского мастерства финалисток Чемпионатов мира и Европы по художественной гимнастике 2013 - 2016 годов (рисунок 12) позволил установить увеличение плотности результатов к последнему старту перед Олимпийским Играмми в Рио де Жанейро с 3,1% до 2,4% в компоненте «D» и с 2,5% до 1,9% в компоненте «E». Из чего следовало, что финалистами и победителями Олимпийских Игр станут, прежде всего, те гимнастки, которые наиболее стабильно смогут в квалификационных и финальных соревнованиях выполнить композицию и продемонстрировать качественно всю запланированную техническую ценность.

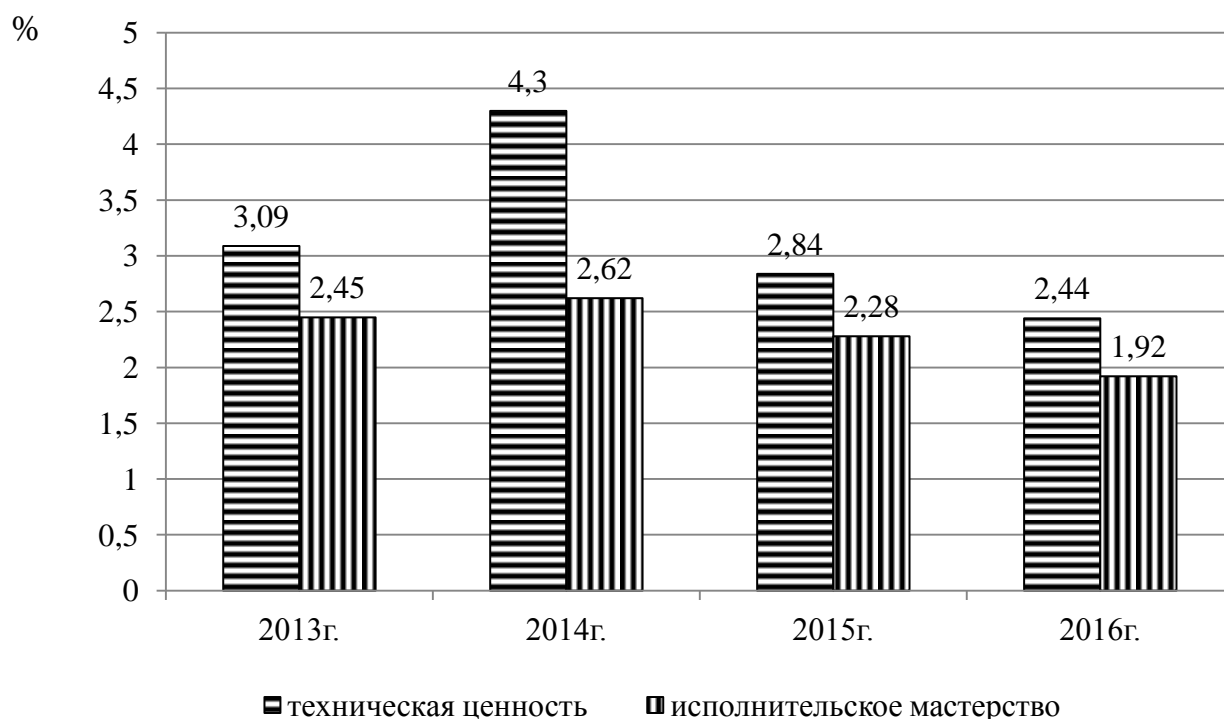


Рисунок 12 – Плотность экспертных оценок за компоненты исполнительского мастерства финалисток Чемпионатов мира и Европы по художественной гимнастике 2013-2016 годов (V, %)

Результаты главных соревнований завершающего олимпийского цикла (Олимпийских Игр 2016 года) подтвердили верность сделанного предположения (таблица 18). Олимпийской чемпионкой стала М.Мамун (Россия), которая выполнила стабильно без потерь предмета, в отличие от Я.Кудрявцевой, свои соревновательные комбинации. Средняя оценка за вид многоборья у чемпионки составила 19,12 балла при минимальной вариативности 0,5%. При этом, если разница в оценках за многоборье у российских спортсменок составляла 0,875 балаа, то между 2 и 3 местами она была почти в 2,5 раза больше – 2,025 балла.

Несмотря на то, что между оценками бронзового призера в многоборье художественной гимнастики и спортсменкой, занявшей 8 место, по сравнению с предыдущей Олимпиадой различия увеличились на 0,884 балла, плотность результатов остальных семи финалисток оставалась очень высокой:  $V = 3,2\%$ . Это указывало на отсутствие у экспертов возможности на

основе действующих правил соревнований (как и предыдущих версий) выделять и стимулировать проявление спортивной индивидуальности гимнасток, с высокой степенью точности определять и оценивать уровень их мастерства.

Таблица 18 – Экспертные оценки исполнительского мастерства финалисток Олимпийских игр 2016 года (г. Рио де Жанейро, Бразилия)

ранг	Ф.И., страна	Обруч		Мяч		Булавы		Лента		Многоборье
		D	E	D	E	D	E	D	E	
		Σ		Σ		Σ		Σ		
1.	Мамун М. (Россия)	9,550	9,500	9,650	9,500	9,550	9,500	9,700	9,533	76,483
		19,050 (2)		19,150 (2)		19,050 (1)		19,233 (2)		
2.	Кудрявцева Я. (Россия)	9,700	9,525	9,650	9,600	8,700	9,183	9,650	9,600	75,608
		19,225(1)		19,250 (1)		17,883 (5)		19,250 (1)		
3.	Ризатдинова Г. (Украина)	9,100	9,100	9,250	9,200	9,250	9,200	9,250	9,233	73,583
		18,200 (4)		18,450 (3)		18,450 (2)		18,483 (3)		
4.	SONYeon J. (Корея)	9,150	9,066	9,200	9,066	9,200	9,100	9,150	8,966	72,898
		18,216 (3)		18,266 (4)		18,300 (3)		18,116 (4)		
5.	Станюта М. (Беларусь)	9,000	9,200	9,050	9,200	8,400	8,233	8,850	9,200	71,133
		18,200 (4)		18,250 (5)		16,633 (10)		18,050 (5)		
6.	Галкина К. (Беларусь)	9,000	8,966	9,000	8,966	8,750	8,900	8,650	8,700	70,932
		17,966 (6)		17,966 (6)		17,650 (8)		17,350 (7)		
7.	Владинова Н. (Болгария)	9,050	8,833	9,050	8,700	9,150	8,900	8,550	8,500	70,733
		17,883 (7)		17,750 (7)		18,050 (4)		17,050 (8)		
8.	Родригес К. (Испания)	8,750	8,866	8,750	8,933	8,800	8,900	8,500	8,450	69,949
		17,616 (9)		17,683 (8)		17,700 (7)		16,950 (9)		
9.	M (баллы)	9,163	9,132	9,200	9,146	8,975	8,990	9,038	9,023	72,665
		18,295		18,346		17,965		18,060		
10.	m (баллы)	0,231	0,207	0,238	0,229	0,313	0,256	0,400	0,369	1,978
		0,422		0,453		0,498		0,710		
11.	V(%)	3,4	2,9	3,4	3,2	4,2	4,1	5,3	4,9	3,3
		3,1		3,2		3,9		5,0		

Жесткие требования правил соревнований, связанные с необходимостью демонстрации элементов только из таблицы трудности, которая не имела логической и научно-обоснованной технической ценности каждого элемента, сдерживали развитие художественной гимнастики в соответствии с принципами Олимпизма. Причем не зависимо от версии правил соревнований каждого последующего олимпийского цикла

результативность дифференцировки гимнасток по уровню исполнительского мастерства не улучшалась (рисунок 13).

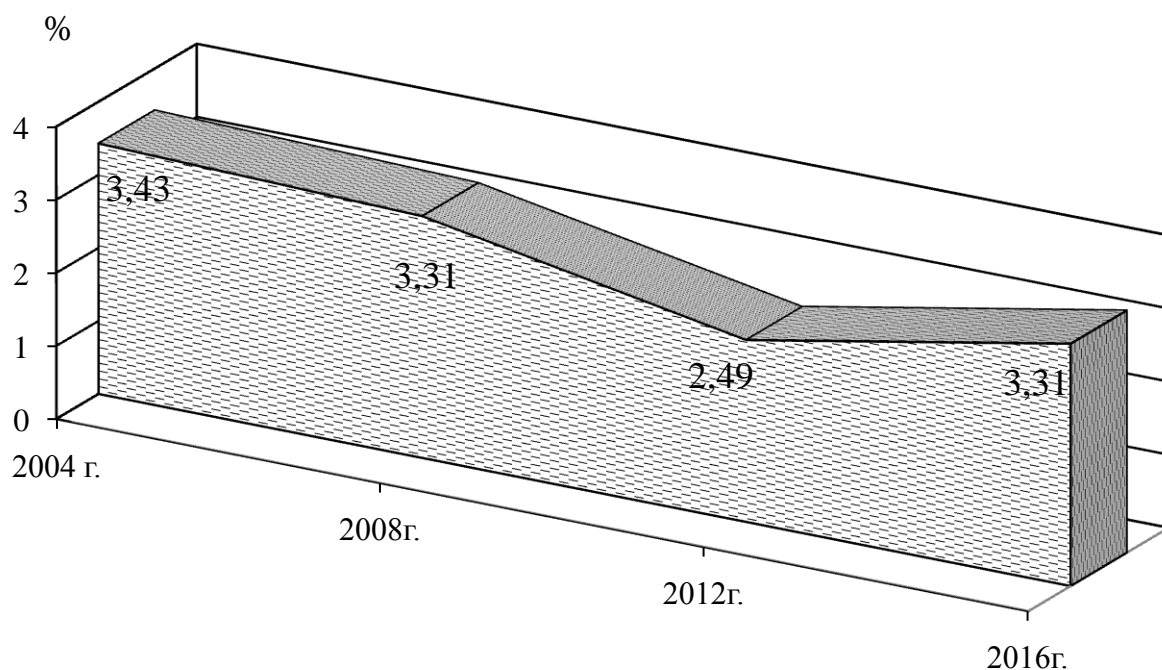


Рисунок 13 - Показатели плотности результатов спортсменок в финале индивидуального многоборья по художественной гимнастике на Олимпийских Играх 2004, 2008, 2012, 2016 годов (V, %)

Кроме этого, требования, предъявляемые к соответствию содержания и порядка выполняемых элементов соревновательной программы записи официальной индивидуальной карточки, ограничивали спортсменок, как творческом, так и в спортивном проявлении своей индивидуальности. Фактически действующие правила соревнований определяли наличие в упражнениях спортсменок конкретных элементов структурных групп и максимально допустимое количество элементов соревновательной программы. Это противоречило общепринятому мнению специалистов о том, что выбор элементов и их количество в каждом виде многоборья обусловлено специфическими способностями гимнасток, уровнем их специальной физической и технической подготовленности. Ограничение рамками таблицы сложности и разнообразия технических действий привело к

тому, что многие красивые и эффектные элементы исчезли из спортивной практики вообще, а соревновательные программы большинства сильнейших гимнасток мира не соответствуют законам композиции.

Осуществив анализ соответствия индивидуальных соревновательных программ участниц Чемпионата мира в Измире (2014 г.), Чемпионата мира в Штутгарте (2015 г.) и Олимпийских Игр в Рио де Жанейро (2016 г.) требованиям, предъявляемым правилами к компоненту «Исполнение», было установлено, что только 23,76 % из них были составлены и выполнены гимнастками в соответствии с законами композиции (*Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Винер-Усманова И.А. Анализ результатов Чемпионата мира по художественной гимнастике в Измире // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 10 (116). С. 128–132 ; Терехина Р.Н., Крючек Е.С., Медведева Е.Н., Айзятуллова Г.Р., Кузьмина Н.И. Модельные характеристики компонентов исполнительского мастерства гимнасток индивидуальной программы, выступающих в многоборье // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2015. № 1 (119). С. 109–113*). Наиболее часто встречающимися ошибками в композиционном построении индивидуальных соревновательных программ являются отсутствие идейного замысла (75 %) и логики построения (73 %). При этом выбор музыкального произведения в 63 % случаев не позволял создать яркую, запоминающуюся композицию, как из-за своей ординарности и примитивности, так и из-за чрезмерной сложности и возвышенности, требующих от гимнастки соответствующего проявления качеств и наличия арсенала средств двигательной выразительности, которыми она не обладала.

В процессе педагогических наблюдений было выявлено, что современные композиции ( $n = 200$ ) в своей основе имеют достаточно сложные, но однообразные движения. Статистический анализ структурных групп элементов тела (рисунок 14) показал, что сильнейшие гимнастки мира для создания композиции независимо от вида многоборья используют ограниченный и практический одинаковый арсенал движений.



Так в каждом виде индивидуального многоборья, из всего разнообразия зафиксированных правилами соревнований элементов структурной группы упражнений «Равновесия» в композициях гимнасток применяется только девять. В процессе конструирования композиций предпочтение отдавалось только трем основным элементам: боковое «панше», переворот назад в заднее «панше» и заднее «панше», переднее «панше».

В структурной группе «Повороты» общее количество применяемых элементов такое же, как и в равновесиях при наличии трех наиболее значимых: поворот в аттетюде, поворот в наклоне нога назад в шпагат, поворот, прогнувшись с захватом ноги сзади («в затяжку»).

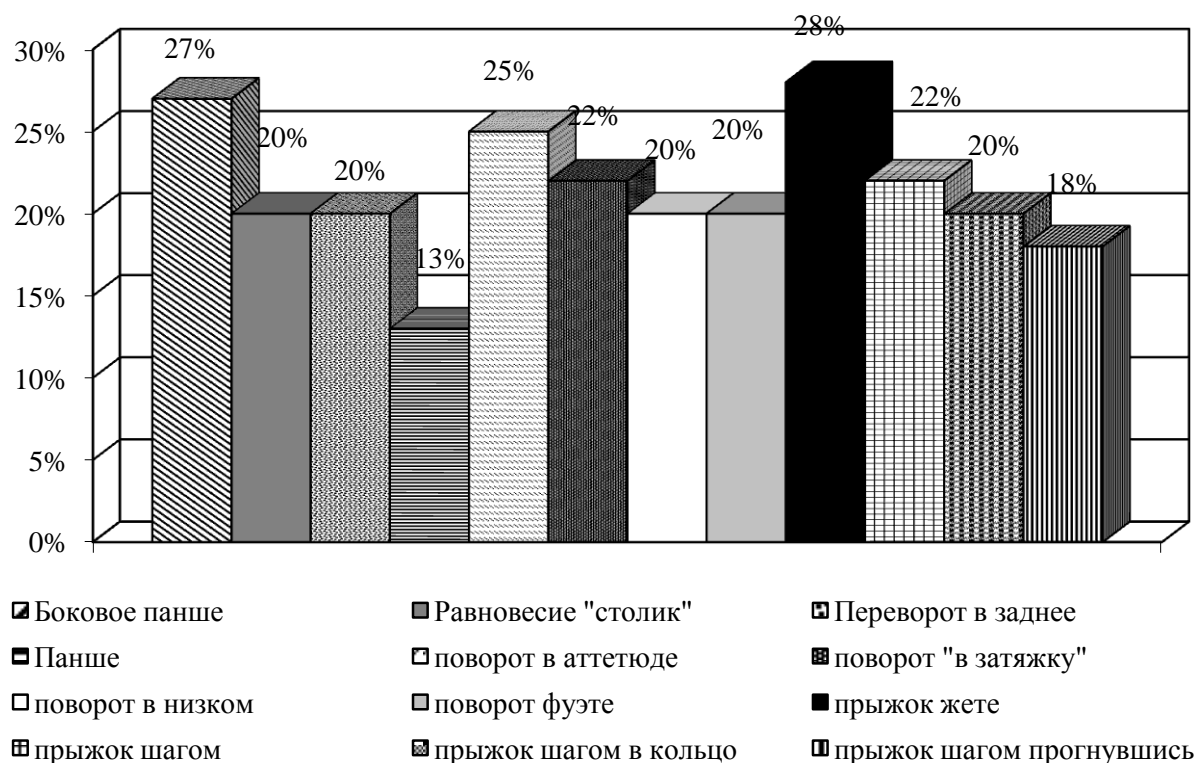


Рисунок 14 - Общая статистика наиболее применяемых элементов структурных групп художественной гимнастики в соревновательных программах индивидуального многоборья

В прыжках наблюдается еще большее однообразие в выборе элементов. Основными элементами данной структурной группы, используемыми

спортсменками для создания композиции не зависимо от мирового рейтинга, являются прыжок «жете», «жете в кольцо», «жете прогнувшись». Общее количество элементов данной структурной группы упражнений художественной гимнастики - пять.

При этом анализ технической структуры наиболее применяемых равновесий, поворотов, прыжков показал, что в основе их выполнения лежат всего 1-2 профилирующих элемента. Например, в поворотах - это только одноименный поворот, нога назад, а в прыжках – прыжок «жете». То есть, все гимнастки владеют одинаковым набором элементов, повторяющихся в комбинациях всех четырех видов многоборья. Можно констатировать, что соревновательные композиции, решающие задачу демонстрации двигательной индивидуальности каждой гимнастки, превращаются в программы с обязательным набором элементов, уравнивающих всех спортсменок. Все это не создает предпосылок для дальнейшего прогресса, как индивидуальных и групповых упражнений, так и в целом вида спорта.

Причиной этому, в первую очередь, является несовершенная технология экспертизы исполнительского мастерства, базирующейся на применении в правилах соревнований по художественной гимнастике ранжирования элементов структурных групп по технической ценности без всестороннего учета биомеханических закономерностей техники выполнения движений, обуславливающих их сложность и логику освоения в процессе многолетней тренировки.

Подтверждением этому являются результаты проведенного опроса. Установлено, что гимнастки и тренеры осваивают и включают в соревновательную программу, чаще всего, те элементы, которые удобно и выгодно (с точки зрения существующей ценности) выполнять (90%). В ходе анкетирования тренеров было выявлено, что выбор профилирующих элементов обусловлен, в первую очередь, возможностью их легкой модификации в элемент, имеющий более высокую техническую ценность. Стремление сократить сроки технической подготовки гимнасток становится

приоритетным, когда разнообразие и координационная сложность профилирующих элементов, требующие больших временных, физических, материальных затрат, не поощряются правилами соревнований.

Рассматривая соревновательные композиции с точки зрения технической ценности, неправомерно не учитывать специфику современной художественной гимнастики. В процессе своей эволюции художественная гимнастика доказала, что передать содержание и все нюансы музыкального произведения возможно только гармонично сочетая движения тела с работой предметом. Именно архитектоника больших и малых, быстрых и медленных, простых и сложных движений с предметом и без предмета в соответствии с музыкой позволяет создавать художественный образ. Однако анализ более двухсот соревновательных программ показал, что предмет, предоставляющий уникальные возможности для передачи характера и мелодического рисунка музыкального произведения, в большинстве случаев (76%) используется спортсменками только как, обусловленное правилами соревнований, «приложение» к элементам тела. Движения предметом выбираются рационально, минимально усложняя выполнение основного технического действия, имеющего ценность трудности. При этом гимнастками часто допускаются ассиметричные (преимущественно в одну сторону или одной стороной тела) движения и работа предметом (44%), преобладание ловли предмета двумя руками, «в остановку» или «в захват» (45%), недостаточная демонстрация мелкой моторики рук (56%). Одна из причин такого подхода то, что содержательность, динамичность, оригинальность и виртуозность двигательных действий без и с предметом в соответствии с правилами соревнований не являются истинными ценностями композиции художественной гимнастики. Это обуславливает для большинства спортсменок выбор движений, позволяющий, в первую очередь, надежно и без потерь выполнять соревновательную композицию. Можно было бы предположить, что большую функциональность в создании оригинальной и выразительной композиции, в таком случае, могут

приобретать элементы хореографии (танцевальные дорожки). Однако исследование показало, что высококвалифицированные спортсменки в 55% случаев их не используют, или используют их формально. Именно это не позволяет добиться слитности, целостности и законченности создаваемого гимнасткой двигательного образа, а соревновательные программы художественной гимнастики, преобретая рациональное построение, теряют свое смысловое предназначение.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на предпринимаемые в различные годы Техническим комитетом FIG попытки по совершенствованию правил соревнований, в их положениях всегда была велика доля субъективизма, и они не решали главной задачи правил - оценка исполнительского мастерства спортсменок на основе учета объективных характеристик.

Применение в художественной гимнастике субъективной измерительной системы – экспертной оценки создает проблему адекватной оценки исполнительского мастерства, в том числе технической ценности соревновательных программ гимнасток. Анализ эффективности экспертной оценки исполнительского мастерства спортсменок в художественной гимнастике последних четырёх олимпийских циклов указывает на низкое качество данного метода квалиметрии.

Существует весьма приблизительная оценка сложности элементов всех структурных групп, что является одной из причин неадекватного определения достижений в художественной гимнастике, ставит под сомнение истинность ранжирования спортсменок согласно уровню их исполнительского мастерства и нарушает естественный ход развития вида спорта.

Существующие требования к сложности соревновательной деятельности, как системообразующему фактору подготовки высококвалифицированных гимнасток, способных решать разнообразные по

сложности двигательные задачи, сдерживают процесс совершенствования возможностей спортсменок, и, следовательно, прогресс художественной гимнастики как олимпийского вида спорта. Попытка исключить некоторые элементы структурных групп из правил соревнований, уменьшить пределы границ применяемых элементов, объясняя их высокой сложностью и травмоопасностью, необъективный подход к определению технической ценности элементов приводят к снижению вариативности и сложности применяемых соревновательных средств, являющихся арсеналом для раскрытия индивидуального двигательного потенциала и демонстрации исполнительского мастерства гимнастки. В основе большинства композиций лежит одинаковый набор элементов структурной группы и однотипная работа предметом. Причиной этому является отсутствие объективных критериев измерения технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики.

Правила соревнований FIG должны быть основаны на корректном подходе к определению технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики, являющейся производной координационной сложности выполняемых движений. Только анализ и учет объективных биомеханических характеристик техники элементов структурных групп художественной гимнастики, выявление факторов сложности их выполнения, позволит дифференцировать элементы по сложности, ражировать по технической ценности и объективизировать экспертную оценку исполнительского мастерства спортсменок.

## ГЛАВА 4 ОБЪЕКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОБУСЛАВЛИВАЮЩИЕ СЛОЖНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНЫХ ГРУПП ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ГИМНАСТИКИ

Учитывая, что правила соревнований по художественной гимнастике должны обеспечивать выявление победителя, ранжирование участников соревнований относительно друг друга, направленность на повышение качества спортивной деятельности (высшие достижения), они должны содержать критерии оценки сложности, в полной степени учитывающие специфику вида спорта - художественной гимнастики и биомеханические закономерности двигательной деятельности.

Анализ классификаций физических упражнений позволил конкретизировать требования, предъявляемые к двигательной деятельности в художественной гимнастике и обуславливающие ее сложность (таблица 19). В соответствии с классификатором, ациклическая структура движений при умеренной мощности и тяжести нагрузок создают условия для разнообразия локомоций, как по уровню построения движений, так и по сложности координации. Это объясняет главную особенность и направление развития художественной гимнастики – совершенствование координационной сложности и артистичности соревновательных программ, являющейся производной координации движений.

Координация движений, прежде всего, содержит в себе критерий качества движений, их целесообразность, соответствие условиям, а степень ее необходимого проявления характеризует сложность выполнения двигательной задачи (Донской Д.Д. *Биомеханика физических упражнений. М. : Физкультура и спорт, 1960. 20 с.*). Именно этот синтез координационной сложности и качества исполнения должен быть заложен в Code FIG и определять дальнейшее развитие художественной гимнастики, а значит поощрять координационную сложность элементов на фоне качественного их

выполнения. Конкретизация критериев оценки координационной сложности элементов структурных групп - основная задача правил соревнований.

Таблица 19 - Классификация упражнений художественной гимнастики

№ п/п	Классификатор	Характеристика упражнений
1	Биомеханическая структура движения	Ациклические: равновесия, повороты, прыжки, акробатические элементы
2	Преимущественно проявляемые физические качества и способности	Координация движений, гибкость, сила, быстрота, выносливость.
3	Режим деятельности скелетных мышц	Статические, динамические
4	Относительная мощность	Умеренная
5	Уровень построения движений (Н. А. Бернштейн)	Движения, осуществляемые на I уровне («автоматы»), II, III, IV (высший уровень) и их сочетания.
6	Сложность координации	I степень – симметричные и односторонние, II степень – перекрестные, III степень – поочередные, IV степень – асинхронные.
7	Степень вовлеченности мышечных групп	Локальные (до 1/3), региональные (до 2/3), глобальные (>2/3)
8	Взаимоотношения с внешним сопротивлением	Преодолевающий, уступающий, статический режим работы мышц
9	Преобладающий энергетический режим	Смешанный
10	Вид локомоций	Комбинированный: ногами, руками, туловищем и в различных сочетаниях
12	Доминирующая психофизиологическая характеристика	Проявление координации движений под музыку
13	По тяжести нагрузок	Умеренные нагрузки

#### 4.1 Обоснование критериев оценки сложности равновесий художественной гимнастики

Сложность сохранения статических равновесий в художественной гимнастике обусловлена, в первую очередь, условиями и содержанием их выполнения. Характеристиками последних являются биомеханические

параметры движения, обуславливающие устойчивость, координационную сложность, степень проявления физических качеств.

Равновесие механической системы под воздействием приложенных к ней сил – это такое состояние, при котором координаты всех точек системы постоянны (неизменны во времени) по отношению к неподвижной системе отсчета (Кичайкина Н.Б., Козлов И., Коблев Я., Самсонова А.В. *Биомеханика физических упражнений. Майкоп : Изд-во Адыгейского гос. ун-та, 2000. С. 4–5, 41–42).*

Исследования функции равновесия (Бирюк Е.В., Болобан В.Н. *Характеристика динамического равновесия у спортсменов, занимающихся художественной гимнастикой // Теория и практика физ. культуры. 1972. № 6. С. 17–21 ; Болобан В.Н. Система обучения движениям в сложных условиях поддержания статодинамической устойчивости : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. Киев, 1990. 45 с. ; Винер И.А. Подготовка высококвалифицированных спортсменов в художественной гимнастике. СПб., 2003. 120 с. ; Гугин А.А. Совершенствование функции равновесия // Физическая культура в школе. 2000. № 1. С. 43–45 ; Каль М. Воспитание функции равновесия // Теория и практика физ. культуры, 2005. № 3. С. 62–63 ; Павлова Е.В. Совершенствование системы спортивного отбора в художественной гимнастике на основе показателей развития координационных способностей : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Сургут, 2008. 24 с. ; Садовски Е. Регуляция позы юных спортсменов при решении двигательных задач на устойчивость тела в равновесии // Теория и практика физ. культуры. 2011. № 8. С. 37–42) показали, что ее состояние имеет решающее значение для достижения высоких результатов в различных видах спорта. Она также позволяет быстрее и качественнее овладеть техникой различных физических упражнений, являясь одним из основных двигательных координационных качеств, совершенствование которых необходимо в течении всей жизни (Назаренко Л.Д. *Содержание и структура равновесия как двигательного-координационного качества // Теория и практика физ. культуры. 2000. № 1. С. 54–58 ; Назаренко Л.Д., Чехалин И.Р. Эффективность вращательных нагрузок при совершенствовании равновесия в спортивных единоборствах // Теория и практика физ. культуры. 2004. № 7. С. 52–55).**

Для сохранения равновесия физического тела необходимо, чтобы все внешние силы, приложенные к данному телу, взаимно уравновешивались. К



внешним силам, постоянно действующим на тело, относятся: сила тяжести тела (действие притяжения земли) и реакция опоры (противодействие давлению тела на опору) (Донской Д.Д. *Теория строения движения // Теория и практика физ. культуры. 1991. № 3. С. 9–13*).

В механике различают три вида равновесия твердого тела: устойчивое, неустойчивое и безразличное. Однако еще часто выделяют (Донской Д.Д. *Биомеханика физических упражнений. М., 1960. 20 с.*) ограниченно устойчивое равновесие. Отличие в видах устойчивости находится по высоте общего центра массы тела (ОЦМт) человека. В реальной жизни мы сталкиваемся и рассматриваем условия равновесия не свободных, а связанных тел, на движение которых наложены определенные биомеханические ограничения - связи (Бернштейн Н.А. *Избранные труды по биомеханике и кибернетике : учеб. пособие. М. : АкадемПресс, 2001. 295 с. ; Его же. Биомеханика и физиология движений : избр. психолог. тр. М. ; Воронеж, 2004. С. 32–33 ; Его же. Физиология движений и активности. М., 1990. 396 с. ; Донской Д.Д., Зацюрский В.М. Сохранение и изменение положения тела // Биомеханика : учебник. М., 1979. С. 154–172 ; Кичайкина Н.Б., Козлов И., Коблев Я., Самсонова А.В. Биомеханика физических упражнений. Майкоп : Изд-во Адыгейского гос. ун-та, 2000. С. 4–5, 41–42*).

Однако многозвенность биокинетических цепей (БКЦ) организма человека и множество возможных поз, создают трудности при необходимости принять нужную позу из различных исходных положений, и сохранение ее в условиях переменных внешних сил (Зацюрский В.М., Прилуцкий Б.И. *Биомеханические аспекты сохранения равновесия человеком при внешних возмущающих воздействиях : методич. рек. М. : ГЦОЛИФК, 1984. 49 с.*).

Под БКЦ обычно подразумевают конечности человека. Однако, к примеру, тело гимнастки, взятое как целое, также представляет собой БКЦ, звеньями которой являются все подвижно сочлененные сегменты тела, а каждая пара смежных звеньев БКЦ, составляет собой, таким образом, биокинетическую пару. В зависимости от характера рабочего положения, тело гимнастки, может представлять: открытую БКЦ (стойка на руках или ногах) и закрытую, встречающуюся редко, так как подвижность звеньев в этих случаях резко снижается и возможности их энергообеспечения, и

управления движением минимальны (например: наклон с захватом; лежа на животе, кольцо с захватом) (*Гавердовский Ю.К. Обучение спортивным упражнениям Биомеханика, методология, дидактика. М. : Физкультура и спорт, 2007. 930 с.*).

Поза характеризуется ориентацией тела относительно опоры, взаимным расположением звеньев тела и положением ОЦМт (*Бочаров А.Ф., Иванова Г.П., Муравьев В.П. Биомеханика : учеб. пособие. СПб. : [б. и.], 2000. 75 с.*).

Одним, из наиболее применяемых исходных положений, как для движения на месте (ОЦМт перемещается в пределах площади опоры), так и для некоторых локомоторных движений, является вертикальная стойка, которая может видоизменяться в зависимости от постановки стоп, удержания туловища и рук. «Нормальная» основная стойка должна при малой затрате мышечного напряжения, необходимого для уравнивания тела, обеспечивать благоприятные условия для дыхания и кровообращения свода стопы (*Биленко А.Г. Биомеханика вертикальной устойчивости и оценка ее в спорте. Майкоп, 2008. 24 с. ; Котикова Е.А. Стойки // Биомеханика физических упражнений / Под ред. Е.А. Котиковой. М. : Физкультура и спорт, 1939. С. 67–72.*).

С точки зрения биомеханики, устойчивость тела (или позы) при нижней опоре зависит от высоты расположения ОЦМт и расстояния от проекции ОЦМт на площадь опоры до соответствующей её границы. Условия устойчивости могут быть соединены в понятие угол устойчивости. При физических упражнениях бывает необходимо либо обеспечить большую устойчивость в известном направлении (например, равновесия), либо наоборот, получить возможность быстрого выхода из равновесия (например, перекаат или переворот). Общая устойчивость определяется углом равновесия, который равен сумме углов устойчивости в данной плоскости (например, вперед и назад) (*Донской Д.Д. Биомеханика физических упражнений. М., 1960. 20 с.*).

Как отмечают Ю.В. Зимкин, Я.Б. Лехтман, А.И. Яроцкий (*Зимкин Ю.В., Лехтман Я.Б., Яроцкий А.И. Физиология высшей нервной деятельности и анализаторов : лекции для слуш. ин-тов. Л., 1953. 160 с.*) и упомянутый ранее Д.Д. Донской, с физической точки зрения тело человека, стоящего на двух ногах, находится в

условиях неустойчивого равновесия, благодаря относительно малой площади опоры и высокого расположения ОЦМт, и именно в силу этого, легко теряет свою устойчивость под действием внешних сил. Следовательно, человек и, в частности, гимнастка постоянно нуждается в сохранении равновесия, что достигается при помощи так называемых компенсаторных движений.

По мнению В.С. Гурфинкеля (*Гурфинкель В.С. Физиология двигательной системы // Успехи физиологических наук. 1994. Т. 25, № 2. С.83–88 ; Гурфинкель В.С., Левик Ю.С., Лебедев М.А. Концепция схемы тела и моторный контроль. Схема тела в управлении позными автоматизмами // Интеллектуальные процессы и их моделирование. Пространственно-временная организация / ред. А.В. Чернавский, М., 1991, С. 24–53 ; Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Система внутреннего представления и управление движениями // Вестн. РАН. 1995. Т. 65, № 1. С. 29–32*), вертикальная поза является высоко автоматизированным двигательным навыком, освоенным на ранних этапах онтогенеза, базовым компонентом которой служит генетическая программа стояния. Формирование навыка стояния неразрывно связано с высшими психическими функциями, внутренним представлением о собственном теле и окружающем пространстве.

Как отмечает Л.Д. Назаренко (*Назаренко Л.Д. Содержание и структура равновесия как двигательно-координационного качества // Теория и практика физ. культуры. 2000. № 1. С. 54–58*), способность сохранять устойчивое положение тела определяется рядом факторов. Одни из них является уравновешенность нервных процессов и степень выработки дифференцированного торможения. Уравновешенность позволяет распределять мышечные усилия, концентрируя их в нужном направлении. Высокая степень выработки дифференцированного и запаздывающего торможения дает возможность с большой точностью различать характер усилий и паузы между ними. Внешне работа мышц с поочередной активностью отличается легкостью, изяществом движений. Также, факторами обеспечивающими сохранение равновесия являются состояние нервно-мышечного аппарата, уровень развития физических и координационных качеств. Повышает способность сохранять равновесие психологический настрой и эмоциональное состояние.

Резкое возрастание требований к проявлению высокого уровня внутримышечной и межмышечной координации происходит при кратковременном характере выполнения двигательных действий. Влияние состояния нервной и мышечной систем на сохранение устойчивости связано с увеличением или уменьшением амплитуды колебаний тела. Необходимо иметь в виду, что добиться абсолютной устойчивости тела невозможно. При сохранении любого равновесия мышцы находятся в состоянии определенного тремора, который в большей степени проявляется у нетренированных, в связи с чем, им труднее добиться равновесия (*там же*).

По утверждению Л.П. Матвеева (*Матвеев Л.П. К теории построения спортивной тренировки // Теория и практика физ. культуры. 1991. № 12. С. 11–21 ; Его же. Основы спортивной тренировки. М. : Физкультура и спорт, 1977. 280 с.*), двигательные акты всегда связаны с поддержанием относительно устойчивого положения тела (оперативной позы), т.е. обеспечения равновесия как состояния, которое достигается в результате противодействия силам (внешним и внутренним), вызывающим отклонение тела от целесообразного положения. Роль устойчивости позы, особенно существенна при выполнении действий в условиях, способствующих ее нарушению (при малой площади опоры, при вращательных движениях). Этим определяется жизненно важное значение для «способности поддерживать равновесие», то есть - обеспечивать устойчивость позы в статических положениях и ее балансировку при перемещении. Общим же внешним показателем этой способности является степень устойчивости позы. Определяется она по сохранению заданного положения тела в условиях затрудняющих поддержание равновесия, по величине отклонения от него и по устранению отклонений во времени.

В художественной гимнастике, в связи со спецификой двигательной задачи, либо из эстетических соображений, постоянно возникает необходимость в весьма разнообразных вариантах поз, как статического, так и динамического характера. Поэтому, в зависимости от соотношения

моментов динамики и статики в различных позах и по ходу их изменений, в одних случаях требуется поддерживать преимущественно статическое равновесие, в других – динамическое.

Статическое равновесие подразумевает длительное сохранение позы (равновесия в атлетическом, боковое равновесие в шпагат и т.д.), а динамическое – сохранение основного направления перемещения человека при непрерывно меняющихся позах (повороты, перевороты, прыжки) (Зимкин Н.В., Лехтман Я.Б., Яроцкий А.И. *Физиология высшей нервной деятельности и анализаторов*. Л., 1953. 160 с. ; Матвеев Л.П. *К теории построения спортивной тренировки // Теория и практика физ. культуры*. 1991. № 12. С. 11–21 ; Матвеев Л.П. *Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов*. Киев, 1999. 318 с.).

Имеются сведения (Воронов А.И., Годик М.Я., Пидоря А.М. *Основы координационной подготовки спортсменов*. Омск : РИО, 1992. 76 с.), свидетельствующие, что показатели сохранения статического равновесия связаны со способностью управлять силовыми, а динамического – пространственными параметрами движения.

При этом В.М. Зациорский и Б.И. Прилуцкий (Зациорский В.М., Прилуцкий Б.И. *Биомеханические аспекты сохранения равновесия человеком при внешних возмущающих воздействиях*. М., 1984. 49 с.) указывают на то, что процесс сохранения равновесия является активным процессом. Обусловлено это тем, что тело человека непрерывно подвергается незначительным, случайным, нарушающим равновесие, воздействиям, связанным с деятельностью систем дыхания, кровоснабжения. Процесс регуляции равновесия, отражается в колебательных движениях тела. Чем меньше эта амплитуда колебаний, тем лучше человек справляется с задачей сохранения равновесия.

По мнению Ю.В. Верхошанского (Верхошанский Ю.В. *На пути к научной теории и методологии спортивной тренировки // Теория и практика физ. культуры*. 1998. № 2. С. 21–26, 39–42 ; Его же. *Теория и методология спортивной подготовки: блоковая система тренировки спортсменов высокого класса // Теория и практика физ. культуры*. 2005. № 4. С. 2–4), ведущая роль в регуляции и сохранении равновесия при вертикальной позе принадлежит стопе и активности мышц голени, которые преимущественно осуществляют коррекцию позы. Он также утверждал, что в

некоторых случаях, для системы регуляции вертикальной позы, могут быть существенными шейно-тонические рефлексy. При этом в спокойном состоянии регулирование вертикальной позы обеспечивается, прежде всего, антигравитационной мускулатурой (мышцы разгибатели позвоночного столба и нижних конечностей) и рефлексами на растяжение мышц передней и задней поверхности голени (Доценко В.И., Усачев В.И. *О новых направлениях инструментальной неврологической диагностики // Неврология : медлайн-экспресс. 2008. № 1 (195). С 61–65).*

Формирование различных поз, характерных для равновесия, осуществляется благодаря тонкой координации мышечных групп, которая реализуется с помощью афферентной импульсации двигательной и других сенсорных систем (Гурфинкель В.С., Левик Ю.С., Лебедев М.А. *Концепция схемы тела и моторный контроль. Схема тела в управлении позными автоматизмами // Интеллектуальные процессы и их моделирование. Пространственно-временная организация. М., 1991, С. 24–53 ; Гурфинкель В.С., Левик Ю.С. Система внутреннего представления и управление движениями // Вестн. РАН. 1995. Т. 65, № 1. С. 29–32 ; Донской Д.Д. Теория строения движения // Теория и практика физ. культуры. 1991. № 3. С. 9–13 ; Доценко В.И. Об актуальности и ведущих аспектах исследования позы регуляции методом компьютерной статокинезиметрии (стабилометрии) в клинической практике // Поликлиника. 2008. № 2. С. 37–39 ; Скворцов Д.В. Стабилометрия – функциональная диагностика функции равновесия, опорно-двигательной системы и сенсорной системы // Функциональная диагностика. 2004. № 3. С. 78–84).*

С точки зрения Н.А. Бернштейна (Бернштейн Н.А. *Биомеханика и физиология движений. М. ; Воронеж, 2004. С. 32–33 ; Его же. Физиология движений и активности. М., 1990. 396 с.*), для того, чтобы статически зафиксировать позу сложной кинематической цепи, необходимо закрепить каждую из имеющихся у нее степеней свободы независимыми друг от друга связями, по одной на каждую степень. Обеспечивают эти связи в организме человека, большей частью, мышцы, и в определенной степени - внешние силы. Совершенно аналогичное положение наблюдается и в динамике.

Такой взгляд вполне обоснован, так как многие биомеханики видят в структуре равновесия (особенно статического) большой процент элементов

статической силы и координации (Прусс Г. *Тренированность равновесия у женщин разного возраста // Теория и практика физ. культуры. 1999. № 2. С. 48–50*).

Участие мышц в сохранении равновесия тела человека характеризуется несколькими вариантами их работы. Так, в статических положениях, осуществляется три вида статической работы мышц: удерживающая, укрепляющая и фиксирующая (Верхошанский Ю.В. *Влияние силовых нагрузок на организм. М. : Физкультура и спорт, 1989. 264 с.* ; Донской Д.Д. *Биомеханика физических упражнений. М., 1960. 20 с.* ; Его же. *Теория строения движения // Теория и практика физ. культуры. 1991. № 3. С. 9–13*). При этом удерживающая работа мышц обычно бывает в том случае, когда часть тела занимает горизонтальное или наклонное положение. Укрепляющая работа мышц характерна для вертикального положения частей тела при верхней опоре, когда силы тяжести как бы стремятся оторвать часть тела от выше расположенной опоры. Фиксирующая работа встречается преимущественно при нижней опоре, когда мышцы способствуют удержанию частей тела в неустойчивом равновесии, а также балансированию (Донской Д.Д. *Биомеханика физических упражнений. М., 1960. 20 с.*).

Анатомо-физиологический механизм работы мышц, обуславливающий качество выполнения двигательных задач различной степени сложности, раскрывается в понятии силы мышц (пропорциональной ее поперечному сечению), а именно в максимальном напряжении, которое способны развивать мышечные волокна (Сологуб Е.Б. *Общие физиологические закономерности роста и развития организма человека // Физиологические особенности организма людей разного возраста и их адаптация к физическим нагрузкам (Избранные разделы возрастной физиологии) : учеб. пособие / Под ред. А.С. Солодкова. СПб., 1998. С. 7–18*).

В практике спортивной тренировки для сравнения мышечной силы пользуются показателями: абсолютной и относительной мышечной силы, статической и динамической мышечной силы, произвольной и непроизвольной мышечной силы. Проявление значительной мышечной силы связано с безусловно-условно рефлекторной регуляцией двигательных и вегетативных функций, а также композицией мышечных волокон (Коц Я.М., Кузнецова С.А., Шейман Б.С. *Композиция мышц и размеры мышечных волокон у бегунов*

на средние дистанции и не спортсменов // *Научно-спортивный вестник*. 1990. № 2. С. 23–25).

При максимальной статической силе мышц, скорость сокращения мышцы равна нулю, и времени необходимого для достижения максимального напряжения достаточно (Верхошанский Ю.В. *Влияние силовых нагрузок на организм*. М., 1989. 264 с. ; Его же. *На пути к научной теории и методологии спортивной тренировки* // *Теория и практика физ. культуры*. 1998. № 2. С. 21–26, С.39–42 ; Его же. *Теория и методология спортивной подготовки: блоковая система тренировки спортсменов высокого класса* // *Теория и практика физ. культуры*. 2005. № 4. С. 2–4). Также, для проявления статической силы характерно наличие «активного» или «пассивного» напряжения. Длина мышцы, как в том, так и другом случаях не изменяется. При «активном» характере статическое напряжение мышцы происходит без её растяжения, а при «пассивном» - при попытке внешних сил насильственно растянуть напряженную мышцу.

Как показывают исследования Ю.В. Менхина (Менхин Ю.В. *Физическая подготовка к высшим достижениям в видах спорта со сложной координацией действий* : автореф. дис. ... д-ра пед. наук. М., 1990. 48 с. ; Его же. *Физическая подготовка спортсмена (методологические основы)* : учеб. пособие. М. : МГАФК, Малаховка, 1997. 85 с. ; Менхин А.В., Савенкова Е. К. *Особенности проявления скоростно-силовых способностей юными гимнастками и акробатками* // *Физическая культура: воспитание, образование, тренировка* 2005. № 2. С. 28), высокий уровень развития силы еще не обеспечивает успешность удержания статического положения. Он утверждает, что точность фиксируемой позы не самоцель. Будучи обусловленной биомеханической рациональностью, она должна обеспечить наилучшие условия выполнения самого статического элемента и перехода к другому движению. Достигается это путем создания четких представлений о положении тела и отдельных его частей в пространстве по отношению к опоре.

Похожие утверждения, относящиеся к регулированию равновесия, имеются и у Л.П. Матвеева (Матвеев Л.П. *К теории построения спортивной тренировки* // *Теория и практика физ. культуры*. 1991. № 12. С. 11–21 ; Его же. *Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов*. Киев, 1999. 318 с.). Он считает, что способность к оптимальному балансированию в статических и



динамических позах (положениях), начинается с формирования более или менее устойчивой позы. Рациональный способ сохранения равновесия в основной стойке на ограниченной опоре, характеризуется балансирующими микро движениями в голеностопных суставах при неизменном общем положении тела, а, к примеру, в стойке на руках – балансирующими микродвижениями в плечевых суставах при относительно жесткой фиксации других звеньев тела.

По мнению Ю.К. Гавердовского (*Гавердовский Ю.К. Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика, методология, дидактика. М., 2007. 930 с.*), техника балансирования при ограниченно устойчивом равновесии зависит от конфигурации опорной площадки.

Анализ литературы по проблеме исследования показывает, что многие специалисты, в том числе и те, которые указывают на важность силового компонента, в своих исследованиях доказывают огромное, а порой и решающее значение в акте равновесия анализаторных систем организма человека (*Зайцев А.А. Теория и практика тренировки устойчивости человека к качиванию : моногр. Калининград : КГТУ. 1999. 118 с. ; Кирьяланис П., Лапаридис К., Сафиадис Н. Реакция сердечно-сосудистой системы на раздражение вестибулярного аппарата у представителей спортивной гимнастики // Теория и практика физ. культуры. 2002. № 6. С. 20–24 ; Коханович К. Контроль за функцией вестибулярного аппарата гимнастов детского возраста // Физ. культура: воспитание, образование, тренировка. 1998. № 1. С. 55 ; Павлова Е.В. Совершенствование системы спортивного отбора в художественной гимнастике на основе показателей развития координационных способностей. Сургут, 2008. 24 с. ; Стрелец В.Г., Горелов А.А. Теория и практика управления вестибуломоторикой человека в спорте и профессиональной деятельности // Теория и практика физ. культуры. 1996. № 5. С. 13–16).*

По данным М.А. Шанскова (*Физиологические особенности адаптации детей дошкольного и младшего школьного возраста к физическим нагрузкам// Физиологические особенности организма людей разного возраста и их адаптация к физическим нагрузкам (Избранные разделы возрастной физиологии). Учебное пособие / Под ред. А.С. Солодкова / СПб ГАФК им. П.Ф. Лесгафта, 1998. С. 18–31*), равновесие развивается на основе совершенствования рефлекторных механизмов, в процессе созревания вестибулярного анализатора и начинается сразу же после рождения. В. Г. Стрелец (*Стрелец В.Г., Горелов А.А. Теория и практика управления*

вестибуломоторикой человека в спорте и профессиональной деятельности // Теория и практика физ. культуры. 1996. № 5) также отводит ведущее значение в проявлении функции равновесия именно вестибулярному анализатору. Он называет вестибулярный анализатор - как древнейшую сенсорную систему, влияющую на все другие сенсорные системы - стимулятором физического развития и совершенствования личности.

Другого мнения придерживается J. Szopa и др. (*Podstawy antropomotoryki. Warszawa ; Krakow : PWN, 1996. 224 s.*), который утверждает, что в 13 лет отмечаются скачок в половом созревании, снижение биологического влияния, вследствие чего это - период меньшей сенситивности. Подтверждают данное утверждение и результаты исследования Г. Прусса (*Прусс Г. Тренированность равновесия у женщин разного возраста // Теория и практика физ. культуры. 1999. № 2. С. 48–50*).

Функция равновесия тела, связанная с возбуждением вестибулярного анализатора осуществляется путем автоматизированных рефлекторных актов, и проявляется либо в сокращении соответствующих скелетных мышц, либо в изменении их тонуса. Последовательное действие этих вестибулярных рефлексов приводит к изменению положения тела, то есть к восстановлению нарушенного равновесия (*Каль М. Воспитание функции равновесия // Теория и практика физ. культуры. 2005. № 3. С. 62–63*).

Вестибулярная функция относится к анализаторным системам, деятельность которых протекает на подкорковом уровне. До коры головного мозга вестибулярная афферентация доходит в обобщенном виде в тех случаях, которые предполагают срочную реакцию организма на изменение положения тела в пространстве (*Ананьев Б.Г., 1955*).

Кроме того, при усложненных условиях работы сенсорных систем («выключения» зрительной афферентации, воздействия раздражителей на вестибулярный анализатор), в которых находится акробат, снижается способность к проявлению функции равновесия: происходит дискоординация вертикального положения тела при фиксации равновесия и временные задержки в его выполнении после нагрузок (*Болобан В.Н. Система обучения*

*движениям в сложных условиях поддержания статодинамической устойчивости. Киев, 1990. 45 с. ; Гурфинкель В.С., Коц Я.М., Шик М.Л. Регуляция позы человека. М. : Наука, 1965. 256 с. ; Крестовников А.Н. Очерки по физиологии физических упражнений. М., 1951. 532 с. ; Стрелец В.Г., Горелов А.А. Теория и практика управления вестибуломоторикой человека в спорте и профессиональной деятельности // Теория и практика физ. культуры. 1996. № 5. С. 13–16 и др.).*

В исследованиях Ю.Н. Романовой (2000), представлены данные, доказывающие высокие вклады в повышение устойчивости вертикальной позы в ситуации с отсутствием визуального контроля левой лобной доли, премоторной, моторной, соматосенсорной, нижнетеменной и затылочной зонах правого полушария и коры больших полушарий.

Из исследований А.Н. Крестовникова (*Крестовников А.Н. Очерки по физиологии физических упражнений. М., 1951. 532 с.*), Е.В. Бирюк (*Бирюк Е.В., Болобан В.Н. Характеристика динамического равновесия у спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой // Теория и практика физ. культуры. 1972. № 6. С. 17–21*), В.Н. Болобан (*Болобан В.Н. Система обучения движениям в сложных условиях поддержания статодинамической устойчивости. Киев, 1990. 45 с.*), К. Кохановича (*Коханович К. Контроль за функцией вестибулярного аппарата гимнастов детского возраста // Физ. культура: воспитание, образование, тренировка. 1998. № 1. С. 55*), Л.Д. Назаренко (*Назаренко Л.Д., Содержание и структура равновесия как двигательного-координационного качества // Теория и практика физ. культуры. 2000. № 1. С. 54–58 ; Назаренко Л.Д., Чехалин И.Р. Эффективность вращательных нагрузок при совершенствовании равновесия в спортивных единоборствах // Теория и практика физ. культуры. 2004. № 7. С. 52–55*) и других, следует, что у спортсменов высших разрядов уровень развития функции равновесия, как в прочем и других систем, выше, чем у младших и лиц, не занимающихся спортом. При этом, функция статического равновесия выше у девочек (*Прусс Г. Тренированность равновесия у женщин разного возраста // Теория и практика физ. культуры. 1999. № 2. С. 48–50*).

Таким образом, сохранение устойчивости тела является неотъемлемой частью любого двигательного акта. Понятие функции равновесия раскрывается в механизме регуляции позы, связанного с деятельностью мозга, вестибулярной, зрительной и двигательной долями.

В соответствии с законами сохранения равновесия, основными критериями трудности выполнения равновесий являются: площадь опоры, высота ОЦМт относительно опоры, рычаг отводимого звена, амплитуда равновесия, отклонение туловища от вертикали. Степень проявления данных факторов сохранения равновесия достаточно легко фиксируется визуально, однако это не позволяет получить полное представление о механизме управления движением, раскрывающем первопричину различной трудности - сложность.

Комплексный подход к анализу техники выполнения различных равновесий художественной гимнастики, основанный на синхронизированном применении стабилографии, электромиографии и оптической регистрации движений, позволил выявить факторы, ранее не учитываемые в практике оценки сложности элементов.

Известно, что структура всех гимнастических упражнений достаточно унифицирована. Основные действия следуют непосредственно за подготовительными и представляют собой решающее звено в цепи движений, составляющих упражнение. Они обычно связаны с приложением максимальных усилий, перемещением звеньев с наибольшей скоростью и наиболее значительными ускорениями. Именно поэтому в начале исследования акцент был сделан на изучении кинематических и динамических характеристик фазы реализации элемента.

В результате анализа угловых характеристик наиболее выполняемых спортсменками равновесий с отведением ноги вперед (рисунок 15) было установлено, что амплитуда движений в различных суставах имеет, как схожие показатели, так отличающие их между собой.

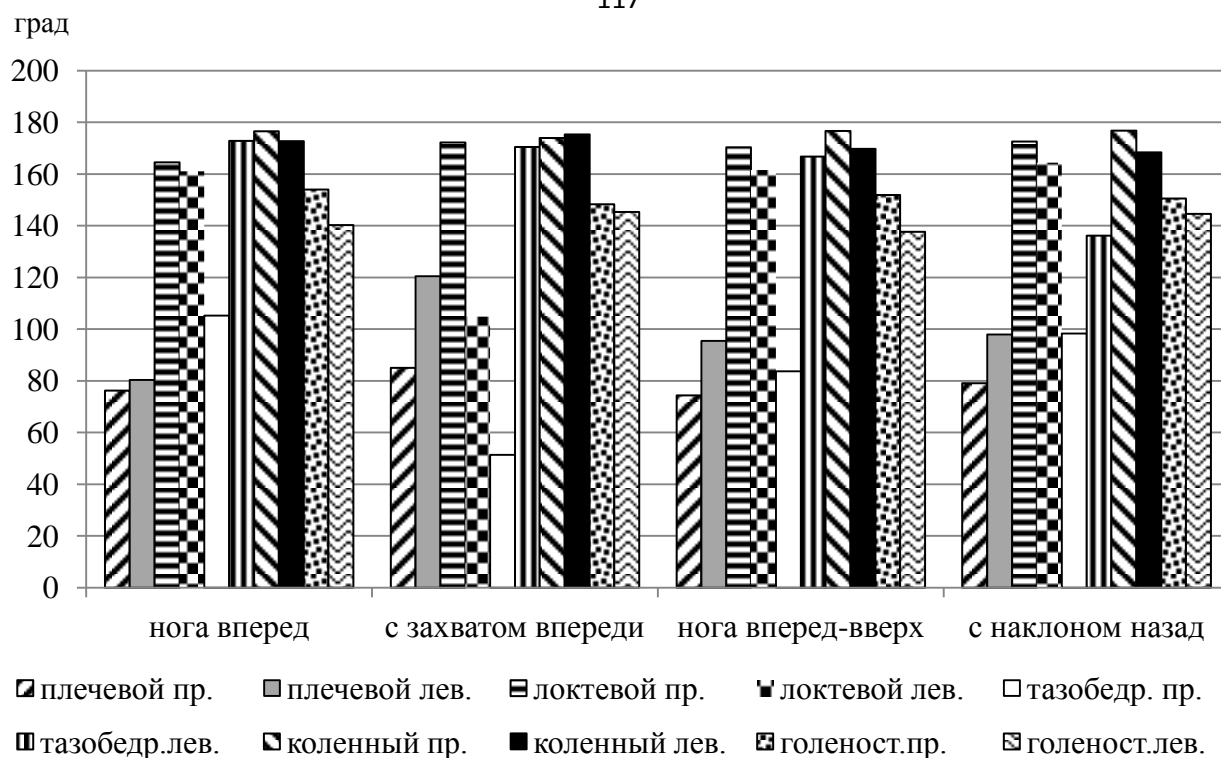


Рисунок 15 – Значения углов в суставах кинематической цепи при выполнении равновесий с отведением правой ноги вперед (град; N=12)

Наименьшие различия выявлены в угловых характеристиках коленных и голеностопных суставов обеих ног. Это связано с необходимостью отведения выпрямленной ноги и сохранения равновесия на полупальцах во всех анализируемых равновесиях. Независимо от технической ценности данных равновесий эти показатели идентичны.

Такая же тенденция наблюдается и в форме правой руки: углы отведения в плечевом и сгибания в локтевом суставе не имеют заметных различий, так как она независимо от разновидности равновесия постоянно отводится в сторону для балансирования. Разница в угловых характеристиках рассматриваемых равновесиях различной трудности обнаружена только в амплитуде левой руки и тазобедренных суставов. Так угловые показатели левой руки, в случае отсутствия захвата, были максимально приближены к показателям правой руки (как плечевой, так и локтевой), а при его наличии увеличивались в плечевом суставе и уменьшались в локтевом (рука отводилась кверху и сгибалась в локтевом суставе).

Установлено, что вариативность угловых характеристик правого тазобедренного сустава была наибольшей и зависела от решаемой двигательной задачи. Так при выполнении равновесия нога вперед с захватом фиксировалась наибольшая амплитуда отведения в правом тазобедренном суставе. При таком же отведении без захвата угол отведения был меньше, а при выполнении первого и четвертого равновесий она примерно одинакова. Также установлено, что на угловые характеристики тазобедренного сустава опорной ноги влияло положение туловища: при выполнении равновесия с наклоном назад, чтобы сохранить амплитуду отведения правой ноги, происходило смещение таза вперед и уменьшение угла отведения опорной ноги в тазобедренном суставе.

Таким образом, можно предположить, что угловые характеристики равновесий различной технической ценности с отведением ноги вперед имеют отличия только в тех суставах, которые участвуют в решении специфических двигательных задач - захват, достижение большей амплитуды и сохранение устойчивости равновесия.

Проведенный корреляционный анализ подтвердил данное предположение. Значимую в средней степени связь с технической ценностью имели угловые характеристики левого (рука захвата) локтевого сустава ( $r = 0,55$ ). Значимую высокой степени связь с технической ценностью имели амплитуда движений в тазобедренном ( $r = -0,91$ ) и коленном ( $r = -0,89$ ) суставах левой опорной ноги, что указывало на приоритет устойчивой опоры при решении двигательной задачи.

Анализ следующей группы равновесий с отведением ноги в сторону, показал, что в равновесиях нога в сторону, нога в сторону вверх с захватом и без него почти отсутствуют различия в угловых характеристиках голеностопных, коленных и тазобедренного левого суставов (рисунок 16).

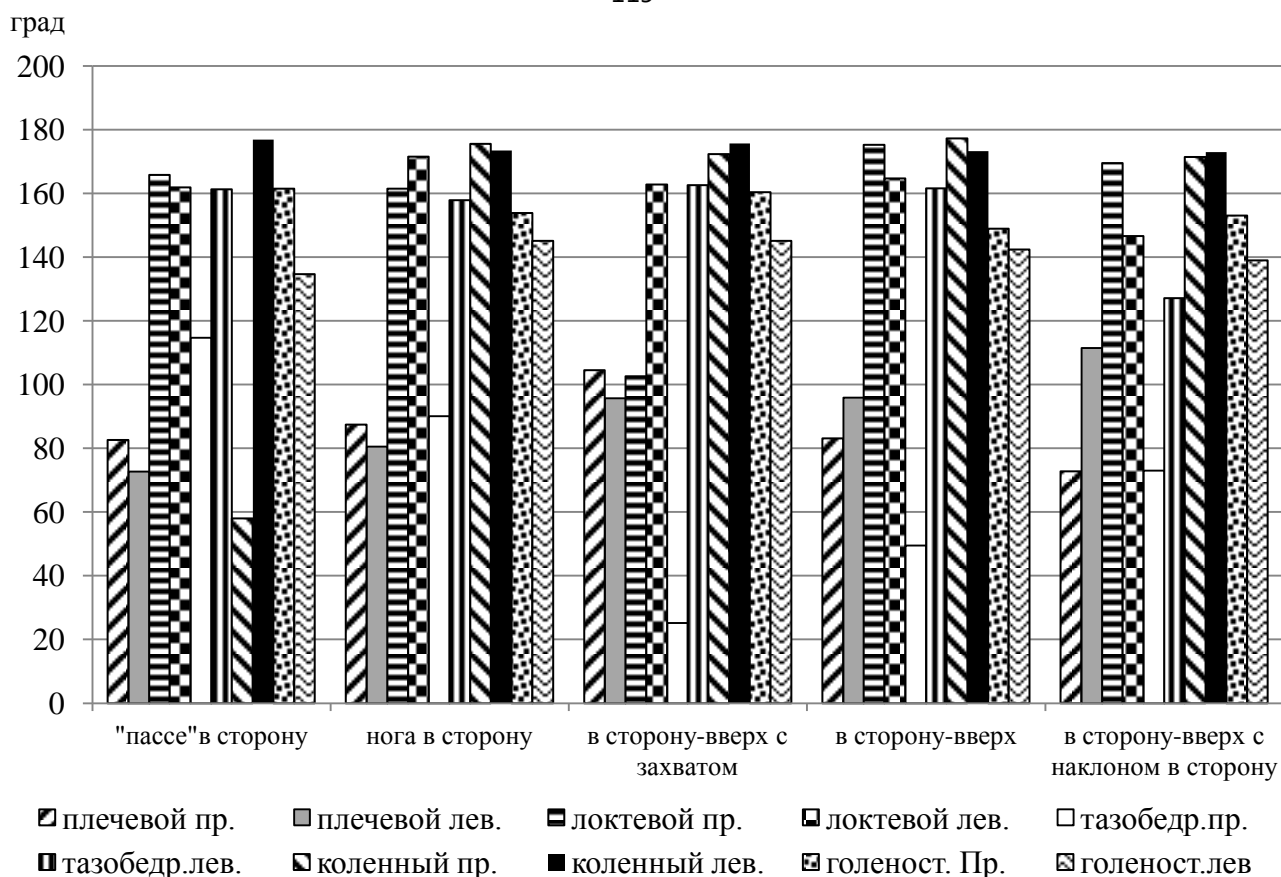


Рисунок 16 – Значения углов в суставах кинематической цепи при выполнении равновесий с отведением правой ноги в сторону (град; N=12)

Схожая амплитуда отведения и сгибания рук была выявлена при выполнении 1, 2, 4 равновесий. В остальных случаях были установлены отличия, характерные для конкретной формы балансирования, отличающейся рычагом, углом отведения, а также положением туловища спортсменки относительно вертикали. Так наименьший угол в коленном суставе зафиксирован в равновесии «правая нога на пассе», наибольшее отведение в правом тазобедренном суставе в равновесии с захватом, а в левом тазобедренном при выполнении наклона в равновесии. То есть, наблюдалась такая же тенденция, как и в равновесиях с отведением ноги вперед. Однако ценность трудности данных равновесий в большей степени была предопределена угловыми характеристиками. Так оба плечевых сустава (правый -  $r = -0,57$ ; левый -  $r = 0,87$ ), левый локтевой сустав ( $r = -0,63$ ), левый тазобедренный сустав ( $r = -0,80$ ), оба коленных сустава

(правый –  $r = 0,55$ ; левый –  $r = - 0,50$ ), правый голеностопный сустав ( $r = - 0,68$ ) были связаны с технической ценностью, что составляло 80% всех возможных связей.

Выявлено, что наибольшая обусловленность трудности существует от амплитуды движений в левом плечевом и левом тазобедренном суставах. То есть, равновесия, имеющие большую техническую ценность и связанные с демонстрацией максимальной амплитуды в тазобедренном суставе, требовали выполнения поворота таза относительно передне-задней оси в противоположную, левую сторону, наклона туловища в ту же сторону, отведение левого бедра в сторону, а для сохранения баланса - отведения левой руки более чем на 100 град, до горизонтали.

В процессе биомеханического анализа равновесий разной технической ценности с отведением ноги назад были выявлены наиболее значимые различия в угловых характеристиках. Установлено, что равновесия с отведением ноги назад и с захватом в кольцо имеют отличия только в амплитуде отведения ноги (во втором равновесии больше). Равновесия этой же подгруппы с наклоном туловища имеют схожие угловые показатели только в коленном, голеностопном суставах опорной ноги (она выпрямлена) и локтевых суставов обеих рук. Различия же в данных равновесиях связаны с направлением наклона туловища. Так при наклоне назад отведение ноги назад затруднено и угол был меньше, а при наклоне вперед - наоборот. Отведение рук при наклонах назад и вперед с отведением ноги в кольцо выполнялось с большей амплитудой, чем в равновесии в шпагат с наклоном, а регистрируемые угловые характеристики в коленных суставах были наименьшими. И если выполнение равновесия с наклоном и отведением ноги назад в кольцо предполагало сгибание в коленном суставе, то незначительное сгибание свободной ноги при наклоне назад было непреднамеренным и вызванным необходимостью сохранения равновесия.



В результате корреляционного анализа установлено, что более всего техническую ценность обуславливали амплитуда в тазобедренных (правый –  $r = -0,7$ ; левый –  $r = 0,7$ ), плечевых (правый –  $r = -0,88$ ; левый –  $r = -0,81$ ) и правом локтевом ( $r = 0,83$ ) суставах. При этом углы тазобедренных суставов в равной степени, но противоположно обуславливают ценность. Так если для большей технической ценности нужно, как можно больше отвести правую ногу, то наоборот левая нога должна ровно на столько же смещаться в противоположную сторону (внутрь) для сохранения проекции таза над опорой. Наиболее сильная связь угловых характеристик с трудностью установлена у правого плечевого сустава: чем меньше отведение руки, тем выше техническая ценность элемента. При этом взаимосвязь амплитуды правого локтевого сустава с технической ценностью свидетельствует, что при выполнении наиболее ценных равновесий с амплитудными отведениями правой ноги важно фиксировать максимально выпрямленную одноименную руку, не поднимая ее. Это позволяет избежать «заваливания» влево и сохранить туловище вертикально.

Сравнительный анализ угловых характеристик равновесий, выполняемых с отведением правой ноги в различных направлениях, позволил установить, что наибольшая динамика показателей наблюдается в тазобедренном суставе. В остальных же суставах амплитуда была обусловлена особенностями движений свободной (не опорной) ноги и туловища: отводится нога активно или пассивно, выполняется наклон или нет, в каком направлении выполняется наклон - по ходу отведения ноги или против хода. При этом проведенные стабиллографические исследования показали (таблица 20), что на сохранение равновесия влияют угловые характеристики тазобедренного сустава только при отведении ноги вперед. В остальных случаях большее влияние оказывали наличие или отсутствие выпрямленных ног и рук.

Таблица 20 – Коэффициенты корреляции, отражающие взаимосвязь угловых и стабилотографических характеристик равновесий различной сложности (r)

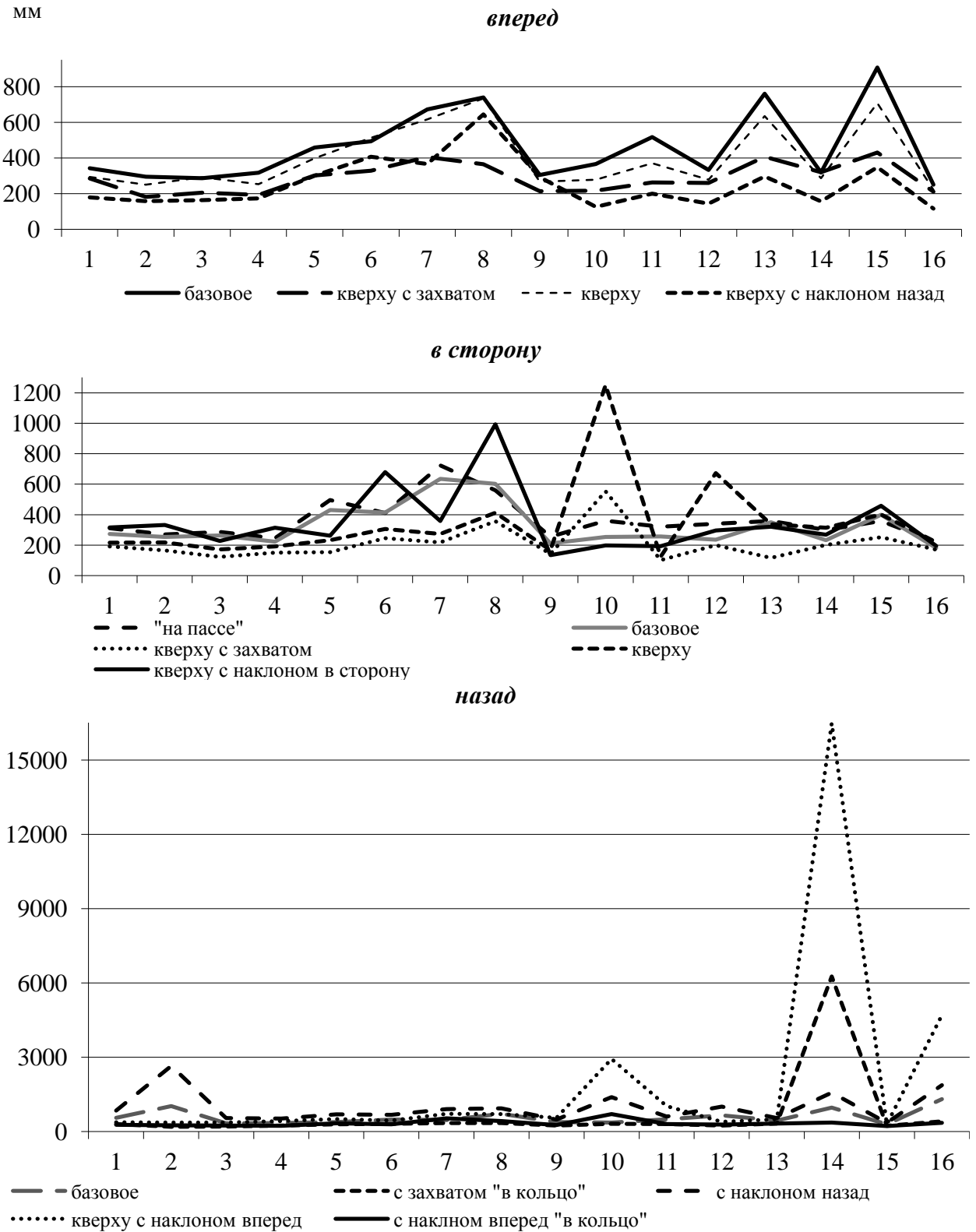
Направление	Сторона	№ п/п	Сустав	Средний разброс	Средняя скорость перемещения ЦД	Коэффициент кривизны	Площадь эллипса	Оценка движения
вперед (N= 20)	правая	1.	плечевой	-0,14	-0,01	0,14	-0,06	0,12
		2.	локтевой	0,32	0,41	0,05	0,32	-0,14
		3.	тазобедренный	-0,04	0,02	-0,15	0,14	0,36
		4.	коленный	0,09	0,07	0,21	0,21	0,02
		5.	голеностопный	-0,41	-0,39	0,23	-0,28	0,42
	левая	1.	плечевой	0,27	0,27	0,09	0,07	-0,33
		2.	локтевой	-0,04	-0,01	-0,09	0,14	0,23
		3.	тазобедренный	-0,52	-0,70	0,15	-0,73	0,08
		4.	коленный	-0,27	-0,34	-0,02	-0,45	0,06
		5.	голеностопный	-0,05	0,17	-0,26	0,02	0,35
в сторону (N = 25)	правая	1.	плечевой	0,09	0,20	-0,31	0,03	0,13
		2.	локтевой	0,05	-0,01	0,43	0,14	-0,06
		3.	тазобедренный	-0,02	-0,26	0,36	-0,06	-0,17
		4.	коленный	-0,28	0,08	-0,19	-0,12	0,52
		5.	голеностопный	0,08	-0,11	-0,14	-0,12	-0,22
	левая	1.	плечевой	-0,02	0,14	-0,30	0,04	0,05
		2.	локтевой	-0,01	0,06	0,01	0,02	0,21
		3.	тазобедренный	0,24	0,13	-0,08	0,19	-0,14
		4.	коленный	0,47	0,19	-0,11	0,34	-0,51
		5.	голеностопный	-0,11	-0,12	-0,06	-0,06	0,11
назад (N= 25)	правая	1.	плечевой	-0,16	-0,07	0,46	-0,08	-0,02
		2.	локтевой	0,22	0,27	-0,46	0,23	0,15
		3.	тазобедренный	0,04	0,36	0,18	0,23	0,26
		4.	коленный	0,20	0,55	0,10	0,41	0,32
		5.	голеностопный	0,44	-0,03	-0,12	0,19	-0,24
	левая	1.	плечевой	-0,24	-0,24	0,47	-0,19	-0,14
		2.	локтевой	0,51	0,32	-0,52	0,45	-0,11
		3.	тазобедренный	0,28	0,24	-0,49	0,20	0,08
		4.	коленный	0,17	0,43	-0,34	0,32	0,21
		5.	голеностопный	-0,25	0,23	-0,17	0,01	0,45

В равновесиях с отведением ноги вперед показатели среднего разброса, средней скорости перемещения и площади эллипса центра давления (ОЦМт) тела зависели от того, в какой степени будет отводиться нога. При этом свободные перемещения тела над опорой при выполнении всех равновесий зависели от того как, был зафиксирован коленный сустав: чем меньше была фиксация, тем больше наблюдалась свобода и колебания

ОЦМт. Решение данной проблемы в равновесии с отведением ноги в сторону обуславливало целенаправленную оценку движения. Чем больше было сгибание опорной ноги, тем больше требовалось контроля. Оценка движений повышалась и при разгибании свободной ноги - увеличении рычага звена, участвующего в движении, и придании элементу гимнастического стиля. Амплитуда движений в голеностопном суставе в средней степени влияла на сохранение равновесия только при выполнении отведения ноги назад. Чем больше был подъем на полупальцы, тем большая оценка движения требовалась от гимнастки.

В процессе дальнейшего анализа кинематики было установлено, что принятие и сохранение статического равновесия зависят от длин траекторий перемещения звеньев тела гимнастки. Анализ данных характеристик показал, что большинство звеньев имеет среднюю и ниже средней вариативность показателей длин траекторий перемещения. Величина вариативности зависела от степени свободы и длины звена тела. Так звенья левой опорной ноги имели меньшие показатели длин траекторий, чем правой свободной. При этом, чем ближе они находились к опоре, тем меньше были длины траекторий. В связи с этим независимо от того, в каком направлении отводилась свободная нога, и какова техническая ценность элемента, длины траекторий перемещения стопы, голени и бедра левой (опорной) ноги имели минимальные отличия. Наибольшие показатели длины были зафиксированы у точек звеньев свободной ноги, головы и шеи при выполнении гимнасткой амплитудных отведений и наклонов туловища.

Сравнив длины траекторий перемещения звеньев тела при выполнении равновесий различной технической ценности каждой подгруппы, были установлены особенности техники, влияющие на их устойчивость (рисунок 17).



Примечание. Точки звеньев тела: 1 - лобная, 2 - шейная, 3 - акромиальная правая, 4 - акромиальная левая, 5 - плечелучевая правая, 6 - плечелучевая левая, 7 - шиловидная правая, 8 - шиловидная левая, 9 - переднеповзд. правая, 10 - переднеповзд. левая, 11 - СЛМБК правая, 12 - СЛМБК левая, 13 - нижняя большеберцовая правая, 14 - нижняя большеберцовая левая, 15 - конечная правая, 16 - конечная левая.

Рисунок 17 – Длина траекторий перемещения точек звеньев тела при выполнении равновесий с отведением ноги в различных направлениях (мм; N=12)

Выявлено, что наименьшие длины траекторий перемещения точек тела наблюдались при выполнении равновесий с захватом, не зависимо от того в каком направлении отводилась нога. Наоборот, наибольшие длины траекторий перемещения точек тела фиксировались в равновесиях, в которых конечная точка (стопа) была максимально удалена от вертикальной оси, проходящей через ОЦМт. К таким элементам относились равновесия с отведением ноги вперед, в сторону, назад. То есть увеличение рычага отводимой ноги относительно тазобедренного сустава обуславливало увеличение дистанций перемещения остальных звеньев тела и неустойчивость тела. Вышеперечисленные условия требовали от гимнастки дополнительных усилий в сохранении равновесия и являлись причиной их технической сложности.

Такие же высокие показатели длин траекторий были зафиксированы и в равновесиях, сочетающих отведение ноги с наклоном туловища в каком-либо направлении. При этом между зафиксированными показателями наблюдались достоверные различия, именно в длинах траекторий перемещения точек туловища. Однако наибольшие показатели были характерны для звеньев свободной ноги при отведении ее в шпагат. Так при выполнении отведения ноги назад в шпагат с наклоном вперед длины траекторий перемещения голени и стопы были больше, чем в других равновесиях в 2,5 -75 раз. Была выявлена и общая для всех равновесий тенденция. Схожие показатели перемещения звеньев во всех равновесиях зафиксированы у лобной точки, точек правого и левого плеча, а также голени и стопы опорной ноги. Это объяснялось, необходимостью сохранения вертикального положения туловища на носке и балансирования посредством схожих движений руками.

Для оценки степени взаимосвязи технической ценности и длины траектории перемещения точек тела был проведен корреляционный анализ (таблица 21). Установлено, что более всего зафиксированные количественные показатели были связаны в равновесиях с отведением ноги вперед и в сторону. Однако анализ корреляций показал, что обозначенная в таблицах правил

соревнований техническая ценность элементов не всегда совпадает с объективными показателями сложности выполняемых равновесий.

Таблица 21 - Взаимосвязь длины траекторий перемещения точек звеньев тела и применяемой технической ценности равновесий художественной гимнастики (r)

Точка звена тела	С отведением ноги вперед (N=20)	С отведением ноги в сторону (N=25)	С отведением ноги назад (N=25)
лобная	-0,6	0,1	0,1
шейная	-0,4	0,2	0,1
акромиальная правая	-0,4	-0,2	0,2
акромиальная левая	-0,4	0,3	0,2
плечелучевая правая	-0,2	-0,5	0,3
плечелучевая левая	0,1	0,5	0,1
шиловидная правая	-0,3	-0,5	0,5
шиловидная левая	0,1	0,5	0,2
переднеповзд. правая	0,1	-0,6	0,1
переднеповзд. левая	-0,6	-0,1	0,2
СЛМБК правая	-0,5	-0,4	0,1
СЛМБК левая	-0,7	-0,1	0,1
ниж. большеберц. правая	-0,5	-0,1	0,1
ниж. большеберц. левая	-0,7	-0,1	-0,1
конечная правая	-0,5	0,3	0,1
конечная левая	-0,8	-0,1	0,2

Так, показатели длин траекторий перемещения точек нижних звеньев тела в равновесиях с отведением ноги вперед обратно пропорциональны технической ценности. Чем большую длину траекторий имели точки каких-либо звеньев ног, тем была меньше сложность элемента и наоборот. Это естественно и понятно для техники локомоций опорной ноги, которая обеспечивает жесткую опору в статических равновесиях, и локомоций свободной ноги, без фиксации которой невозможно сохранение позы.

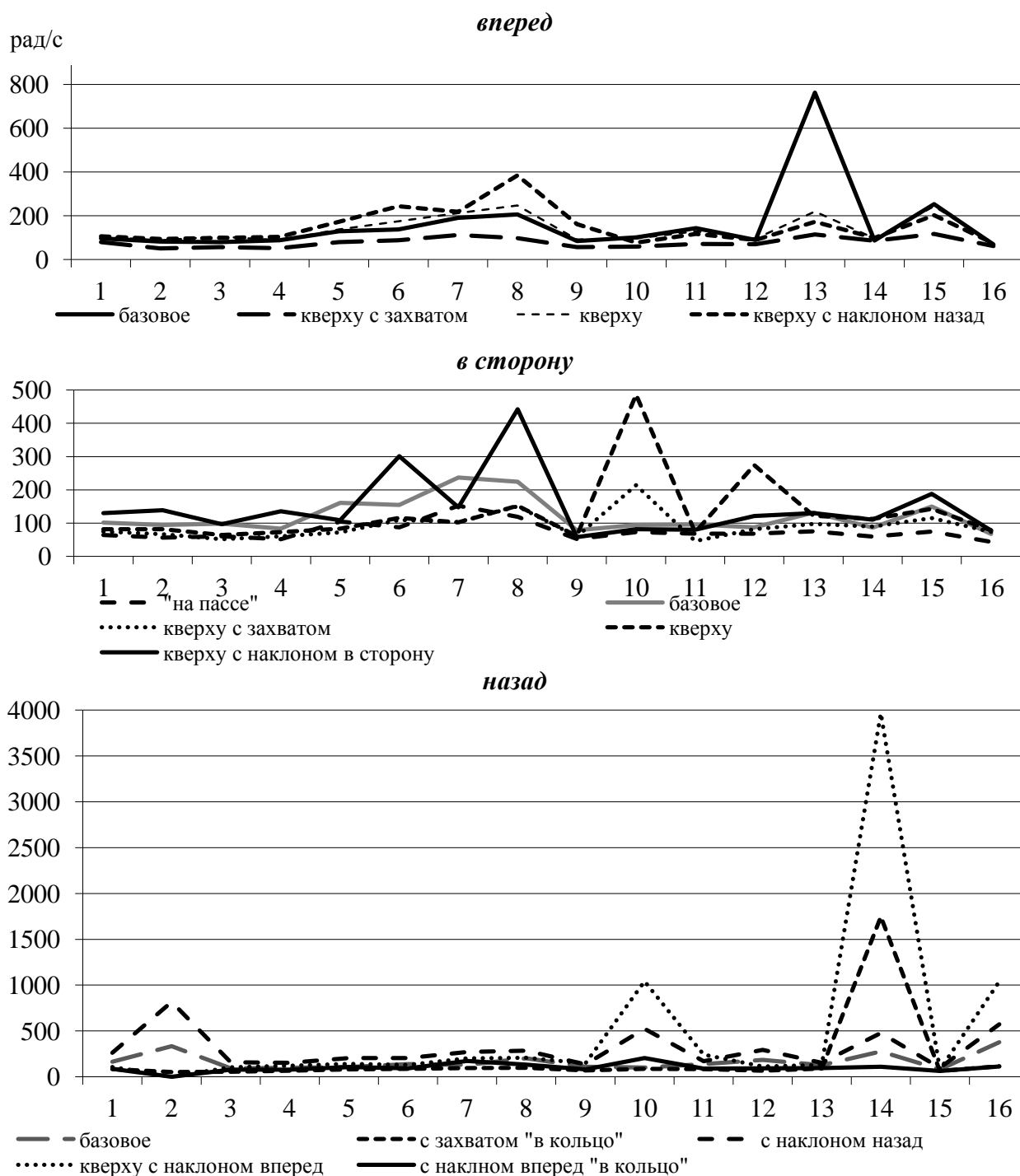
В равновесиях с отведением ноги назад только длина траекторий перемещения шиловидной точки опорной ноги в средней степени связана с технической ценностью выполняемых элементов. Можно предположить, что большие длины траекторий перемещения точек тела демонстрируются в амплитуде менее сложных элементов, или показатели длины траекторий перемещения не были учтены при определении технической ценности элементов данной структурной группы упражнений художественной

гимнастики. Выявленное противоречие поясняют взаимосвязи, установленные в боковых равновесиях. Так длины траекторий перемещения точек звеньев ног в равновесиях с отведением в сторону, с одной стороны, вообще не влияют на техническую ценность. С другой стороны, взаимосвязи длины траекторий перемещения точек предплечий и точек таза указывают на необходимость фиксации одной стороны тела при перемещении другой для обеспечения баланса и сохранении ОЦМт над площадью опоры. Таким образом, корреляционный анализ показал, что не всегда амплитуда, как производная длины траекторий точек звеньев тела гимнастки, является значимой для определения технической ценности. Сложность равновесия может быть связана с длинами траекторий перемещения тех точек звеньев тела, которые, во-первых, усложняют его сохранение посредством уменьшения углов устойчивости и, во-вторых, обеспечивают эту устойчивость для демонстрации равновесия (например, длины траекторий перемещения точек таза или стопы).

Кроме этого в процессе исследования установлено, что информативной характеристикой устойчивости равновесия является угловая скорость точек звеньев тела в процессе его выполнения. Однако не все показатели угловой скорости точек являлись объективными для определения технической ценности равновесий художественной гимнастики. Анализ результатов позволил установить, что в зависимости от содержания равновесия угловая скорость движения точек была весьма вариативна и колебалась от 43,8 мм/с до 3966,0 мм/с. При этом локализация точки в одном и том же равновесии и техника равновесия определяла величину данного показателя, его стабильность при повторном выполнении. Так угловые скорости точек звеньев опорной ноги была в несколько раз меньше скоростей точек ноги отводимой в равновесии. Установлено, что вариативность показателей угловой скорости точек в равновесиях с захватом выше, чем в равновесиях, требующих проявления активной гибкости.

Сравнив профили угловых скоростей точек звеньев тела, зафиксированных при выполнении равновесий, с технической ценностью,

обозначенной правилами соревнований FIG, были выявлены отличия и общие особенности для элементов данной структурной группы (рисунок 18).



Примечание. Точки звеньев тела: 1 - лобная, 2 - шейная, 3 - акромиальная правая, 4 - акромиальная левая, 5 - плечелучевая правая, 6 - плечелучевая левая, 7 - шиловидная правая, 8 - шиловидная левая, 9 - переднеповзд. правая, 10 - переднеповзд. левая, 11 - СЛМБК правая, 12 - СЛМБК левая, 13 - нижняя большеберцовая правая, 14 - нижняя большеберцовая левая, 15 - конечная правая, 16 - конечная левая.

Рисунок 18 – Угловые скорости звеньев тела при выполнении равновесий с отведением ноги в различных направлениях (рад/с; N=12)



Установлено, что наивысшие угловые скорости точек звеньев тела характерны для равновесий с отведением ноги назад. Конкретно, это было зафиксировано в нижнеберцовой точке голени опорной ноги при выполнении равновесия с захватом в кольцо и равновесия с наклоном вперед в шпагат. Наименьшие угловые скорости звеньев тела выявлены у конечной точки опорной ноги в равновесии с отведением ноги «на пассе».

Таким образом, следовало, что наиболее сложные условия выполнения равновесий, с точки зрения возникающих в звеньях скоростей, должны быть при отведении ноги с максимальной амплитудой назад и с наклоном туловища в каком-либо направлении. Однако проведенный корреляционный анализ не подтвердил сформулированное предположение (таблица 22).

Таблица 22 - Взаимосвязь угловых скоростей звеньев тела и технической ценности равновесий (r)

Звенья тела	С отведением ноги вперед (N=20)	С отведением ноги в сторону (N=25)	С отведением ноги назад (N=25)
лобная	0,3	0,6	0,2
шейная	0,4	0,7	0,0
акромиальная правая	0,4	0,4	0,3
акромиальная левая	0,4	0,7	0,2
плечелучевая правая	0,5	-0,1	0,4
плечелучевая левая	0,6	0,7	0,1
шиловидная правая	0,4	-0,2	0,6
шиловидная левая	0,6	0,7	0,3
переднеповзд. правая	0,5	-0,1	0,1
переднеповзд. левая	-0,1	0,1	0,2
СЛМБК правая	0,1	0,2	0,2
СЛМБК левая	0,3	0,4	0,1
ниж. большеберц. правая	-0,3	0,5	-0,4
ниж. большеберц. левая	0,4	0,7	0,2
конечная правая	0,1	0,7	-0,5
конечная левая	0,3	0,6	0,2

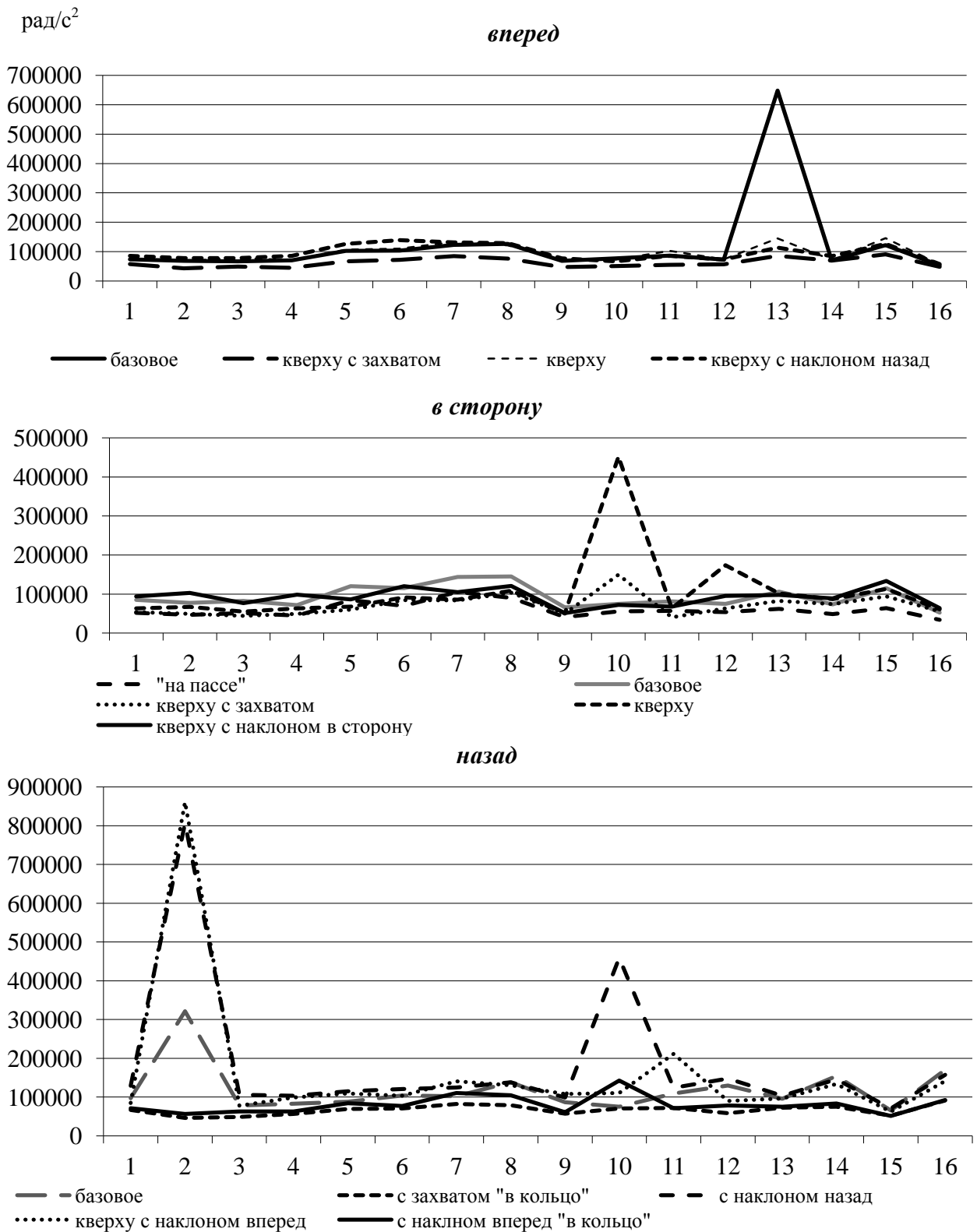
В более сложных равновесиях с отведением ноги назад и наклонами в различных направлениях была выявлена только одна взаимосвязь – угловой скорости конечной точки опорной ноги и технической ценности элементов. Из которой следовало, что, чем выше ценность выбранного элемента, тем меньше должно быть перемещение стопы. Более всего эти особенности

учтены в таблицах технической ценности действующих правил соревнований для равновесий художественной гимнастики с отведением ноги в сторону (9-ть из 16-ти корреляционных взаимосвязей значимы) и для равновесия с отведением ноги вперед (4-ть из 16-ти корреляционных взаимосвязей значимы). В связи с этим возникла необходимость дополнительной оценки важной для сохранения устойчивости тела кинематической характеристики - ускорения точек звеньев тела (рисунок 19).

Как и в угловой скорости звеньев тела, так и в показателях ускорения звеньев тела была выявлена характерная особенность: в равновесиях с захватом независимо от направления движения свободной ногой ускорения звеньев тела были значительно ниже. При этом их вариативность, как в подгруппе, так и в целом среди всех равновесий была невысокой. То есть эти равновесия выполнялись наиболее стабильно.

Наивысшие показатели ускорений в равновесиях с отведением ноги вперед были зафиксированы в более удаленных от ОЦМт точках звеньев тела: лучевых и шиловидных обеих рук, конечной, нижней большеберцовой и середины латерального мыщелка бедренной кости правой ноги. Так ускорение нижней большеберцовой точки правой ноги было в 9 раз больше, чем левой - опорной ноги.

Наиболее ускоренными при выполнении равновесий были точки звеньев тела, которые для сохранения устойчивого положения находились над опорой левой ноги. Это точки: конечная, нижняя большеберцовой и середина латерального мыщелка бедренной кости левой ноги, лобная, шейная, акромиальные и переднеповздошные точки. То есть, отсутствие захвата, и активное увеличение амплитуды достигалось за счет ускоренного движения свободным звеном. А сохранение равновесия (тела над площадью опоры) при этом осуществлялось за счет активной балансировки руками. Добавление наклона туловища назад увеличивало ускорения всех точек звеньев верхней части туловища при стабильном положении таза (переднеповздошные точки).



Примечание. Точки звеньев тела: 1 - лобная, 2 - шейная, 3 - акромиальная правая, 4 - акромиальная левая, 5 - плечелучевая правая, 6 - плечелучевая левая, 7 - шиловидная правая, 8 - шиловидная левая, 9 - переднеповзд. правая, 10 - переднеповзд. левая, 11 - СЛМБК правая, 12 - СЛМБК левая, 13 - нижняя большеберцовая правая, 14 - нижняя большеберцовая левая, 15 - конечная правая, 16 - конечная левая.

Рисунок 19— Ускорения точек звеньев тела при выполнении равновесий с отведением ноги в различных направлениях (рад/с<sup>2</sup>; N=12)

В равновесиях с отведением ноги в сторону наблюдалась такая же тенденция. Однако замечено, что уменьшение длины плеча рычага движения относительно тазобедренного сустава и фиксация свободной ноги у опорной ноги приводили к снижению ускорения точек звеньев тела на 40%, то есть упрощали сохранение устойчивого равновесия. Увеличение амплитуды движения до шпагата с большей длиной плеча рычага наоборот ускоряло вращательную точку левой стороны тела на 83%, увеличивая сложность. Обычный наклон туловища в сторону примерно на 1/3 ускорял наиболее удаленные от протольной оси точки звеньев тела.

Установлено, что специфичным для равновесий с отведением ноги назад является большие различия в ускорениях шейного отдела позвоночника. Так было выявлено, что, если в равновесиях с захватом ноги ускорение точки шейного отдела позвоночника было самым низким, то в равновесиях с отведением ноги назад, с наклоном назад и с наклоном вперед нога в шпагат ускорения данной точки были самые большие, и превышали показатели ускорений точки шейного отдела позвоночника всех анализируемых равновесий в 3-8,5 раз. То есть сложность равновесий прямо зависела от ускорений, которые были обусловлены направлением и характером выполняемых движений.

При этом выполненный корреляционный анализ показал, что данный фактор (ускорение звеньев) учитывался в применяемой таблице ценности только для первых двух подгрупп равновесий: с отведением вперед и в сторону. Соответственно в равновесиях с отведением ноги вперед выявлено 25% возможных связей ускорений звеньев тела с технической ценностью равновесий, а в равновесиях с отведением в сторону - 43%. При отведении ноги назад установлена только одна средней степени связь ускорения правой кисти с технической ценностью равновесий, соответствующей правилам соревнований.

Причем, если в равновесиях с отведением ноги вперед взаимосвязей было меньше и они были выражены в меньшей степени, то в равновесиях с















отведением ноги в сторону 44% ускорений точек звеньев тела были связаны с технической ценностью элементов, и они были на 1/3 выше. При отведении ноги назад только кисть одноименной правой руки (шиловидная точка, не определяющая форму равновесия) указывала на изменение технической ценности согласно правилам соревнований. Данный факт подтверждал неправомерность применяемой в практике дифференцировки равновесий по ценности элементов.

Учитывая, что независимо от характера и сложности двигательных действий, результатом выполнения всех равновесий является сохранение устойчивого положения, показатели выполненной стабилотографии стали объективными характеристиками, позволяющими дифференцировать элементы по степени их сложности (таблица 23).

Анализ полученных данных позволил установить, что большая часть показателей (67,14%) имеет высокую вариативность. При этом степень ее выраженности лишь частично зависела от технической ценности равновесия. Так наивысшая стабильность характеристик демонстрировалась в равновесиях с отведением ноги вперед и назад, а менее технически ценное (0,1 балла) равновесие с отведением ноги в сторону в четырех характеристиках из пяти имело вариативность выше 30%.

Наиболее нестабильные количественные показатели были зафиксированы в площади эллипса и в коэффициенте кривизны. Это указывало на то, что данные характеристики в большей степени подвержены влиянию как внешних, так внутренних факторов, обуславливающих устойчивость. Именно на их стабилизацию направлены все движения спортсменки. Однако корреляционный анализ экспертной оценки качества равновесий, технической ценности и стабилотографических характеристик устойчивости показал, что визуальная (субъективная) оценка не всегда совпадает с объективными показателями, а техническая ценность выполняемых равновесий лишь в незначительной степени учитывает сложность их сохранения.

Таблица 23 - Стабилографические характеристики равновесий различной технической ценности (n=6; N=12)

№ п/п	равновесие	Ценность (баллы)	Стат. показ.	Средний разброс (мм)	Ср. скорость перемещения ЦД(мм/с)	Коэфф-нт кривизны (рад/мм)	Площадь эллипса (мм <sup>2</sup> )	Оценка движения (рад/с)	
1.	На левой, правая вперёд		0,2	M±m	8,42±1,07	60,35±2,80	-0,29±0,16	478,77±101,04	145,32±13,07
				V(%)	17,08	6,62	0,24	29,61	11,74
2.	На левой, правая вперёд-вверх с захватом левой рукой		0,2	M±m	22,47±7,53	109,50±15,74	-0,14±0,46	3410,67±927,24	103,50±16,45
				V(%)	43,78	20,82	72,24	38,68	21,21
3.	На левой, правая вперёд-вверх		0,4	M±m	26,73±16,34	85,69±31,97	0,09±0,06	4029,35±3227,35	79,23±24,23
				V(%)	70,86	47,95	91,98	94,41	37,36
4.	На левой, правая вперёд-вверх с наклоном назад		0,6	M±m	32,81±12,93	169,95±42,77	-0,35±0,36	10976,50±6092,2	116,14±27,73
				V(%)	51,42	33,16	74,52	72,77	31,75
5.	На левой, правая на «пассе»		0,1	M±m	29,92±7,69	86,69±9,94	0,25±0,63	6043,70±2505,87	62,37±13,82
				V(%)	33,76	15,25	65,88	56,0	31,14
6.	На левой, правая в сторону		0,2	M±m	10,37±1,72	76,03±18,68	0,08±0,17	1029,03±575,58	144,57±10,69
				V(%)	21,64	31,99	20,52	72,66	9,65
7.	На левой, правая в сторону с захватом		0,2	M±m	21,59±8,91	94,36±24,30	-0,97±1,50	3356,47±1846,91	107,90±46,21
				V(%)	56,55	33,63	67,34	76,09	56,15
8.	На левой, правая в сторону в шпагат		0,4	M±m	30,17±21,25	112,53±39,50	0,13±0,18	9220,60±6598,57	97,84±28,83
				V(%)	91,68	45,89	20,29	141,41	43,81
9.	Равновесие на левой, правая в сторону в шпагат с наклоном влево		0,6	M±m	15,33±3,13	82,34±11,24	-0,17±0,23	2194,93±1293,38	110,82±21,61
				V(%)	26,74	17,84	36,34	76,56	25,42
10.	Равновесие на правой, левая назад		0,3	M±m	11,46±0,31	69,38±7,05	-0,55±0,17	988,07±157,11	120,82±10,21
				V(%)	3,52	14,71	42,29	21,99	11,67
11.	Равновесие на правой, левая назад с наклоном назад		0,5	M±m	17,85±5,47	188,30±76,74	0,01±0,11	3880,17±3601,09	211,31±69,89
				V(%)	40,67	59,11	15,13	120,45	45,37
12.	Низкое равновесие на правой, левая назад в шпагат		0,5	M±m	22,54±10,44	78,37±10,90	-0,11±0,18	2525,80±1521,67	89,70±43,80
				V(%)	63,48	20,53	29,79	81,34	63,99
13.	Равновесие на правой, с захватом левой ноги в кольцо		0,3	M±m	12,14±2,05	70,91±4,84	0,19±0,12	1312,00±645,93	119,31±14,03
				V(%)	22,23	9,96	96,48	63,96	16,23
14.	Низкое равновесие на правой, левой в кольцо		0,6	M±m	11,04±0,48	75,27±10,45	-0,09±0,18	966,60±142,53	142,68±12,40
				V(%)	5,60	18,51	27,23	20,24	11,45

Так только равновесия с отведением ноги вперед имеют 80% возможных связей с экспертной оценкой, с отведением ноги назад - 20%, а экспертная оценка за выполнение равновесий с отведением ноги в сторону вообще не связана истинными показателями устойчивости. При этом было установлено, что средний разброс ЦД является наиболее информативной характеристикой для технической ценности ( $r = 0,5$ ). Чем выше была техническая ценность равновесия, тем больше были показатели данной характеристики, а экспертная оценка за выполнение равновесия (с отведением ноги вперед) была ниже ( $r = - 0,71$ ).

Сравнительный анализ среднестатистических характеристик стабиллографии, размещенных в порядке повышения технической ценности равновесий, показал, что только при отведении ноги в сторону наблюдалась логичная положительная динамика. При этом показатели среднего разброса ЦД у второго по счету равновесия с отведением ноги вперед были выше, чем у четвертого равновесия, имеющего ценность в 3 раза выше.

Можно предположить, что независимо от величины разброса ЦД достаточно просто управлять равновесием, поэтому это не отражено в технической ценности правил FIG. Однако данные экспертной оценки свидетельствовали об обратном: чем выше были показатели среднего разброса ЦД, тем ниже была оценка. Значит, данный фактор просто не был учтен при проектировании технической ценности равновесий в таблицах правил соревнований.

Подобная тенденция наблюдалась и при анализе средних скоростей перемещения ЦД выполняемых равновесий. Первый и последний элементы с отведением ноги назад имели разницу в технической ценности равную 0,3 балла, однако скорости перемещения ЦД данных равновесий были равны.

Установлено, что количественные показатели устойчивости выполняемых равновесий зависели от угловых характеристик звеньев тела. На средний разброс ЦД (мм), среднюю скорость ЦД (мм/с), оценку движения (рад/с) и коэффициент кривизны (рад/мм) в наибольшей степени влияла

степень отведения ноги в тазобедренном суставе ( $r = 0,63-0,71$ ). При этом, движения в плечевом и локтевом суставах помогали корректировать программу сохранения равновесия при увеличении оценки движения ( $r = 0,53-0,55$ ). На влияние амплитудных перемещений звеньев тела на устойчивость равновесий указывают и установленные корреляционные взаимосвязи стабиллографических характеристик и длины траекторий точек звеньев. Во всех анализируемых группах равновесий в большей или меньшей степени были зафиксированы связи между данными факторами. Однако влияние длины траекторий больше проявлялось в равновесиях с отведением ноги в сторону и назад. Такая же тенденция была установлена во взаимодействиях угловых скоростей и ускорений звеньев тела и стабиллографических характеристик. При этом при выполнении равновесий с отведением ноги вперед только скорости голени и стопы опорной ноги влияли на сохранение равновесия.

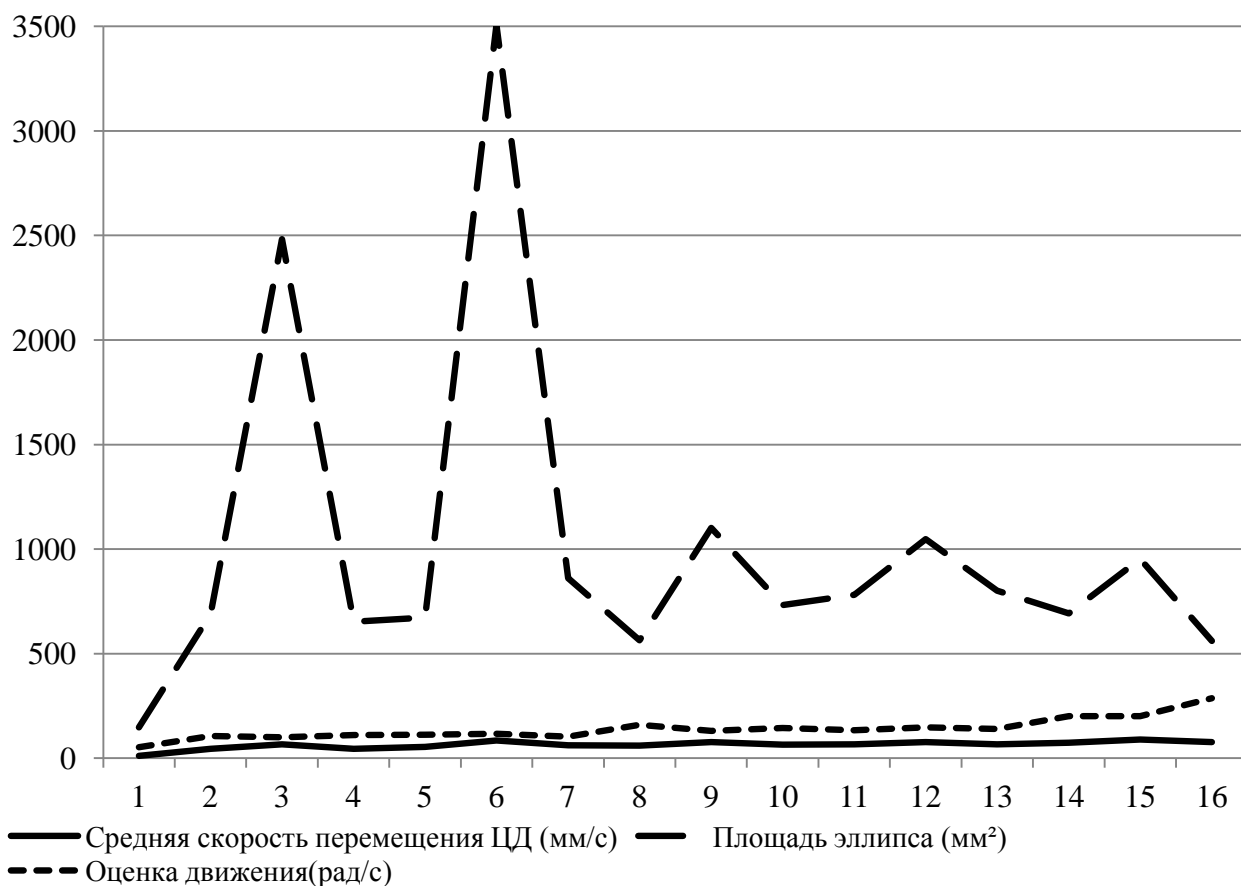
В процессе исследований было установлено, что по мере увеличения вестибулярной нагрузки посредством добавления наклонов туловища или головы возрастала оценка движений, что указывало на повышение сложности сохранения равновесия (рисунок 20).

Это было обусловлено увеличением средней скорости ЦД. При этом площадь эллипса с добавлением наклона головы и уменьшением площади опоры (подъем на полупальцы) возрастала более чем в 4 раза. Сравнив показатели стабиллографии при сохранении равновесия в основной стойке с показателями равновесий в стойке на носках (ке) с наклонами головы в различных направлениях, выявлено, что наибольшие изменения происходили при наклоне головы назад. При чём, чем сложнее была поза тела, тем больше было отклонение показателей, от зафиксированных в основной стойке.

Более всего контроль положений звеньев тела (оценка движений) проявлялся в равновесии нога назад, в котором к стойке на носке одной ноги добавлялся вращательный момент вперёд, и возникала необходимость выполнения наклона головы назад. Это подтверждало, что при наклоне



головы назад гимнастки испытывают наибольшие трудности. Шейно-тонический рефлекс, с одной стороны, обеспечивал прогнутое положение тела (динамическую осанку) гимнастки в равновесии, но, с другой, - требовал более жёсткой фиксации звеньев тела и контроля.



Примечания: 1-о.ст.; 2-ст. на носках с наклоном головы вперед; 3-ст. на носках с наклоном головы назад; 4-ст. на носках с наклоном головы в сторону; 5-ст. на одной другая согнута вперед с наклоном головы вперед; 6-ст. на одной другая согнута вперед с наклоном головы назад; 7-ст. на одной другая согнута вперед с наклоном головы в сторону; 8-ст. на одной другая в сторону - вниз с наклоном головы вперед; 9- ст. на одной другая в сторону - вниз с наклоном головы назад; 10-ст. на одной другая в сторону - вниз с наклоном головы в сторону; 11-ст. на одной другая назад - вниз с наклоном головы вперед; 12-ст. на одной другая назад - вниз с наклоном головы назад; 13-ст. на одной другая назад - вниз с наклоном головы в сторону; 14-профилирующее равновесие нога вперед; 15-профилирующее равновесие нога в сторону; 16-профилирующее равновесие нога назад.

Рисунок 20 - Динамика показателей стабильности при выполнении равновесий с наклонами головы (N=12)

Таким образом, можно утверждать, что кинематические характеристики движений спортсменки обуславливают ее степень устойчивости в равновесии. Объективными показателями их сложности

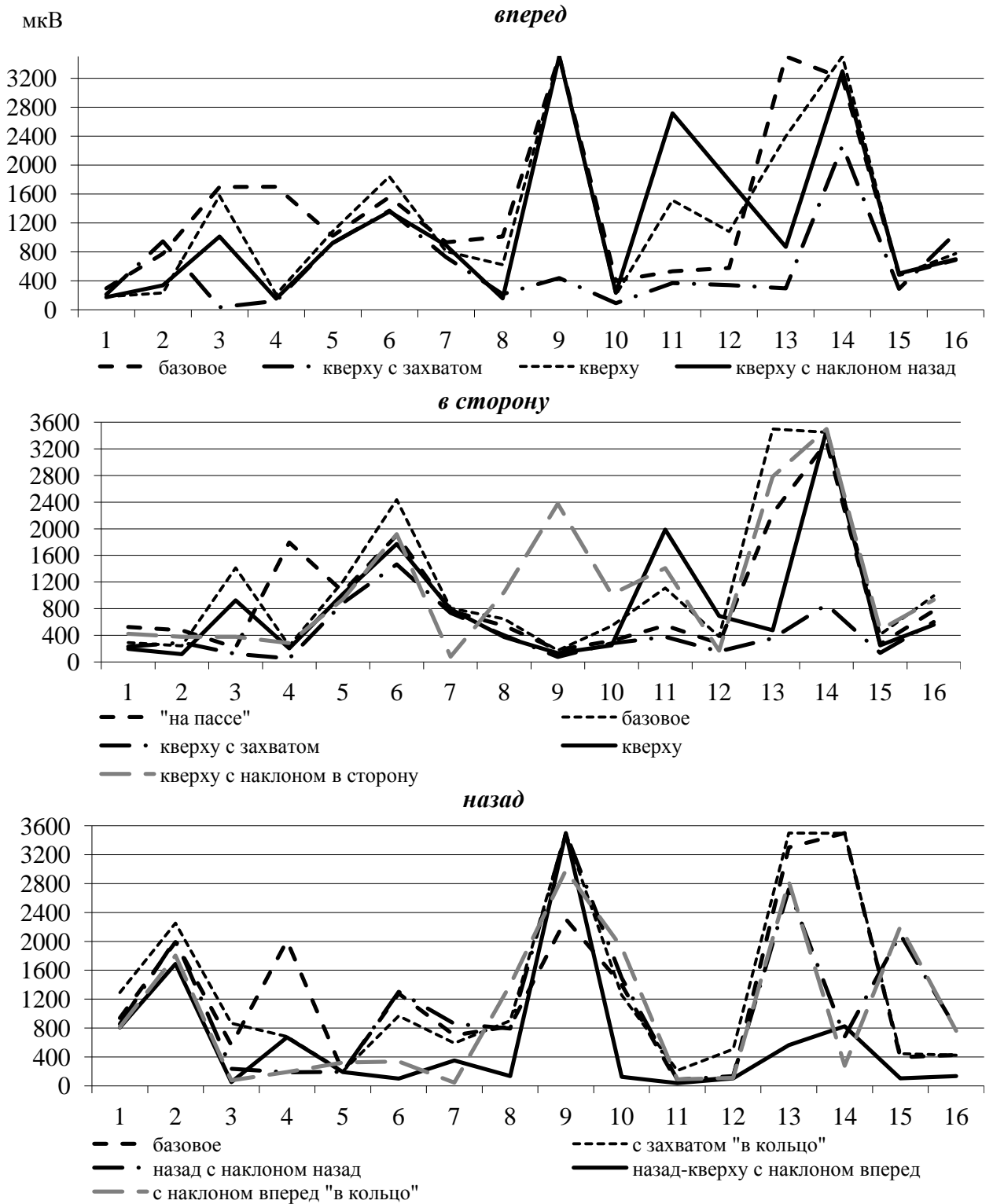
являются данные стабิโลграфии, но это не отражено в технической ценности равновесий, зафиксированной действующими правилами соревнований.

Учитывая, что внешние (кинематические) характеристики движений обусловлены характером мышечной деятельности - динамическими характеристиками, следующим этапом в конкретизации факторов сложности равновесий художественной гимнастики являлся анализ особенностей проявления электрической активности мышц, а также ее влияния на уже конкретизированные характеристики – кинематические и стабילוграфические.

В процессе анализа данных поверхностной электромиографии было учтено, что активность мышц определяет функциональность и реактивность опорно-двигательного аппарата, позволяет гимнастке своевременно предотвращать случайные колебания свободными конечностями, то есть увеличивает управляемость биомеханической системой и, следовательно, обуславливает сохранение равновесия (рисунок 21).

Метод поверхностной электромиографии позволил дифференцировать выполняемые спортсменками равновесия различной технической ценности по максимальной амплитуде турнов, средней амплитуде турнов и частоте турнов электрической активности мышц и выявить степень влияния данных показателей на принимаемую форму и устойчивость положения.

В процессе анализа максимальной амплитуды турнов, отражающей наивысшую степень активации каждой мышечной группы и прикладываемое усилие, установлено, что равновесия, выполняемые в порядке возрастания их ценности трудности в каждой из подгрупп, не имеют четко выраженной тенденции к увеличению электрической активности по всем мышечным группам. Так показатели максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении равновесия с отведением ноги вперед были значительно выше, чем в равновесии с захватом, хотя последнее имело в соответствии с правилами соревнований более высокую техническую ценность.



Примечания. Мышцы: 1 - Трапециевидная правая; 2 - Трапециевидная левая; 3 - Широчайшая спины правая; 4 - Широчайшая спины левая; 5 - Прямая живота правая; 6 - Прямая живота левая; 7 - Ягодичная правая; 8 - Ягодичная левая; 9 - Прямая бедра правая; 10 - Двуглавая бедра правая; 11 - Передняя б/берцовая правая; 12 - Икроножная правая; 13 - Прямая бедра левая; 14 - Двуглавая бедра левая; 15 - Передняя б/берцовая левая; 16 - Икроножная левая.

Рисунок 21 - Максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении равновесий различной сложности (мкВ; N=12)

Однако корреляционный анализ позволил выявить среднюю степень зависимости технической ценности от электрической активности конкретных мышц (таблица 24).

Таблица 24 - Взаимосвязь максимальной амплитуды турнов и технической ценности равновесий (r)

Максимальная амплитуда электрической активности мышцы	Ценность трудности равновесий		
	с отведением ноги вперед (N=20)	с отведением ноги в сторону (N=25)	с отведением ноги назад (N=25)
Трапецевидная правая	-0,6	-0,1	0,1
Трапецевидная левая	-0,5	-0,1	0,1
Широчайшая спины левая	-0,4	-0,4	-0,5
Прямая живота правая	-0,1	-0,3	0,5
Ягодичная правая	0,2	-0,8	-0,3
Ягодичная левая	-0,5	0,6	0,7
Прямая бедра правая	0,5	0,7	0,2
Двуглавая бедра правая	-0,1	0,7	0,7
Передняя б/берцовая правая	0,9	0,6	0,4
Икроножная правая	0,7	-0,1	0,2
Передняя б/берцовая левая	0,4	0,5	0,7
Икроножная левая	-0,2	0,1	0,6

Для каждой подгруппы равновесий был характерен свой специфический набор наиболее активируемых мышц, от которых зависела сложность выполняемого движения, и их количество примерно было одинаково. Однако последующий анализ взаимосвязей максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц с кинематическими характеристиками (таблица 25) показал, что техническая ценность правил соревнований не учитывает электрическую активность некоторых мышц, которые в значительной степени определяют форму и устойчивость равновесий.

Так прямая мышца живота и широчайшая спины, активируемые в равновесии, создают «мышечный корсет», своеобразную динамическую осанку, позволяя минимизировать скорости и ускорения свободных в статическом положении и сохранить проекцию ОЦМт в пределах площади опоры.

Таблица 25 - Взаимосвязь максимальной амплитуды турнов и угловых характеристик равновесий различной сложности (г)

углы	МЫШЦЫ															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
равновесия с отведением ноги вперед (N=20)																
1	0,05	0,20	- 0,63	- 0,27	- 0,44	- 0,67	- 0,20	- 0,65	- 0,70	- 0,54	0,03	- 0,15	- 0,76	- 0,49	- 0,77	0,10
2	- 0,41	0,12	- 0,87	- 0,52	- 0,24	- 0,22	- 0,45	- 0,62	- 0,85	- 0,89	- 0,17	- 0,11	- 0,68	- 0,72	- 0,47	0,45
3	- 0,62	- 0,26	- 0,45	- 0,71	- 0,16	- 0,30	- 0,07	- 0,57	- 0,30	- 0,66	0,27	0,24	- 0,53	- 0,29	- 0,37	0,16
4	0,09	- 0,31	0,86	0,22	0,25	0,28	0,40	0,42	0,90	0,68	0,51	0,54	0,56	0,80	0,58	- 0,26
5	0,26	- 0,24	0,83	0,41	0,23	0,14	0,40	0,46	0,91	0,86	0,39	0,46	0,57	0,73	0,53	- 0,39
6	0,34	0,31	- 0,02	0,28	0,36	0,32	- 0,12	0,60	- 0,34	0,07	- 0,90	- 0,80	0,45	- 0,14	- 0,14	0,20
7	- 0,21	- 0,57	0,59	- 0,03	0,30	0,06	0,45	0,19	0,69	0,44	0,36	0,29	0,34	0,55	0,33	- 0,72
8	0,33	0,44	- 0,55	0,07	0,02	- 0,13	- 0,20	0,08	- 0,80	- 0,25	- 0,81	- 0,75	- 0,11	- 0,60	- 0,44	0,16
9	0,29	0,09	0,59	0,37	0,28	0,32	0,07	0,54	0,58	0,63	- 0,12	- 0,01	0,59	0,76	0,46	- 0,18
10	0,09	0,35	- 0,62	- 0,33	- 0,37	- 0,35	0,00	- 0,36	- 0,44	- 0,40	0,04	0,19	- 0,40	- 0,36	- 0,10	0,53
Равновесия с отведением ноги в сторону (N=25)																
1	- 0,45	- 0,16	- 0,14	- 0,23	- 0,12	- 0,35	0,59	- 0,53	- 0,57	- 0,43	- 0,47	0,01	- 0,53	- 0,85	- 0,64	- 0,25
2	- 0,20	- 0,12	- 0,19	- 0,48	- 0,31	- 0,28	- 0,69	0,51	0,59	0,53	0,36	- 0,17	- 0,17	- 0,18	0,21	- 0,04
3	0,40	0,06	0,43	0,27	0,38	0,53	- 0,23	0,40	0,25	0,32	0,62	0,40	0,57	0,99	0,63	0,28
4	- 0,29	- 0,17	0,51	0,04	0,34	0,33	0,75	- 0,56	- 0,69	- 0,40	0,02	0,40	- 0,02	- 0,08	- 0,27	- 0,13
5	0,71	0,43	0,21	0,59	0,44	0,57	0,02	0,28	0,02	0,13	- 0,03	0,03	0,74	0,77	0,46	0,36
6	- 0,24	- 0,16	0,11	0,17	0,23	- 0,16	0,92	- 0,78	- 0,81	- 0,83	- 0,40	0,25	- 0,40	- 0,34	- 0,67	- 0,27
7	- 0,69	- 0,56	0,41	- 0,76	- 0,07	0,02	- 0,22	0,12	0,18	0,24	0,42	0,10	- 0,11	- 0,25	0,16	0,01
8	0,14	0,13	- 0,29	0,48	- 0,04	0,07	0,38	- 0,37	- 0,09	- 0,30	- 0,25	- 0,11	- 0,30	- 0,24	- 0,61	- 0,36
9	0,42	0,52	- 0,61	0,44	- 0,19	- 0,30	0,26	- 0,23	- 0,35	- 0,29	- 0,79	- 0,46	- 0,13	- 0,49	- 0,43	- 0,06
10	- 0,31	- 0,41	0,20	- 0,25	0,35	0,12	0,13	- 0,23	- 0,03	- 0,29	0,03	- 0,31	- 0,10	- 0,19	- 0,30	- 0,05
Равновесия с отведением ноги назад (N=25)																
1	- 0,02	- 0,17	- 0,00	0,23	- 0,39	- 0,31	0,07	- 0,80	0,29	- 0,98	- 0,21	0,04	- 0,71	0,19	- 0,78	- 0,76
2	- 0,18	- 0,37	- 0,27	0,08	- 0,31	- 0,55	- 0,17	- 0,74	0,20	- 0,91	- 0,34	- 0,14	- 0,83	- 0,10	- 0,57	- 0,75
3	0,10	0,26	0,01	- 0,12	0,47	0,34	- 0,02	0,73	- 0,21	0,93	0,34	- 0,12	0,74	- 0,09	0,69	0,72
4	0,11	0,30	0,40	0,11	- 0,27	0,78	0,66	0,18	0,12	0,48	0,41	0,21	0,61	0,30	0,34	0,41
5	0,31	0,22	0,54	0,52	- 0,39	0,00	0,19	- 0,58	0,30	- 0,72	0,23	0,45	- 0,16	0,74	- 0,90	- 0,72
6	0,14	0,40	0,45	0,02	0,08	0,69	0,38	0,64	0,00	0,81	0,44	0,30	0,91	0,27	0,45	0,66
7	0,38	0,21	0,68	0,50	- 0,18	0,01	0,04	- 0,08	0,20	- 0,28	0,51	0,59	0,24	0,81	- 0,64	- 0,55
8	0,45	0,39	0,64	0,50	- 0,53	0,22	0,26	- 0,42	0,29	- 0,27	0,48	0,51	0,21	0,72	- 0,42	- 0,66
9	0,10	0,48	- 0,05	0,23	- 0,19	0,67	0,75	- 0,13	0,39	0,02	- 0,26	- 0,30	0,19	- 0,04	0,13	0,34
10	0,11	- 0,10	0,14	0,29	0,36	- 0,53	- 0,65	0,05	- 0,16	- 0,23	0,10	0,20	- 0,13	0,34	- 0,54	- 0,43
Примечания: 1 - Трапециевидная правая; 2 - Трапециевидная левая; 3 - Широкая спины правая; 4 - Широкая спины левая; 5 - Прямая живота правая; 6 - Прямая живота левая; 7 - Ягодичная правая; 8 - Ягодичная левая; 9 - Прямая бедра правая; 10 - Двуглавая бедра правая; 11 - Передняя б/берцовая правая; 12 - Икроножная правая; 13 - Прямая бедра левая; 14 - Двуглавая бедра левая; 15 - Передняя б/берцовая левая; 16 - Икроножная левая.																

Корреляционный анализ взаимосвязей электрической активности мышц и угловых характеристик, позволил установить, что не менее 87,5% исследуемых мышц участвует в процессе решения конкретной двигательной задачи (сохранение равновесия какой-либо подгруппы) посредством активации или расслабления. При этом в каждой подгруппе равновесий степень значимости электрической активности мышц различна:

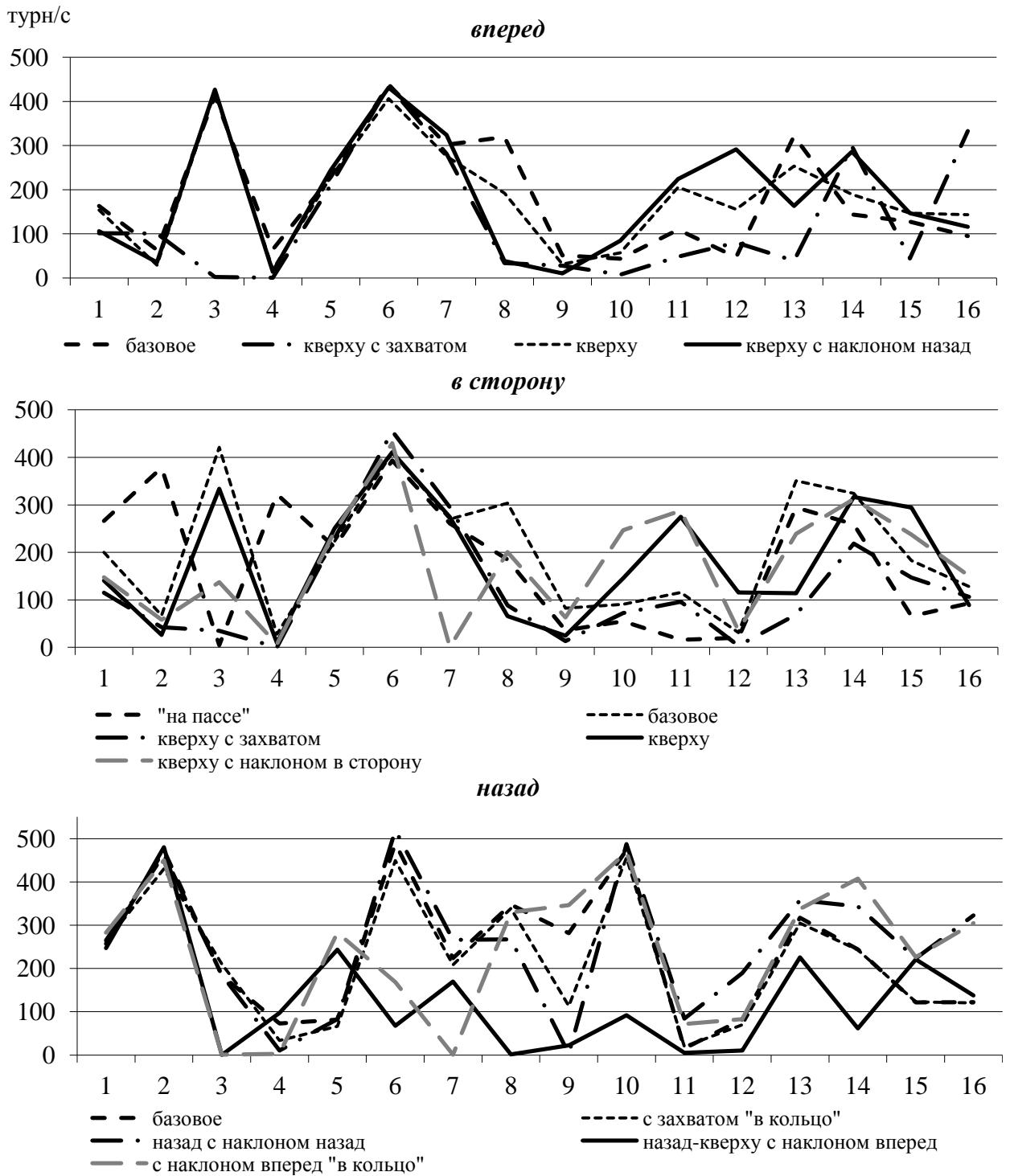
- при выполнении равновесий с отведением ноги вперед - 40,0%;
- при выполнении равновесий с отведением ноги в сторону - 26,9%
- при выполнении равновесий с отведением ноги назад - 35,0%.

Наиболее сильные взаимосвязи зафиксированы между активацией мышц бедер, ягодичных мышц и угловыми характеристиками тазобедренных суставов ( $r = 0,91$ ) в равновесиях с отведением ноги вперед, а также между двуглавой мышцей левой опорной ноги и угловыми характеристиками правого локтевого сустава в равновесиях с отведением ноги в сторону ( $r = 0,99$ ).

Таким образом, чем более амплитудное равновесие требовалось выполнить гимнастке, тем сильнее активировались или расслаблялись мышцы, определяющие длины траекторий, угловые скорости и ускорения точек звеньев тела относительно конкретных суставов.

Кроме этого фиксируемая при выполнении различных равновесий электрическая активность мышц позволяла оценить сложность элементов по показателям частоты регистрируемых турнов (рисунок 22).

Профили частоты турнов анализируемых подгрупп равновесий имели отличия, но была выявлена общая особенность: наиболее высокая частота наблюдалась в мышцах, которые в меньшей степени активировались для выполнения равновесия. Так прямая левая мышца живота во всех равновесиях с отведением правой ноги вперед удлиняется и частота амплитуды турнов во всех равновесиях варьирует в пределах 400-450 (турн/с).



Примечание. Мышцы: 1 - трапецевидная правая; 2 - трапецевидная левая; 3 - широчайшая спины правая; 4 - широчайшая спины левая; 5 - прямая живота правая; 6 - прямая живота левая; 7 - ягодичная правая; 8 - ягодичная левая; 9 - прямая бедра правая; 10 - двуглавая бедра правая; 11 - передняя б/берцовая правая; 12 - икроножная правая; 13 - прямая бедра левая; 14 - двуглавая бедра левая; 15 - передняя б/берцовая левая; 16 - икроножная левая.

Рисунок 22 - Частота турнов электрической активности мышц при выполнении равновесий различной сложности (турн/с; N=12)

В процессе корреляционного анализа частоты турнов электрической активности мышц, угловой скорости и ускорения звеньев тела при выполнении равновесий, еще раз было подтверждено, что динамика всех звеньев тела зависит, в первую очередь, от характера работы мышц туловища, опорной ноги и маховой ноги. Например, при сохранении равновесий с отведением ноги вперед, чем ниже была частота турнов электрической активности мышц, составляющих «мышечный корсет» (правой широчайшей спины, правой прямой живота), тем меньшим колебаниям в пространстве были подвержены точки звеньев тела гимнастки ( $r = 0,5-0,9$ ). Наоборот, чем больше была частота турнов правой двуглавой мышцы бедра отводимой ноги (она повышалась с увеличением амплитуды), тем выше были скорости (колебания) всех остальных звеньев тела ( $r = 0,5-0,7$ ). То есть преднамеренное повышение степени свободы в тазобедренном суставе усложняло межмышечную координацию и задачу управления биокинетической цепью при сохранении равновесия.

Относительно длины траекторий точек проявлялась такая же тенденция, но частота турнов электрической активности мышц, наоборот способствовала проявлению активной гибкости, обеспечивающей отведение ноги. Повышение данного показателя в прямой мышце бедра увеличивало свободу движения звена в тазобедренном суставе, предопределяло величину дистанции перемещения и достижение максимальной амплитуды.

При этом в процессе анализа взаимосвязей технической ценности равновесий с частотой турнов (таблица 26) было установлено, что более всего проявляется связь характеристик в мышцах антагонистах, подвергающихся растяжению при отведении ноги. То есть, чем больше частота турнов мышц, предопределяющих величины амплитуд звеньев тела, тем должна быть выше техническая ценность равновесия.

Однако полученные коэффициенты показали, что обозначенная правилами соревнований техническая ценность равновесий в меньшей степени учитывает частоту турнов электрической активности мышц-



агонистов, чем все остальные динамические характеристики. Так только в равновесиях с отведением ноги вперед существует взаимосвязь частоты турнов и технической ценности равновесий (прямая мышца бедра:  $r = -0,55$ ).

Таблица 26 - Взаимосвязь частоты турнов и технической ценности равновесий художественной гимнастики ( $r$ )

Ценность трудности	мышцы															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
вперед (N=20)	-0,38	-0,47	0,54	-0,26	0,43	0,08	0,41	-0,39	-0,55	0,84	0,85	0,92	-0,03	0,35	0,37	-0,39
в сторону (N=25)	-0,52	-0,54	0,16	-0,57	0,63	0,23	-0,86	-0,08	0,22	0,95	0,93	0,38	-0,15	0,50	0,62	0,40
назад (N=25)	0,49	-0,51	-0,09	-0,87	0,20	0,01	-0,48	0,53	0,20	0,59	0,67	0,39	0,64	0,82	0,27	0,63

Примечания.  
Мышцы: 1 - Трапециевидная правая; 2 - Трапециевидная левая; 3 - Широчайшая спины правая; 4 - Широчайшая спины левая; 5 - Прямая живота правая; 6 - Прямая живота левая; 7 - Ягодичная правая; 8 - Ягодичная левая; 9 - Прямая бедра правая; 10 - Двуглавая бедра правая; 11 - Передняя б/берцовая правая; 12 - Икроножная правая; 13 - Прямая бедра левая; 14 - Двуглавая бедра левая; 15 - Передняя б/берцовая левая; 16 - Икроножная левая

В процессе выявления степени влияния частоты турнов электрической активности мышц на кинематические показатели устойчивости при выполнении равновесий были проанализированы корреляционные взаимосвязи выше обозначенной характеристики и характеристик стабильности (таблица 27). Установлено, что наибольшая зависимость сохранения устойчивости равновесия гимнасткой от частоты турнов электрической активности мышц присутствует в равновесиях с отведением ноги вперед и в сторону.

Таблица 27 - Взаимосвязь частоты турнов и стабиллографических характеристик равновесий различной технической ценности (r)

стабилография	мышцы															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
равновесия с отведением ноги вперед (N=20)																
Ср. разброс	- 0,6	- 0,4	- 0,1	- 0,4	0,1	- 0,1	0,3	- 0,3	- 0,7	0,4	0,3	0,4	- 0,2	0,6	- 0,1	0,1
Ср.V перем. ЦД	- 0,7	- 0,3	- 0,1	- 0,4	0,1	0,2	0,4	- 0,5	- 0,7	0,4	0,3	0,6	- 0,3	0,7	- 0,1	0,1
Коэф. кривиз.	0,3	0,4	- 0,0	- 0,2	- 0,1	- 0,3	- 0,4	0,1	0,2	- 0,1	- 0,1	- 0,2	0,0	- 0,3	- 0,1	0,1
Пл. эллипса	- 0,8	- 0,4	0,1	- 0,3	0,1	0,3	0,5	- 0,4	- 0,7	0,5	0,4	0,7	- 0,3	0,7	0,0	- 0,2
Оц. движения	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3	0,5	- 0,1	- 0,2	- 0,2	0,3	- 0,5	0,1	- 0,2
Равновесия с отведением ноги в сторону (N=25)																
Ср. разброс	0,4	0,6	- 0,6	0,6	- 0,2	0,1	0,2	- 0,3	- 0,3	- 0,3	- 0,5	- 0,2	- 0,1	- 0,5	- 0,6	- 0,2
Ср.V перем.ЦД	- 0,2	0,1	- 0,3	0,1	0,4	0,2	0,1	- 0,4	- 0,3	- 0,2	- 0,2	- 0,1	- 0,3	- 0,2	- 0,4	0,1
Коэф.кривиз.	0,2	0,1	0,1	0,2	- 0,2	- 0,5	0,0	0,1	0,1	- 0,1	- 0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	- 0,2
Пл. эллипса	0,4	0,6	- 0,6	0,6	- 0,2	0,1	0,2	- 0,2	- 0,4	- 0,3	- 0,5	- 0,3	0,1	- 0,4	- 0,6	- 0,3
Оц. движения	- 0,4	- 0,6	0,5	- 0,6	0,3	- 0,1	- 0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,4	0,4	0,1
Равновесия с отведением ноги назад (N=25)																
Ср. разброс	- 0,4	0,1	0,4	- 0,2	- 0,3	0,3	0,4	0,0	- 0,4	0,2	0,1	0,4	0,3	0,0	- 0,1	0,1
Ср.V перем.ЦД	- 0,1	- 0,4	0,3	- 0,1	- 0,3	0,1	0,1	0,3	- 0,1	0,2	- 0,2	- 0,2	0,0	- 0,1	- 0,4	- 0,4
Коэф.кривиз.	- 0,1	- 0,1	- 0,3	- 0,0	0,4	- 0,4	- 0,2	- 0,5	- 0,2	- 0,5	- 0,1	- 0,3	- 0,4	- 0,3	0,4	0,0
Пл. эллипса	- 0,4	- 0,1	0,3	- 0,1	- 0,2	0,1	0,2	0,1	- 0,3	0,1	- 0,1	0,1	0,1	- 0,1	- 0,3	- 0,2
Оц. движения	0,3	- 0,6	0,1	- 0,1	- 0,1	0,00	- 0,1	0,3	0,2	0,2	- 0,2	- 0,3	- 0,1	0,1	- 0,2	- 0,4
Примечания.																
Мышцы: 1 - Трапециевидная правая; 2 - Трапециевидная левая; 3 - Широчайшая спины правая; 4 - Широчайшая спины левая; 5 - Прямая живота правая; 6 - Прямая живота левая; 7 - Ягодичная правая; 8 - Ягодичная левая; 9 - Прямая бедра правая; 10 - Двуглавая бедра правая; 11 - Передняя б/берцовая правая; 12 - Икроножная правая; 13 - Прямая бедра левая; 14 - Двуглавая бедра левая; 15 - Передняя б/берцовая левая; 16 - Икроножная левая.																

Это же создавало условия для успешной демонстрации определенной формы равновесия с заданной амплитудой. Однако наиболее информативным показателем электрической активности мышц, характеризующим степень участия основных групп мышц в реализации двигательной программы, являлась средняя амплитуда турнов.














По уровню средней амплитуды турнов электрической активности можно было определить, какова локализация основных усилий, прикладываемых гимнасткой для сохранения равновесия в обозначенной в соответствии с правилами соревнований позе, а также выявить интегрированную биоэлектроактивность мышц каждого элемента.

Сравнив среднюю амплитуду турнов электрической активности мышц (таблица 28) при выполнении равновесий с отведением ноги в различных направлениях, было также подтверждено предположение, что дифференцировка элементов данной структурной группы по технической ценности в действующих правилах соревнований по художественной гимнастике условна и требует уточнения.

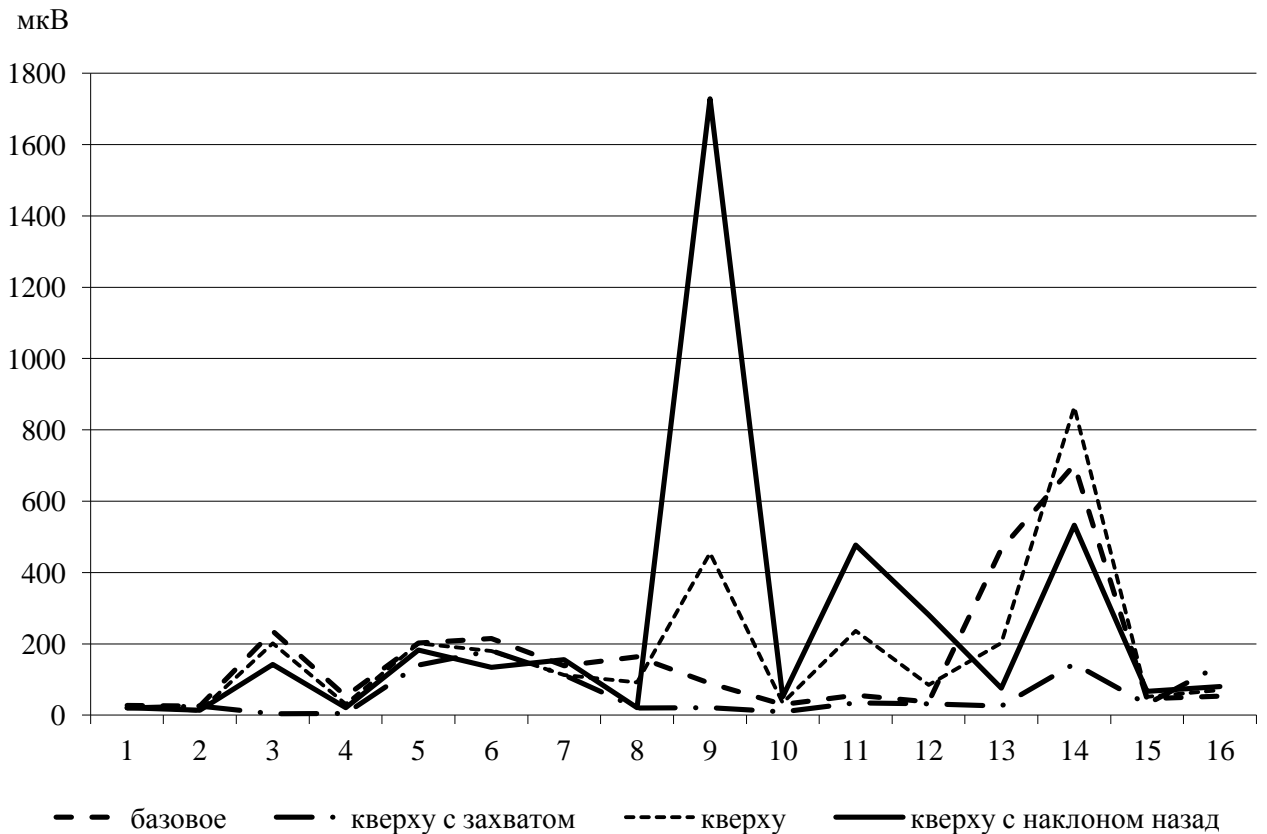
Ни в одной из подгрупп равновесий данная характеристика активируемых для обеспечения основного движения мышц не повышалась с ростом обозначенной технической ценностью. При этом наиболее значимые расхождения показателей средней амплитуды турнов с ценностью наблюдались в подгруппе равновесий с отведением ноги назад.

Так равновесие с отведением ноги назад и наклоном назад, имеющее наивысшие показатели активности мышц бедра свободной ноги для фиксации позы и активности прямой мышцы опорной ноги для сохранения устойчивого положения, занимало лишь предпоследнее место по своей технической ценности, а значит и по сложности.

Таблица 28 - Показатели средней амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении равновесий художественной гимнастики различной технической ценности (мкВ)

равновесия	Стат.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	показ.	С отведением в сторону (N=25)															
	M	38,27	21,62	229,92	33,57	224,03	248,45	121,86	103,78	30,45	40,16	103,23	29,04	535,72	650,64	55,68	80,32
	m	0,88	0,61	6,91	0,48	4,06	7,13	4,95	5,0	0,97	0,81	4,07	2,44	16,52	9,20	3,54	4,39
	M	21,73	10,41	11,81	5,12	155,04	186,14	123,07	36,75	7,52	18,31	32,75	15,01	25,84	49,83	20,64	45,49
	m	0,98	1,03	1,40	0,29	1,45	3,05	5,82	5,69	0,30	3,81	1,16	0,97	2,40	2,22	1,19	1,65
	M	26,38	11,925	121,02	24,4	197,87	206,28	129,73	34,6	28,35	33,58	298,35	79,955	39,69	607,85	46,22	51,19
	m	0,21	0,64	17,75	1,20	7,60	3,97	4,31	5,27	1,77	2,41	26,64	9,61	0,95	2,40	4,38	7,62
	M	39,28	18,35	40,76	15,37	164,98	270,65	11,13	185,15	464,46	110,75	166,83	26,38	234,08	377,41	59,25	78,15
	m	3,56	1,75	1,17	1,19	7,08	2,63	0,23	5,51	173,40	1,35	18,08	1,44	12,79	3,91	2,20	3,16
		С отведением вперед (N=20)															
	M	27,75	25,64	235,82	53,22	202,63	214,95	138,31	163,85	89,5	30,29	56,39	36,77	466,62	702,37	46,43	53,35
	m	0,46	3,84	2,63	4,55	6,68	4,16	9,43	0,95	11,94	0,12	1,09	2,46	14,45	15,07	3,87	4,25
	M	20,08	25,76	3,66	4,55	140,63	181,08	113,01	20,35	21,30	9,44	34,33	31,97	25,30	144,04	30,53	140,79
	m	0,51	4,59	0,58	0,21	6,02	5,60	3,54	1,15	2,45	0,40	4,52	0,99	1,05	9,53	1,26	6,42
	M	25,18	12,07	201,26	31,37	201,19	180,25	112,39	91,75	454,67	34,9	236,52	84,57	201,96	864,21	51,29	70,4
	m	0,27	0,31	3,93	0,79	3,96	1,43	2,92	17,52	46,10	0,08	40,67	2,93	38,10	21,95	4,23	6,75
	M	21,26	13,95	141,95	21,01	182,28	133,88	155,69	20,81	1727,89	51,51	476,90	281,19	76,06	532,68	67,17	80,30
	m	2,07	1,57	6,47	1,03	8,23	6,03	5,64	0,45	152,41	0,97	34,61	43,08	1,92	43,32	2,74	5,76
		С отведением назад (N=25)															
	M	158,82	256,22	47,79	218,19	27,57	126,05	92,31	137,73	149,73	156,08	7,97	16,68	718,71	606,41	45,75	37,92
	m	2,22	5,54	5,20	66,36	2,79	10,49	11,90	2,56	9,02	6,78	0,06	1,30	1,14	35,86	1,68	2,73
	M	186,33	248,60	65,30	54,73	25,18	104,67	76,29	138,80	915,03	141,91	10,57	21,42	660,65	501,43	43,62	40,94
	m	7,58	3,28	4,44	4,56	1,22	6,73	1,51	0,99	164,50	1,21	0,29	0,97	24,85	11,27	1,23	0,84
	M	126,02	303,70	29,75	26,29	29,78	161,08	105,92	94,42	2811,58	189,36	11,85	16,54	385,92	42,92	280,13	99,30
	m	3,88	6,73	1,05	1,09	2,31	4,75	5,13	5,94	3,29	7,24	0,60	0,52	16,09	1,66	53,06	7,26
	M	112,575	251,46	9,035	137,715	28,455	11,14	63,605	15,325	2543,78	10,245	4,625	15,84	41,9	32,39	17,59	19,18
	m	2,39	1,32	0,23	3,96	0,01	0,34	0,19	0,13	71,85	0,23	0,15	0,31	0,87	4,36	0,18	0,28
	M	130,55	299,15	11,19	18,93	38,01	24,45	5,67	177,47	1049,42	268,52	14,04	18,17	437,36	43,5	389,45	115,78
	m	0,37	5,76	0,37	0,61	2,08	0,69	0,10	9,56	257,04	4,21	0,25	0,42	8,02	0,62	13,47	2,25
Примечания. Мышцы: 1 - Трапециевидная правая; 2 - Трапециевидная левая; 3 - Широчайшая спины правая; 4 - Широчайшая спины левая; 5 - Прямая живота правая; 6 - Прямая живота левая; 7 - Ягодичная правая; 8 - Ягодичная левая; 9 - Прямая бедра правая; 10 - Двуглавая бедра правая; 11 - Передняя б/берцовая правая; 12 - Икроножная правая; 13 - Прямая бедра левая; 14 - Двуглавая бедра левая; 15 - Передняя б/берцовая левая; 16 - Икроножная левая.																	

Профили средней амплитуды турнов электрической активности мышц, полученные при регистрации электропотенциалов в процессе выполнения равновесий с отведением ноги вперед, свидетельствовали, что только по одной мышечной группе прослеживается логика возрастающей сложности, регламентируемая правилами соревнований: по правой икроножной мышце (рисунок 23).



Примечание. Мышцы: 1 - трапециевидная правая; 2 - трапециевидная левая; 3 - широчайшая спины правая; 4 - широчайшая спины левая; 5 - прямая живота правая; 6 - прямая живота левая; 7 - ягодичная правая; 8 - ягодичная левая; 9 - прямая бедра правая; 10 - двуглавая бедра правая; 11 - передняя б/берцовая правая; 12 - икроножная правая; 13 - прямая бедра левая; 14 - двуглавая бедра левая; 15 - передняя б/берцовая левая; 16 - икроножная левая

Рисунок 23 - Средняя амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении равновесий с отведением ноги вперед (мкВ; N=12)

Соответственно, при определении сложности равновесий логичнее было сравнивать суммы электрической активности мышц каждого элемента - интегрированную биоэлектрoактивность (таблица 29). Однако, выполнив математические расчеты, было установлено, что ни по данному фактору

соответствия не существует, а прямая функциональная связь отсутствует ( $r = 0,58$ ).

Таблица 29 - Интегрированная биоэлектроактивность основных групп мышц в соответствии с обозначенной технической ценностью выполняемых равновесий художественной гимнастики (баллы/мкВ)

С отведением ноги вперед			С отведением ноги в сторону			С отведением ноги назад		
Ценность трудности по таблице	$\Sigma$ средней амплитуды турнов	Рейтинг по $\Sigma$ средней амплитуды турнов	Ценность трудности по таблице	$\Sigma$ средней амплитуды турнов	Рейтинг по $\Sigma$ средней амплитуды турнов	Ценность трудности по таблице	$\Sigma$ средней амплитуды турнов	Рейтинг по $\Sigma$ средней амплитуды турнов
0,2	2543,89	3	0,2	2546,74	1	0,3	2803,93	5
0,2	946,82	4	0,2	765,46	4	0,3	3235,47	3
0,4	2853,98	2	0,4	1937,39	3	0,5	3314,86	2
0,6	3984,53	1	0,6	2262,98	2	0,5	4714,56	1
-	-	-	-	-	-	0,6	3041,66	4

Сравнив между собой подгруппы равновесий по данной характеристике, было установлено, что только от того, в каком направлении требуется выполнить отведение ноги, уже зависит сложность их выполнения. Так при выполнении базового равновесия наиболее простым является отведение ноги вперед, затем в сторону и самым сложным - назад. Дальнейшее изменение элемента посредством увеличения амплитуды отведения ноги (с помощью захвата рукой или без него), наклона туловища или их сочетания предопределено межмышечной координацией, учитывающей направление движений. Так в соответствии с установленной интегрированной биоэлектроактивностью основных групп мышц, отведение ноги в сторону в шпагат с наклоном тяжелее выполнить, чем без наклона или с захватом. Но оно же и легче, чем схожее равновесие в другом направлении: с отведением ноги вперед в шпагат и наклоном назад. В аспекте рассматриваемой характеристики, самыми сложными являются равновесия с отведением ноги назад: в данной подгруппе равновесий интегрированная биоэлектроактивность основных групп мышц была от 1,7 до 4,1 раза больше, чем в равновесиях со схожими амплитудными движениями, выполненными только в других направлениях (вперед или в сторону).

В процессе проведенного корреляционного анализа установлено, что более всего средняя амплитуда турнов электрической активности мышц связана с межзвенными угловыми характеристиками равновесий (таблица 30).

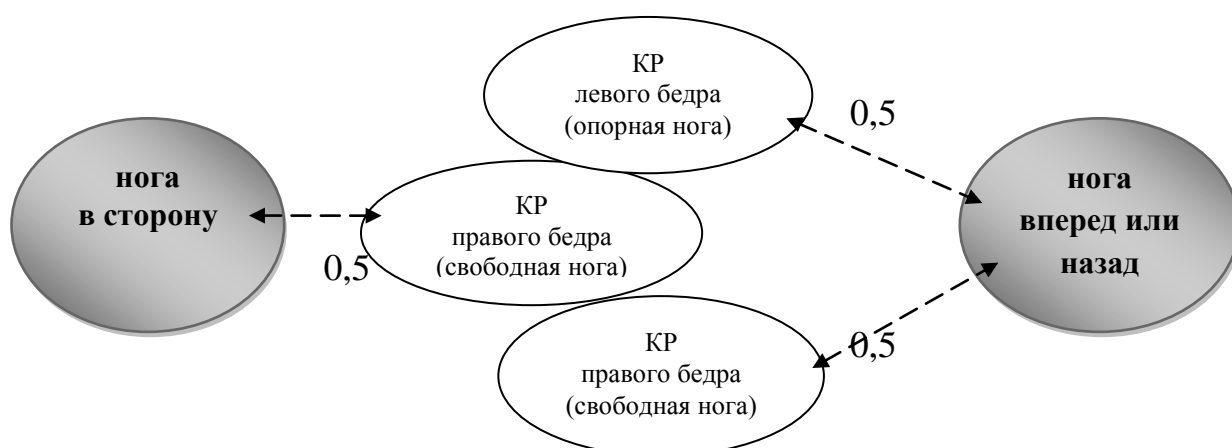
Таблица 30 - Взаимосвязь средней амплитуды турнов и угловых характеристик равновесий различной технической ценности (r)

углы	мышцы															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
равновесия с отведением ноги вперед (N=20)																
1	-0,3	0,2	-0,7	-0,7	-0,7	-0,3	-0,2	-0,7	-0,1	-0,4	0,0	0,0	-0,6	-0,7	-0,7	0,5
2	-0,5	0,0	-0,9	-0,9	-0,6	-0,3	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,2	-0,1	-0,8	-0,7	-0,4	0,9
3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8	-0,4	-0,7	-0,1	-0,6	0,3	0,1	0,3	0,3	-0,7	-0,3	-0,1	0,5
4	0,5	-0,3	0,9	0,7	0,7	-0,2	0,4	0,5	0,4	0,9	0,5	0,4	0,50	0,9	0,7	-0,7
5	0,6	-0,1	0,9	0,8	0,7	-0,1	0,5	0,5	0,4	0,8	0,4	0,4	0,6	0,7	0,6	-0,8
6	0,1	0,3	0,0	0,2	-0,1	0,9	-0,4	0,6	-0,9	-0,8	-0,9	-0,9	0,5	0,0	-0,5	0,1
7	0,2	-0,3	0,6	0,4	0,4	0,0	0,5	0,3	0,4	0,6	0,4	0,3	0,3	0,6	0,4	-0,8
8	-0,2	0,5	-0,6	-0,2	-0,4	0,6	-0,3	0,1	-0,8	-0,9	-0,8	-0,7	0,0	-0,6	-0,7	0,5
9	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,3	0,1	0,6	0,0	0,2	-0,2	-0,2	0,6	0,5	0,3	-0,5
10	-0,2	0,3	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	0,2	-0,4	0,1	-0,1	0,1	0,2	-0,4	-0,5	0,0	0,6
равновесия с отведением ноги в сторону (N=25)																
1	-0,5	-0,3	-0,1	-0,2	-0,1	-0,7	0,6	-0,7	-0,5	-0,7	-0,4	-0,2	-0,3	-0,5	-0,6	-0,4
2	-0,4	-0,7	-0,3	-0,7	-0,6	0,35	-0,6	0,5	0,4	0,7	0,4	0,2	-0,3	-0,2	0,2	0,1
3	0,6	0,4	0,4	0,36	0,52	0,57	-0,3	0,5	0,2	0,5	0,5	0,4	0,4	0,8	0,7	0,4
4	-0,1	0,10	0,52	0,12	0,5	-0,4	0,74	-0,6	-0,2	-0,7	-0,1	0,1	0,3	0,3	-0,2	-0,2
5	0,9	0,84	0,25	0,79	0,63	0,4	-0,2	0,31	-0,0	0,13	-0,2	-0,2	0,6	0,5	0,3	0,3
6	-0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	-0,7	0,9	-0,9	-0,7	-1	-0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,5	-0,4
7	-0,7	-0,9	0,36	-1	-0,3	0,26	-0,1	0,19	0,2	0,3	0,5	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3
8	0,1	0,4	-0,3	0,5	-0,2	-0,4	0,3	-0,4	0,3	-0,4	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7	-0,6
9	0,3	0,5	-0,5	0,5	-0,1	-0,5	0,2	-0,3	-0,3	-0,5	-0,8	-0,7	-0,2	-0,7	-0,7	-0,4
10	-0,2	-0,4	0,2	-0,3	-0,2	0,1	0,3	-0,2	0,0	-0,1	0,1	0,0	0,1	-0,1	-0,3	-0,3
равновесия с отведением ноги назад (N=25)																
1	-0,18	-0,64	-0,09	0,96	-0,29	-0,33	0,25	-0,80	0,26	-0,97	-0,95	-0,23	-0,58	0,04	-0,74	-0,75
2	-0,37	-0,41	-0,37	0,94	-0,14	-0,53	0,02	-0,78	0,33	-0,84	-0,84	-0,34	-0,76	-0,23	-0,40	-0,53
3	0,35	0,50	0,28	-0,95	0,16	0,41	-0,17	0,82	-0,35	0,90	0,89	0,35	0,71	0,16	0,55	0,58
4	0,54	0,19	0,69	-0,58	-0,40	0,87	0,52	0,25	-0,08	0,32	0,42	0,49	0,67	0,42	0,01	-0,07
5	0,41	-0,87	0,50	0,72	-0,57	-0,14	0,24	-0,42	-0,23	-0,81	-0,76	0,29	0,07	0,65	-0,86	-0,93
6	0,37	0,36	0,44	-0,90	0,00	0,66	0,14	0,69	-0,26	0,74	0,73	0,30	0,75	0,30	0,29	0,41
7	0,70	-0,77	0,66	0,29	-0,45	-0,15	-0,06	0,13	-0,60	-0,37	-0,31	0,64	0,47	0,82	-0,55	-0,71
8	0,62	-0,48	0,66	0,36	-0,80	0,12	0,21	-0,21	-0,30	-0,42	-0,27	0,58	0,42	0,72	-0,42	-0,88
9	0,17	0,07	0,43	-0,16	-0,28	0,66	0,65	-0,11	0,34	-0,10	-0,04	0,04	0,26	0,22	-0,35	-0,13
10	0,23	-0,57	0,03	0,38	0,05	-0,76	-0,63	0,16	-0,60	-0,22	-0,28	0,30	0,07	0,35	-0,31	-0,38

Примечания: Мышцы: 1 - трапецевидная правая; 2 - трапецевидная левая; 3 - широчайшая спины правая; 4 - широчайшая спины левая; 5 - прямая живота правая; 6 - прямая живота левая; 7 - ягодичная правая; 8 - ягодичная левая; 9 - прямая бедра правая; 10 - двуглавая бедра правая; 11 - передняя б/берцовая правая; 12 - икроножная правая; 13 - прямая бедра левая; 14 - двуглавая бедра левая; 15 - передняя б/берцовая левая; 16 - икроножная левая.

Углы: плечевой пр., плечевой лев.; локтевой пр., локтевой лев.; тазобедренный пр., тазобедренный лев.; коленный пр., коленный лев.; голеностопный пр., голеностопный лев.

Количество установленных связей между активностью мышц и угловыми показателями в различных суставах звеньев тела находилось в пределах 33% - 49%. При этом средняя амплитуда турнов электрической активности мышц наиболее сильное влияние оказывала на угловую кинематику движений в равновесиях, выполняемых с отведением ноги вперед и назад. Но самая высокая связь была установлена в равновесиях с отведением ноги в сторону: между средней амплитудой турнов электрической активности правой двуглавой мышцей бедра и амплитудой движений в правом тазобедренном суставе ( $r = - 0,99$ ). Это указывало на особую значимость расслабления данной мышцы в момент отведения ноги. Оценив координационные отношения системы мышц «агонист (передняя четырехглавая мышца бедра) - антагонист (ягодичная мышца)» посредством расчета коэффициента реципрокности, было установлено, что в среднем он варьирует от 42 до 63% (при норме до 15 %). То есть, в фазе фиксации позы мышцы бедра почти в равной степени напряжены. Это очень важно с технической точки зрения для сохранения устойчивости и подтверждается установленными корреляционными взаимосвязями реципрокности и экспертной оценки за технику выполнения равновесий ( $r = 0,5$ ) в соответствии с правилами соревнований FIG (рисунок 24).



Примечания: агонист - передняя четырехглавая мышца бедра; антагонист - большая ягодичная мышца; КР – коэффициент реципрокности мышц

Рисунок 24 - Влияние реципрокности мышц на качество выполнения равновесий в соответствии с правилами соревнований FIG ( $r$ )



В заключение была проанализирована степень учета средней амплитуды турнов электрической активности основных групп мышц, проявляемой при выполнении равновесий, в регламентируемой правилами соревнований технической ценности. Установлено, что во всех анализируемых равновесиях применяемая техническая ценность не в полной мере учитывает степень активации мышц туловища (11% значимых связей), опорной (27% значимых связей) и «рабочей», отводимой ноги (53% значимых связей). Более всего данный фактор сложности проявлялся в технической ценности равновесий с отведением ноги вперед и менее всего - равновесий с отведением ноги в сторону (таблица 31).

Таблица 31- Взаимосвязь средней амплитуды турнов и технической ценности равновесий в соответствии с правилами соревнований FIG (r)

Ценность трудности	Мышцы															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
вперед (N=20)	-0,2	-0,5	0,1	-0,2	0,2	-0,8	0,5	-0,5	0,9	0,9	0,9	0,8	-0,4	0,2	0,7	-0,2
в сторону(N=25)	-0,2	-0,5	-0,1	-0,6	-0,4	0,6	-0,8	0,7	0,5	0,9	0,6	0,3	-0,1	0,1	0,6	0,4
назад (N=25)	0,1	0,6	-0,1	-0,7	0,4	-0,1	-0,5	0,6	0,0	0,8	0,9	0,3	0,2	-0,3	0,7	0,8

Примечания: 1 - трапецевидная пр.; 2 - трапецевидная лв.; 3 - широчайшая спины пр.; 4 - широчайшая спины лв.; 5 - прямая живота пр.; 6 - прямая живота лв.; 7 - ягодичная пр.; 8 - ягодичная лв.; 9 - прямая бедра пр.; 10 - двуглавая бедра пр.; 11 - передняя б/берцовая пр.; 12 - икроножная пр.; 13 - прямая бедра лв.; 14 - двуглавая бедра лв.; 15 - передняя б/берцовая лв.; 16 - икроножная лв.

Таким образом, проведенный всесторонний и комплексный анализ кинематических характеристик, особенностей электрической активности мышц, а также конкретизация объективных факторов устойчивости при выполнении двигательных действий, позволили выявить противоречия между технической ценностью, применяемой в соответствии с правилами соревнований, и реальной сложностью элементов данной структурной группы художественной гимнастики. Корреляционный анализ подтвердил, что именно объективные биомеханические факторы, обуславливающие сложность выполнения равновесий, должны лежать в основе их дифференцировки и ранжирования по технической ценности.

## 4.2 Обоснование критериев оценки сложности поворотов художественной гимнастики

По своей структуре и характеру взаимодействия с опорой повороты относятся к динамическим равновесиям. При выполнении поворотов тело гимнастки совершает вращательное движение вокруг некоторой оси или осей. Кинематическими характеристиками данного движения являются суставные углы, угловая скорость и угловое ускорение тела.

В процессе реализации двигательной программы поворота на гимнастку действуют сила тяжести и реакции опоры, которую при рассмотрении такого движения целесообразно представить в виде суммы сил - вертикальной и горизонтальной (силы трения), препятствующих вращению.

Исходя из биомеханических закономерностей двигательных действий, увеличение сложности поворотов возможно при условии:

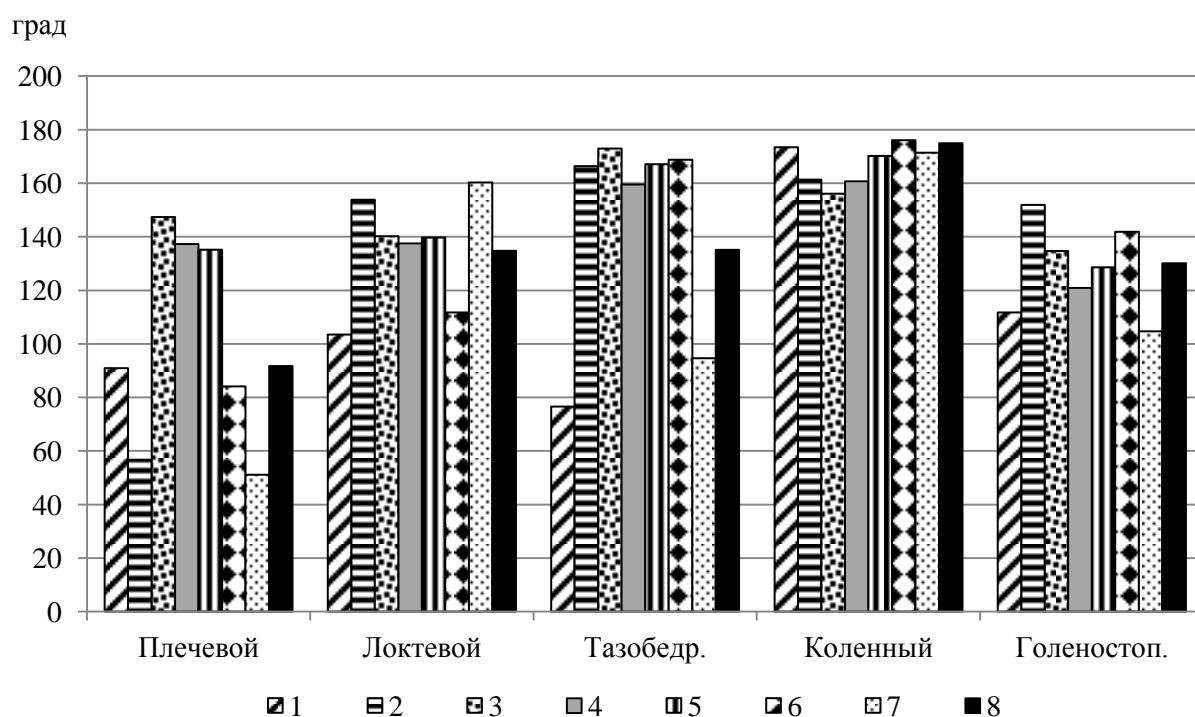
- уменьшения силы трения, пропорциональной нормальной реакции, в начале движения за счет «подъема» со всей стопы на носок (полупальцы). Такое движение позволяет ОЦМ системы приобретать ускорение, направленное по вертикали от опоры вверх, и нормальная составляющая реакции опоры уменьшается на величину, равную произведению массы тела на ускорение центра масс, что позволяет выполнить большее количество вращений;

- уменьшения момента инерции тела относительно оси вращения за счет приближения конечностей к туловищу;

- увеличения начального момента количества движения за счет взмахов конечностей с последующей их остановкой относительно тела, приводящего к более быстрым поворотам.

В соответствии с этим изучение структурной группы элементов художественной гимнастики «Повороты» базировалось на результатах исследования равновесий с учетом специфики вращений.

Учитывая, что в основе определения сложности поворотов, как и в ранее анализируемых равновесиях должны лежать объективные характеристики техники, информирующие о степени сложности сохранения динамического равновесия, был проведен биомеханический анализ движений, включающий в себя электромиографию. В процессе анализа обозначенной правилами соревнований технической ценности поворотов было замечено, что основным внешним критерием сложности является амплитуда движений свободными звеньями тела. Однако, сопоставив угловые характеристики различных по технике и трудности поворотов, было замечено, что практически не существует четко выраженной тенденции к повышению технической ценности с ростом амплитуды движений в суставах звеньев обеих сторон тела (рисунки 25, 26).

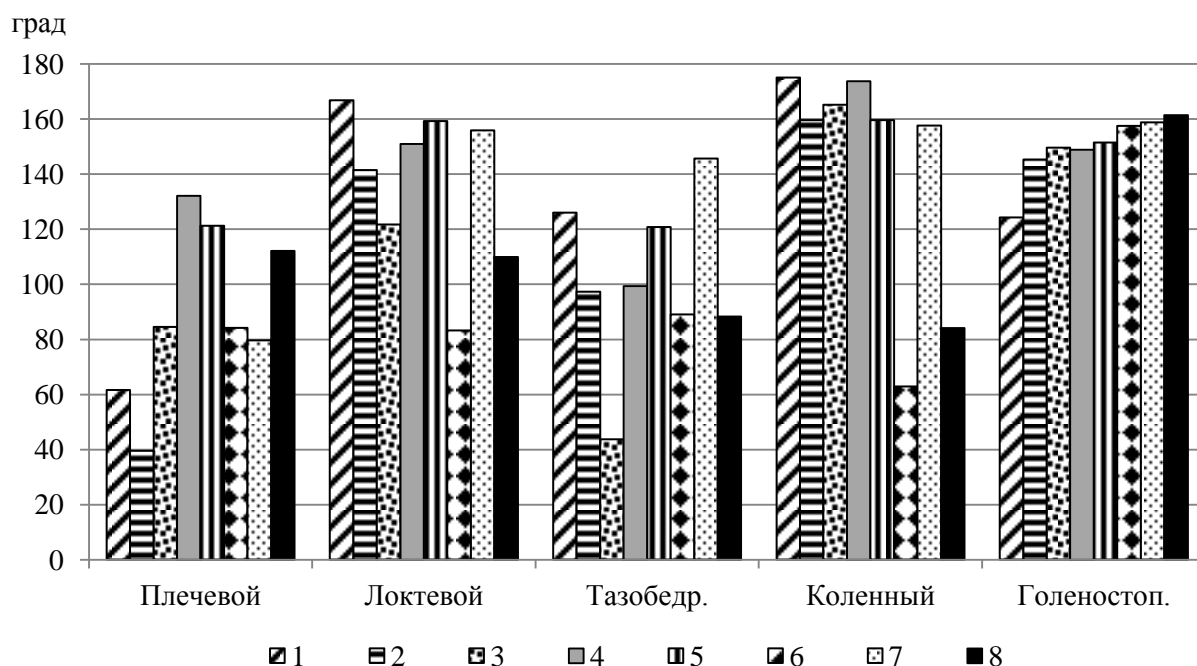


Примечание. Повороты: 1-«циркуль»; 2-нога кверху; 3-нога в сторону кверху с захватом; 4-нога вперед; 5-нога назад; 6-фуэте; 7-нога назад кверху с наклоном; 8-нога назад в кольцо с захватом.

Рисунок 25 - Угловые характеристики звеньев правой стороны тела при выполнении поворотов художественной гимнастики (град; N=12)

Только в голеностопном суставе свободной ноги по мере увеличения технической ценности элемента увеличивается угол сгибания. То есть,

повороты с отведением ноги, выпрямленной в коленном суставе, считаются сложнее, чем с согнутой. Это полностью согласуется с бимеханическими закономерностями, однако относится только к поворотам, выполняемым с небольшой амплитудой движения в тазобедренном суставе. Так поворот с отведением прямой ноги на  $90^\circ$  выполнить сложнее, чем согнутой, но легче, чем с отведением ноги в тазобедренном суставе на  $135^\circ$  и выше, хотя плечо рычага не будет меняться, а радиус вращения будет уменьшаться.



Примечание. Повороты: 1-«циркуль»; 2-нога кверху; 3-нога в сторону кверху с захватом; 4-нога вперед; 5-нога назад; 6-фуэте; 7-нога назад кверху с наклоном; 8-нога назад в кольцо с захватом.

Рисунок 26 - Угловые характеристики левой стороны тела при выполнении поворотов художественной гимнастики (град; N=12)

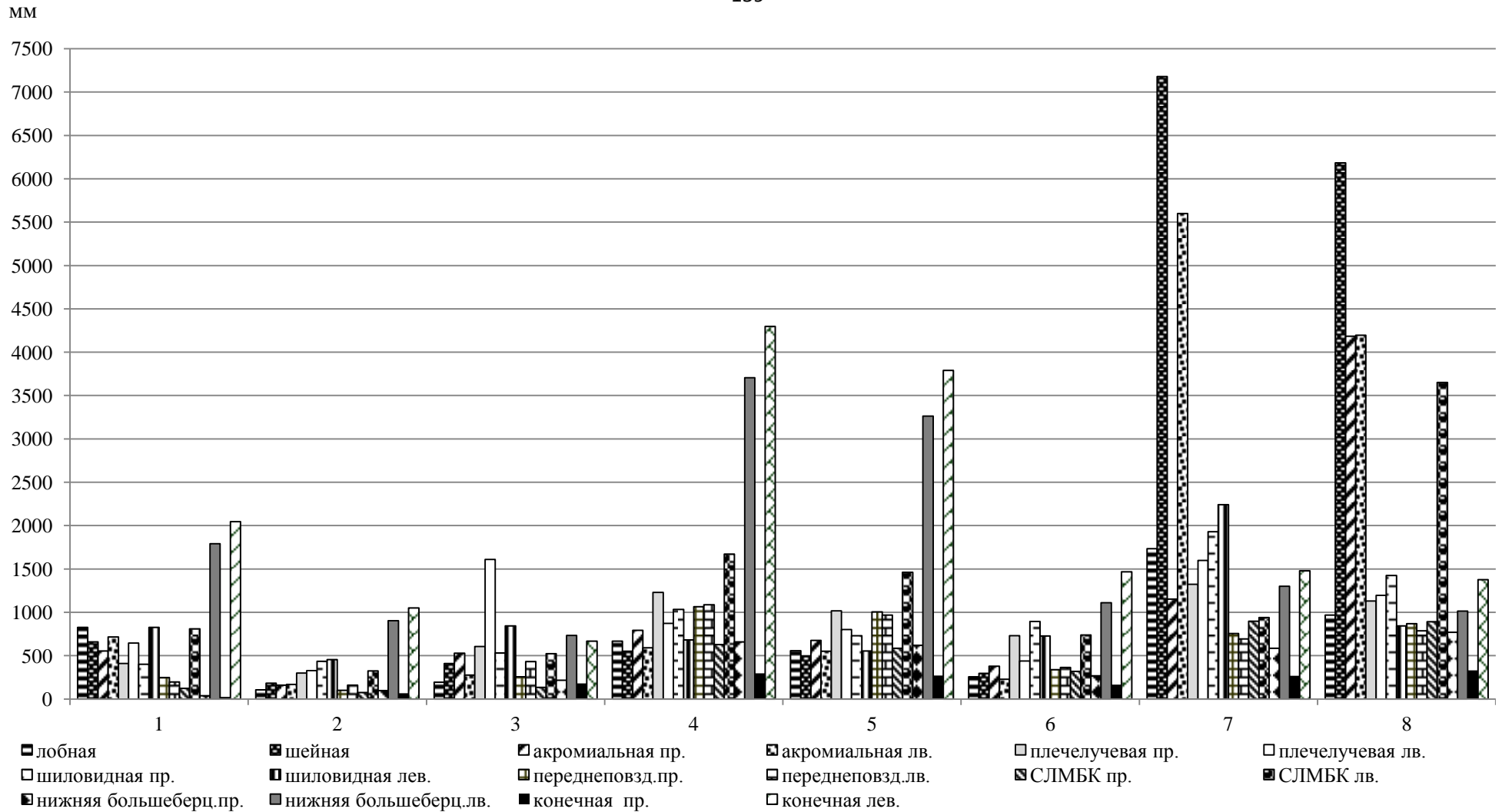
Проведенный корреляционный анализ подтвердил наши предположения и позволил получить следующую информацию об особенностях взаимовлияния угловых характеристик и установленной правилами соревнований технической ценности поворотов (таблица 32). Наибольшая связь применяемой технической ценности поворотов выявлена с угловыми характеристиками суставов стороной тела свободной ноги (60% значимых связей).

Таблица 32 - Зависимость технической ценности поворотов от значений углов в межзвенных суставах тела гимнастки

Ценность трудности (баллы)	Углы звеньев тела									
	правая сторона (град)					левая сторона (град)				
	Плечевой	Локтевой	Тазобедр.	Коленный	Голеност.	Плечевой	Локтевой	Тазобедр.	Коленный	Голеност.
0,4	137,26	137,48	159,50	160,76	120,95	132,12	150,96	99,37	173,79	148,94
0,3	56,72	153,83	166,28	161,31	151,92	39,44	141,44	97,21	159,59	145,32
0,4	135,18	139,73	167,06	170,13	128,51	121,24	159,18	120,72	159,54	151,45
0,6	91,75	134,73	135,07	174,98	130,09	112,15	109,89	88,33	84,14	161,44
0,5	51,03	160,29	94,58	171,38	104,65	79,56	155,81	145,64	157,58	158,72
0,4	84,05	111,69	168,75	175,99	141,79	84,09	83,15	88,98	62,81	157,54
0,3	147,27	140,20	172,90	156,06	134,60	84,48	121,72	43,73	165,16	149,64
0,1	90,85	103,39	76,57	173,40	111,64	61,55	166,80	125,98	175,05	124,25
r	- 0,1	0,5	0,2	0,3	- 0,0	0,5	- 0,4	0,0	- 0,5	0,9

В том числе была установлена взаимосвязь близкая к функциональной ( $r = 0,9$ ) между голеностопным суставом и технической ценностью элемента. То есть, повышение технической ценности поворота, обусловлено большим сгибанием-оттягиванием стопы. Хотя понятно, что это определяет не саму базовую сложность поворота, а лишь опосредованно влияет на вероятность выполнения большего количества вращений в повороте, а значит элемента с большей технической ценностью. При этом, исходя из выявленных взаимосвязей, более трудными должны считаться повороты, выполняемые со сгибанием в коленном суставе свободной ноги. Данный факт противоречит одному из правил биомеханики, которое можно сформулировать следующим образом: «Чем больше плечо рычага отведенного звена (выпрямленная нога), тем больше усилий необходимо для его удержания». Следовательно, в данном случае сгибание ноги не является фактором, предопределяющим сложность и, следовательно, техническую ценность поворота, а установленная ценность поворота неправомерна.

Дальнейший анализ кинематических характеристик позволил сравнить длины траекторий звеньев тела при выполнении поворотов различной сложности (рисунок 27). Установлено, что длины траекторий зависели от амплитуды движений. Наибольшие длины траекторий были зафиксированы в поворотах с максимальным отведением ноги (близко к шпагату), с круговым замахом ногой (фуэте) и наклонами туловища вперед или назад. При этом в поворотах с наклоном туловища (7,8) лоб и акромиальные точки имели длины траекторий выше, чем точки звеньев свободной ноги. Таким образом, оценив сложность элементов структурной группы «Повороты» с точки зрения величин длин траекторий можно сделать заключение, что только «циркуль» и «фуэте» занимают в таблице правил соревнований места, не соответствующие своей объективной технической ценности. В процессе анализа остальных элементов данной структурной группы наблюдалась следующая тенденция: с повышением длины траекторий анатомических точек звеньев тела возрастала техническая ценность поворотов.



Примечание. Повороты: 1-«циркуль»; 2-нога вперед; 3-нога в сторону кверху с захватом; 4-нога кверху; 5-нога назад; 6-фуэте; 7-нога назад кверху с наклоном; 8-нога назад в кольцо с захватом.

Рисунок 27 - Длины траекторий точек звеньев тела при выполнении поворотов различной технической ценности (мм; N=12)

Корреляционный анализ подтвердил данное предположение: 69% всех установленных связей длины траекторий точек звеньев тела с ценностью поворотов имели степень проявления выше средней (таблица 33).

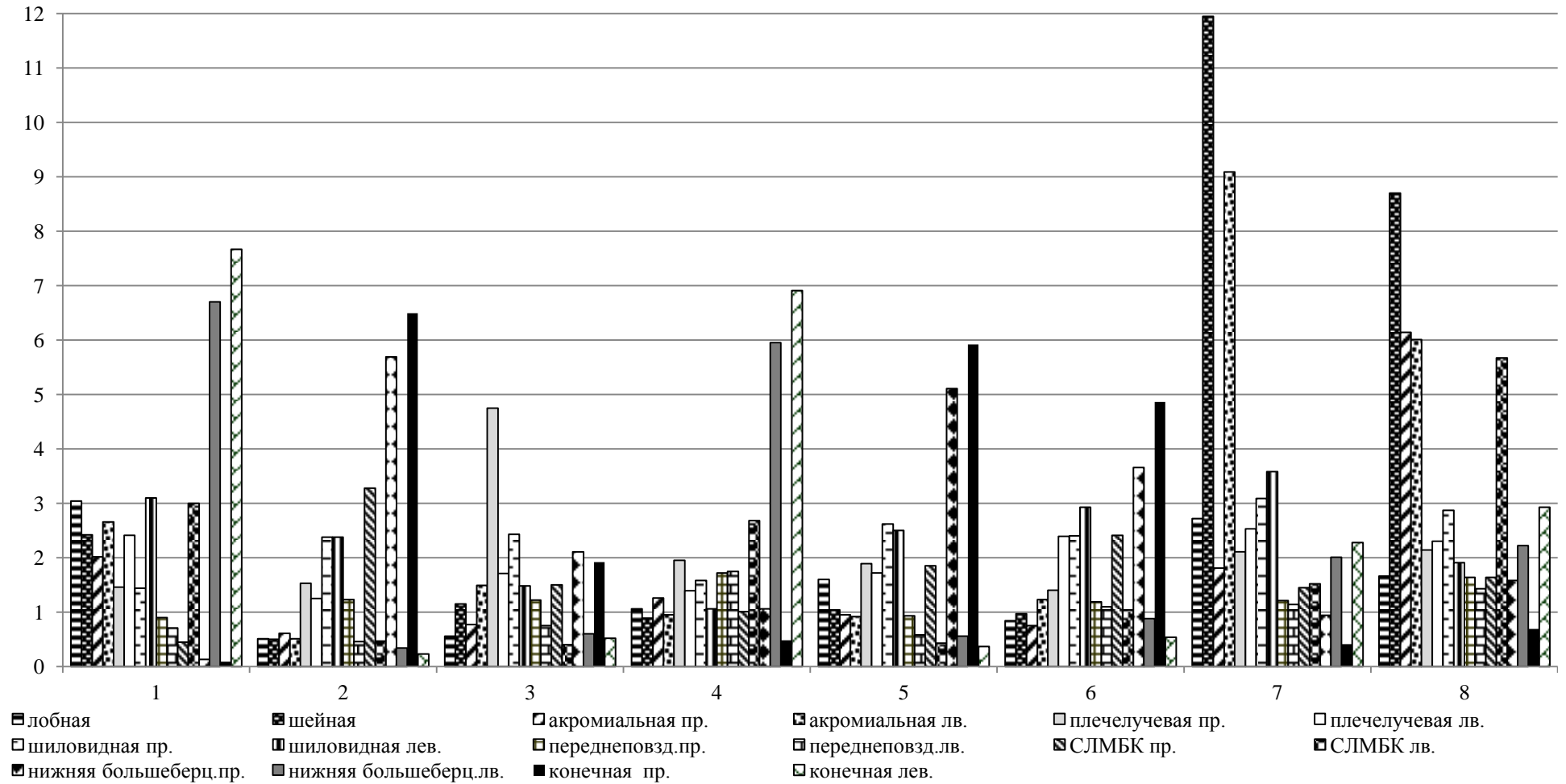
Таблица 33 - Взаимосвязь технической ценности поворотов и длины траекторий точек звеньев тела

Ценность трудности	Длины траекторий точек звеньев тела (мм)															
	лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев	Конечная пр.	Конечная лев.
0,1	828,1	661,1	555,6	717	410,6	646,2	403,2	827,3	249,1	196,7	124,5	810,0	38,0	1790,6	24,6	2046,7
0,3	105,9	183,2	161,6	168,6	300,2	328,3	434,7	454,6	102,4	161,5	76,4	325,8	98,9	904,2	66,1	1049,8
0,3	196,0	410,2	528,4	276,0	606,5	1610,7	530,9	843,5	257,9	431,9	135,8	523,5	216,2	733,1	181,9	669,7
0,4	667,5	552,4	792,2	590,9	1229,8	871,3	1033,3	682,0	1065,1	1088,6	630,0	1673,5	660,5	3704,6	296,8	4297,1
0,4	557,9	495,6	676,3	553,5	1017,2	803,1	731,3	555,5	1005,1	968,2	586,7	1461,5	620,1	3264,4	271,9	3791,1
0,4	258,1	296,5	378,1	229,9	730,2	440,1	894,4	726,6	339,2	366,0	318,7	738,0	269,7	1111,9	166,4	1468,5
0,5	1733,3	7178,9	1153,8	5598,6	1323,3	1599,9	1929,9	2242,3	755,0	694,5	898,9	939,5	586,5	1301,2	268,3	1478,3
0,6	969	6184,9	4185,0	4196,0	1131,1	1195,4	1426,5	845,0	870,8	786,6	892,1	3651,2	769,4	1014,8	331,0	1376,4
r	0,4	0,7	0,7	0,7	0,8	0,4	0,8	0,3	0,6	0,6	0,9	0,7	0,9	-0,0	0,9	0,0

Установлено, что в применяемой технической ценности поворотов более всего отражена динамика движений выполняемых свободной, отводимой ноги (точки: правые середина латерального мышелка бедренной кости; нижняя большеберцовая и конечная). То есть, чем больше длина траекторий точек звеньев свободной ноги, тем должна быть выше ценность выполняемого гимнастикой поворота. При этом не учтено перемещение лобной точки (головы), которое присутствует при выполнении наклонов и определяет сложность сохранения равновесия (см. раздел 4.1). Анализируя угловые скорости перемещения звеньев тела (рисунок 28), можно констатировать, что только последние два поворота отличаются своими высокими показателями. Угловые скорости звеньев тела гимнастики в остальных поворотах имеют незначительные различия. Как и в длинах траекторий, амплитуда движений в данном случае обуславливает угловую скорость перемещения точек звеньев тела.



рад/с



Примечание. Повороты: 1-«циркуль»; 2-нога вперед; 3-нога в сторону кверху с захватом; 4-нога кверху; 5-нога назад; 6-фуэте; 7-нога назад кверху с наклоном; 8-нога назад в кольцо с захватом.

Рисунок 28 – Угловые скорости звеньев тела при выполнении поворотов различной технической ценности (рад/с; N=12)

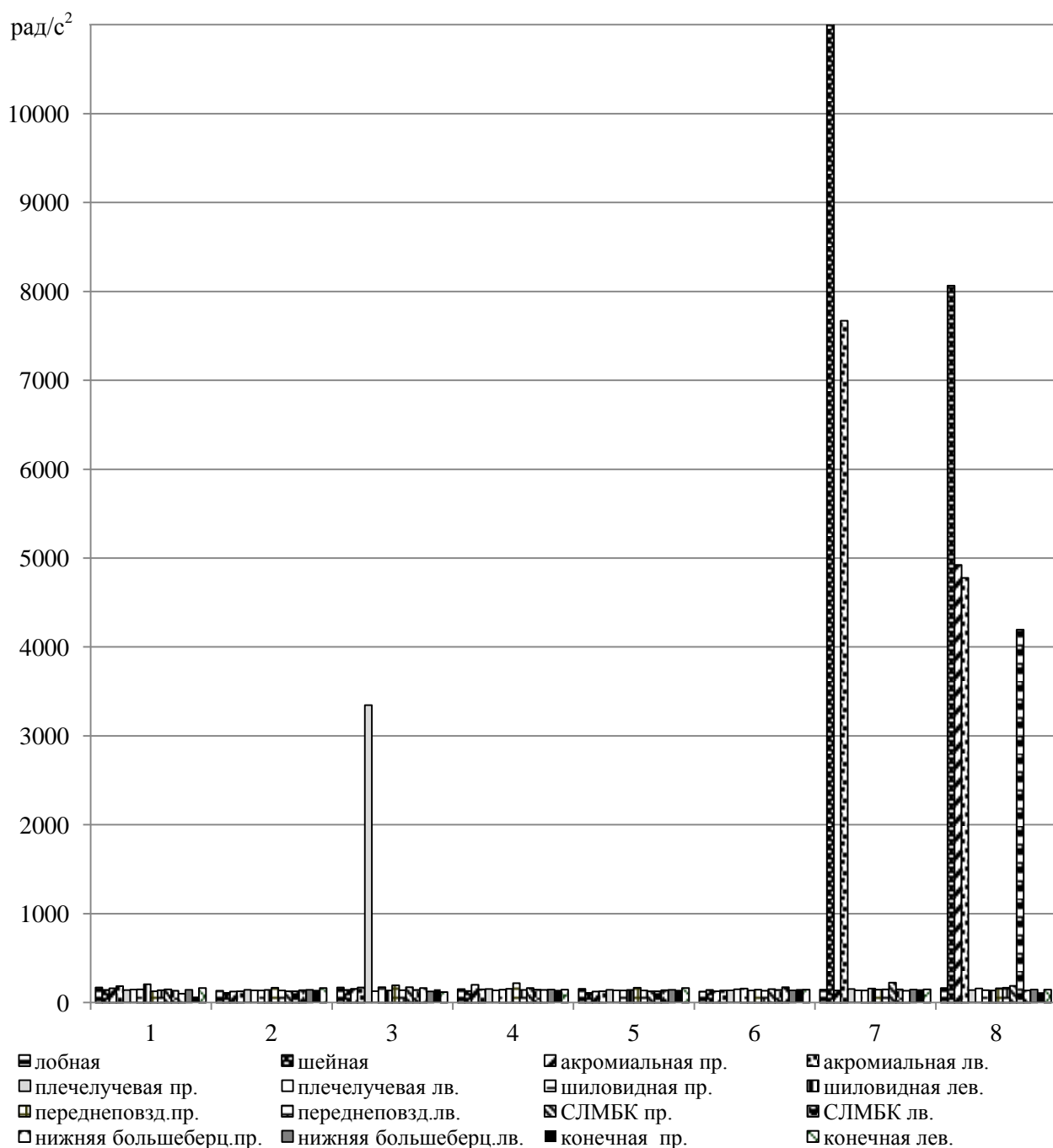
Так наибольшие показатели были зафиксированы у точек туловища в поворотах нога назад-кверху с наклоном и нога назад в кольцо с захватом. Это объяснялось необходимостью быстрого принятия формы поворота в кратчайший промежуток времени без потери равновесия и на высокой скорости вращения. У поворотов, имеющих в соответствии с правилами соревнований меньшую техническую ценность, самые высокие угловые скорости были характерны только для точек свободной и опорной ноги. Самые низкие угловые скорости перемещения звеньев в поворотах были зафиксированы в элементе нога в сторону-кверху с захватом, что было связано с отсутствием в подготовительной фазе каких-либо маховых, инерционных действий. Поворот выполнялся посредством разгибательно-толчкового движения и отведения-разгибания руки и ноги в захвате.

Проверка зависимости применяемой технической ценности поворотов от угловых скоростей звеньев тела показала (таблица 34), что ценность элементов данной структурной группы обусловлена угловой скоростью точек туловища: таза и плеч.

Таблица 34 - Взаимосвязь технической ценности поворотов и скорости перемещения точек звеньев тела

Ценность трудности (баллы)	Угловые скорости перемещения точек звеньев тела (рад/с)															
	лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
0,1	3,04	2,42	2,02	2,66	1,46	2,41	1,44	3,10	0,90	0,71	0,45	3,00	0,13	6,70	0,09	7,67
0,3	0,51	0,50	0,61	0,51	1,53	1,25	2,38	2,38	1,23	0,46	3,28	0,47	5,69	0,34	6,49	0,23
0,3	0,56	1,15	0,77	1,49	4,75	1,71	2,43	1,48	1,22	0,75	1,50	0,40	2,11	0,60	1,92	0,52
0,4	1,06	0,89	1,26	0,95	1,95	1,39	1,58	1,06	1,72	1,75	1,01	2,68	1,06	5,95	0,48	6,91
0,4	1,60	1,04	0,95	0,92	1,89	1,72	2,62	2,50	0,93	0,58	1,85	0,43	5,11	0,56	5,92	0,37
0,4	0,84	0,97	0,75	1,23	1,40	2,39	2,40	2,93	1,19	1,10	2,41	1,04	3,66	0,88	4,86	0,54
0,5	2,72	12,0	1,81	9,09	2,11	2,53	3,09	3,58	1,21	1,14	1,45	1,52	0,94	2,01	0,41	2,28
0,6	1,66	8,70	6,14	6,01	2,14	2,30	2,87	1,91	1,64	1,43	1,64	5,67	1,58	2,22	0,69	2,93
r	-0,1	0,6	0,5	0,5	0,0	0,2	0,7	-0,1	0,6	0,6	0,2	0,4	0,1	-0,4	-0,1	-0,3

Это правомерно, так как дополнительные движения тела (наклоны) в поворотах создают эффект комбинированной вращательной нагрузки и затрудняют сохранение динамического равновесия. Последняя кинематическая характеристика (ускорение) ещё в большей степени выделила элементы, которые можно считать объективно сложными (рисунок 29).



1-«циркуль»; 2-нога вперед; 3-нога в сторону кверху с захватом; 4-нога кверху; 5-нога назад; 6-фуэте; 7-нога назад кверху с наклоном; 8- нога назад в кольцо с захватом.

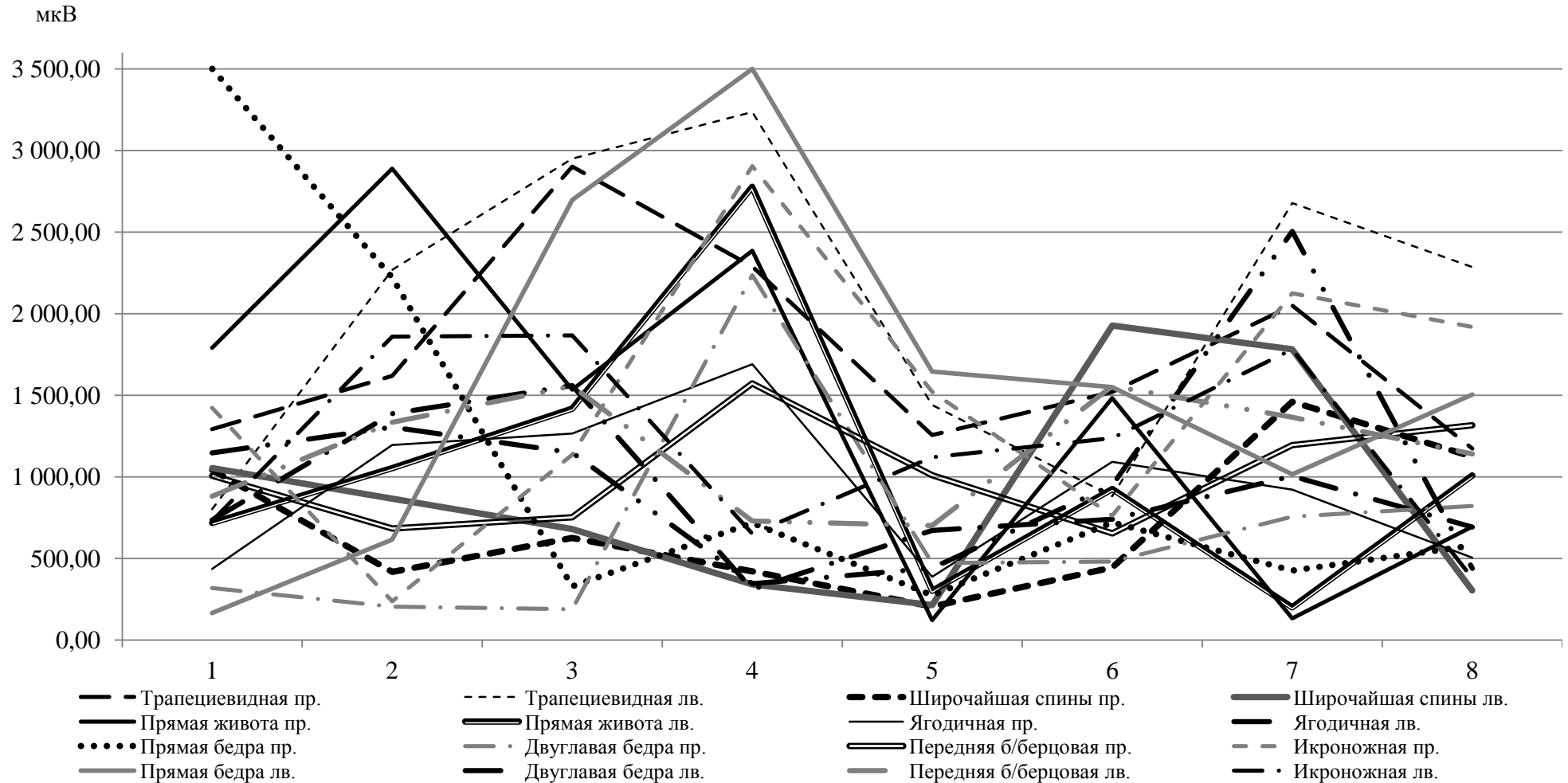
Рисунок 29 - Ускорения точек звеньев тела при выполнении поворотов различной технической ценности (рад/с<sup>2</sup>; N=12)

В первых шести поворотах ускорения точек звеньев тела имели лишь незначительные различия. Только в повороте нога в сторону с захватом отведение и разгибание правой «рабочей» руки приводили к значительному ускорению точки кисти. Но максимально высокие показатели ускорений точек звеньев тела были зафиксированы в поворотах 7 и 8, связанных с изменением формы тела во время вращения. Корреляционный анализ позволил выявить такую же тенденцию, как и в случае с угловыми скоростями точек звеньев тела: техническая ценность поворотов тем больше, чем выше ускорения точки шейного отдела позвоночника, точки правой кисти (выполняющей захват отводимой ноги), акромиальных и переднеповздошных точек (таблица 35).

Таблица 35 - Взаимосвязь технической ценности поворотов и ускорений точек звеньев тела

Ценность трудности (баллы)	Ускорения точек звеньев тела (рад/с <sup>2</sup> )															
	лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
0,1	3,04	2,42	2,02	2,66	1,46	2,41	1,44	3,1	0,9	0,71	0,45	3	0,13	6,7	0,09	7,67
0,3	0,51	0,5	0,61	0,51	1,53	1,25	2,38	2,38	1,23	0,46	3,28	0,47	5,69	0,34	6,49	0,23
0,3	0,56	1,15	0,77	1,49	4,75	1,71	2,43	1,48	1,22	0,75	1,5	0,4	2,11	0,6	1,92	0,52
0,4	1,06	0,89	1,26	0,95	1,95	1,39	1,58	1,06	1,72	1,75	1,01	2,68	1,06	5,95	0,48	6,91
0,4	1,6	1,04	0,95	0,92	1,89	1,72	2,62	2,5	0,93	0,58	1,85	0,43	5,11	0,56	5,92	0,37
0,4	0,84	0,97	0,75	1,23	1,4	2,39	2,4	2,93	1,19	1,1	2,41	1,04	3,66	0,88	4,86	0,54
0,5	2,72	12,0	1,81	9,09	2,11	2,53	3,09	3,58	1,21	1,14	1,45	1,52	0,94	2,01	0,41	2,28
0,6	1,66	8,7	6,14	6,01	2,14	2,3	2,87	1,91	1,64	1,43	1,64	5,67	1,58	2,22	0,69	2,93
r	-0,1	0,6	0,5	0,5	0,0	0,2	0,7	-0,1	0,6	0,6	0,2	0,4	0,1	-0,4	-0,1	-0,3

Характеризуя мышечные механизмы поворотов различной технической ценности, были выявлены отличия внешних биомеханических характеристик, обуславливающих сложность, от внутренних. Анализ максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц показал (рисунок 30), что в поворотах, которые выполнялись с меньшими угловыми скоростями и ускорениями требуется большее проявление активности мышц.



Примечание. Повороты: 1-«циркуль»; 2-нога вперед; 3-нога в сторону кверху с захватом; 4-нога кверху; 5-нога назад; 6-фуэте; 7-нога назад кверху с наклоном; 8-нога назад в кольцо с захватом.

Рисунок 30 - Максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (мкВ; N=12)

Так в повороте нога вперед максимальная амплитуда турнов электрической активности у большинства мышц была самая высокая. Это было обусловлено необходимостью поддержания повышенной устойчивости тела в более длительном и медленном вращении за счет увеличения жесткости открытой биомеханической цепи (снижения подвижности в суставах). При этом повороты с замаха, использующие момент инерции, требовали меньшей активации мышц. То есть фактором трудности поворота является наличие или отсутствие предварительных маховых движений, упрощающих процесс сохранения неустойчивого динамического равновесия.

Однако корреляционный анализ показал (таблица 36), что эту особенность действующая классификация поворотов по технической ценности не учитывает. Так наиболее значимые активируемые мышцы, обеспечивающие поддержание позы при выполнении поворота, имели обратную выше средней степени связь максимальной амплитуды турнов с ценностью (прямая правая мышца живота –  $r = - 0,6$ ; прямая правая мышца бедра –  $r = - 0,8$ ). При этом анализ связей максимальной амплитуды турнов с кинематическими характеристиками поворотов показал значимость данного фактора для обеспечения точного и качественного выполнения поворота по заданным пространственным параметрам. Установлено, что длины траекторий 94% точек анализируемых звеньев тела зависели от проявления максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц.

Наибольшее влияние на длины траекторий точек звеньев тела гимнастки оказывали: активация или расслабление правой и левой трапецевидной ( $r = 0,5$ ), широчайшей правой спины ( $r = 0,7 - 0,8$ ), прямойлевой живота ( $r = 0,6$ ), правой двуглавой бедра ( $r = 0,7- 0,8$ ); левой двуглавой бедра ( $r = 0,6$ ), левой ягодичной ( $r = - 0,6$ ); правой передней большеберцовой ( $r = 0,7$ ), правой ( $r=0,7$ ) и левой ( $r = - 0,5$ ) икроножных мышц. При этом среди выше перечисленных мышц существовали мышцы, активация которых оказывало широкое или локальное влияние на длины траекторий точек звеньев тела.

Таблица 36 - Взаимосвязь длины траекторий точек звеньев тела и максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (г)

№ эл-та	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	трапециевидная правая	0,06	0,07	-0,06	0,08	0,49	0,14	0,23	0,09	0,28	0,25	0,17	-0,02	-0,03	0,16	-0,16	0,15
2.	трапециевидная левая	0,12	0,16	0,10	0,16	0,41	0,19	0,31	0,05	0,46	0,42	0,26	0,13	0,04	0,27	-0,28	0,28
3.	широчайшая спины пр.	0,80	0,71	0,45	0,68	0,26	0,73	0,63	0,73	0,37	0,32	0,39	0,38	-0,39	0,19	-0,59	0,21
4.	широчайшая спины лв.	0,28	0,18	-0,17	0,24	-0,10	0,27	0,18	0,53	-0,10	-0,10	0,15	-0,21	-0,07	-0,15	0,08	-0,18
5.	прямая живота правая	-0,25	-0,39	-0,16	-0,38	-0,15	-0,21	-0,22	-0,29	0,03	0,05	-0,16	-0,07	0,10	0,27	0,16	0,24
6.	прямая живота левая	-0,08	-0,20	0,05	-0,22	0,02	0,01	0,06	-0,23	0,44	0,49	0,12	0,20	0,10	0,57	-0,07	0,56
7.	ягодичная правая	-0,05	-0,15	-0,16	-0,13	0,27	0,10	0,17	0,02	0,40	0,41	0,25	-0,06	0,27	0,39	0,12	0,36
8.	ягодичная левая	-0,19	-0,05	-0,18	-0,04	-0,06	-0,17	-0,08	-0,06	-0,37	-0,45	-0,14	-0,33	0,01	-0,56	0,11	-0,57
9.	прямая бедра правая	0,01	-0,16	-0,08	-0,16	-0,31	-0,19	-0,34	-0,11	-0,28	-0,25	-0,44	-0,04	-0,40	0,13	-0,18	0,12
10.	двуглавая бедра правая	0,22	0,09	0,17	0,06	0,19	0,26	0,28	0,06	0,69	0,76	0,28	0,36	-0,04	0,81	-0,33	0,81
11.	передняя б/берцовая пр.	0,46	0,41	0,35	0,37	0,40	0,43	0,43	0,28	0,63	0,68	0,29	0,48	-0,24	0,65	-0,57	0,67
12.	икроножная правая	0,49	0,33	0,28	0,31	0,15	0,44	0,47	0,31	0,63	0,68	0,30	0,40	-0,21	0,69	-0,52	0,70
13.	прямая бедра левая	-0,20	-0,18	0,06	-0,19	0,33	0,01	0,08	-0,27	0,47	0,45	0,25	0,15	0,26	0,35	0,03	0,35
14.	двуглавая бедра левая	0,35	0,24	-0,26	0,28	0,02	0,23	0,25	0,58	-0,16	-0,16	0,02	-0,32	-0,25	-0,18	-0,15	-0,20
15.	передняя б/берцовая лв.	0,11	0,23	0,07	0,24	0,24	0,29	0,29	0,35	0,01	-0,05	0,43	-0,07	0,38	-0,41	0,35	-0,42
16.	икроножная левая	-0,11	-0,11	-0,40	-0,04	0,23	-0,06	0,07	0,21	-0,30	-0,34	0,00	-0,50	0,30	-0,42	0,40	-0,45

Так от активации правой широчайшей мышцы спины зависели длины траекторий 50% точек звеньев тела, а от правой трапецевидной только траектория точки на правой плечелучевой кости. Таким образом, можно констатировать, что сложность реализации двигательной программы при выполнении поворотов заключается в степени активации необходимых мышечных групп и координации их взаимодействия. Последующий корреляционный анализ подтвердил данное предположение (таблица 37).

Изучение влияния максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц на угловые скорости точек звеньев тела показало, что наибольшие скорости перемещения звеньев тела возможны только при максимальном проявлении электрической активности определенного количества и сочетания групп мышц. Так выполнение в поворотах наклонов, обуславливающих увеличение длин траекторий лобной, шейной точек, акромиальных и плечелучевых точек, не возможно без активации широчайшей мышцы спины ( $r = 0,5-0,8$ ). Но при этом данная активация приводит и к снижению угловых скоростей нижних большеберцовых и конечных точек опорной и свободной ног ( $r = 0,7$ ). Стабилизацию угловых скоростей точек таза (вертельных), наиболее близко расположенных к продольной оси вращения и ОЦТ, обеспечивает активация сразу нескольких мышц: прямой левой живота ( $r = 0,5$ ), правой двуглавой бедра ( $r = 0,7-0,8$ ), прямой левой бедра ( $r = 0,5-0,6$ ), правых передних большеберцовых и икроножных мышц ( $r = 0,6-0,7$ ), обеспечивая устойчивость динамического равновесия (поворота).

Таким образом, можно сделать заключение, что, чем больше движений в повороте, способствующих смещению проекции ОЦТ с площади опоры, тем большее количество мышц активируется и, следовательно, труднее решить задачу управления движениями в процессе его выполнения. Одним из факторов, предопределяющих сложность выполняемого поворота, является количество и локализация сопутствующих движений различными звеньями тела.



Таблица 37 - Взаимосвязь угловой скорости точек звеньев тела и максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (г)

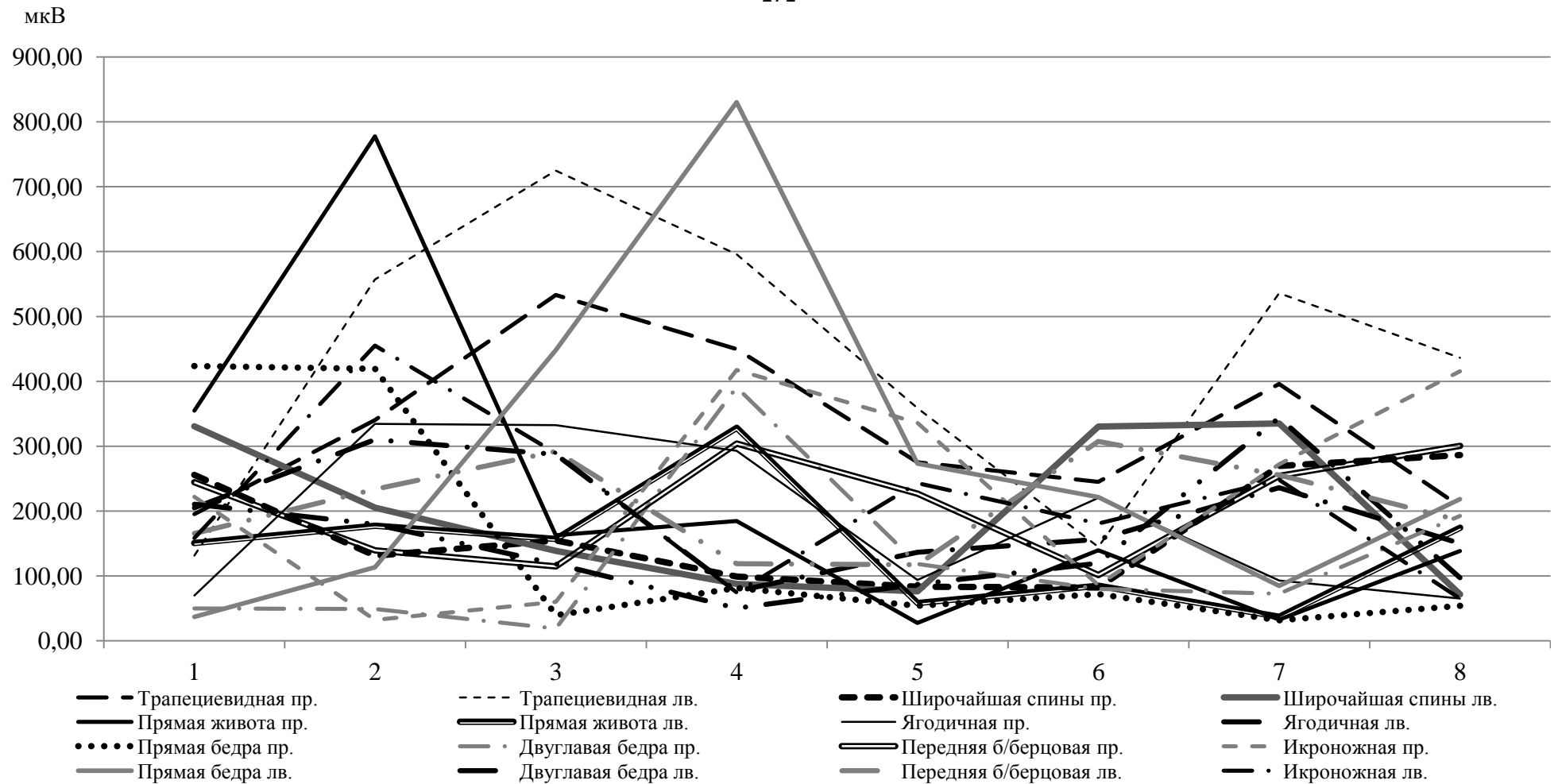
№ элемента	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	трапециевидная правая	- 0,13	0,10	- 0,14	0,09	0,41	-0,27	- 0,01	- 0,30	0,24	0,18	- 0,08	- 0,15	- 0,22	- 0,07	- 0,24	- 0,07
2.	трапециевидная левая	- 0,19	0,13	0,02	0,12	0,28	-0,39	0,17	- 0,5	0,6	0,39	- 0,07	0,00	- 0,18	- 0,02	- 0,30	0,01
3.	широчайшая спины пр.	0,79	0,69	0,46	0,69	-0,05	0,65	0,15	0,4	0,11	0,17	- 0,38	0,44	- 0,70	0,27	- 0,71	0,31
4.	широчайшая спины лв.	0,34	0,25	- 0,18	0,32	-0,17	0,60	0,14	0,62	- 0,20	- 0,07	0,18	- 0,20	- 0,12	- 0,11	- 0,02	- 0,14
5.	прямая живота правая	- 0,19	- 0,40	- 0,17	- 0,40	-0,16	-0,36	- 0,36	- 0,30	0,01	0,02	- 0,16	- 0,07	0,05	0,23	0,08	0,20
6.	прямая живота левая	- 0,22	- 0,25	- 0,02	- 0,28	-0,18	-0,51	- 0,29	- 0,61	0,48	0,51	- 0,18	0,14	- 0,18	0,32	- 0,21	0,32
7.	ягодичная правая	- 0,34	- 0,17	- 0,28	- 0,18	0,09	-0,46	- 0,16	- 0,43	0,38	0,39	0,07	- 0,22	- 0,04	0,02	- 0,04	0,00
8.	ягодичная левая	- 0,21	- 0,04	- 0,19	- 0,02	0,13	-0,01	0,32	0,10	- 0,39	- 0,53	0,17	- 0,40	0,23	- 0,51	0,21	- 0,51
9.	прямая бедра пр.	0,45	- 0,08	0,03	- 0,06	-0,23	0,16	- 0,46	0,25	- 0,41	- 0,30	- 0,48	0,15	- 0,18	0,48	- 0,09	0,46
10.	двуглавая бедра пр.	0,01	0,05	0,11	- 0,00	-0,14	- 0,32	- 0,27	-0,42	0,70	0,80	- 0,25	0,32	- 0,36	0,52	- 0,41	0,53
11.	передняя б/берцовая пр.	0,35	0,43	0,34	0,37	0,11	0,02	- 0,09	-0,13	0,56	0,66	- 0,38	0,49	- 0,51	0,49	- 0,58	0,53
12.	икроножная правая	0,34	0,33	0,23	0,29	-0,22	-0,06	0,01	-0,21	0,56	0,67	- 0,36	0,38	- 0,51	0,46	- 0,57	0,49
13.	прямая бедра левая	- 0,50	- 0,26	- 0,04	- 0,29	0,21	-0,55	- 0,18	- 0,70	0,59	0,47	0,07	0,02	- 0,05	0,03	- 0,11	0,04
14.	двуглавая бедра левая	0,43	0,37	- 0,26	0,41	0,03	0,48	0,44	0,63	- 0,24	- 0,18	- 0,01	- 0,32	- 0,16	- 0,13	- 0,14	- 0,15
15.	передняя б/берцовая лв.	- 0,06	0,23	0,01	0,24	0,21	0,34	0,31	0,23	- 0,07	- 0,07	0,45	- 0,18	0,08	- 0,52	0,10	- 0,52
16.	икроножная левая	-0,28	- 0,10	- 0,47	- 0,04	0,36	- 0,11	0,27	0,20	- 0,51	- 0,53	0,28	- 0,66	0,36	- 0,57	0,37	- 0,59

Подобная тенденция наблюдалась и в связях ускорений точек звеньев тела с максимальной амплитудой турнов электрической активности основных групп мышц. Анализируя среднюю амплитуду турнов электрической активности мышц, было установлено, что наибольшую активность мышцы показывают в поворотах с отведением ноги вперед, затем в сторону и затем с отведением назад (рисунок 31).

Меньше всего усилий прикладывалось при выполнении поворотов с круговым махом (фуэте) и отведением ноги назад на  $90^\circ$ . Осуществляя анализ по анатомическому признаку было замечено, что в шести из восьми поворотов наиболее активными были трапециевидные мышцы и мышцы бедра, отвечающие за отведение и фиксацию ноги. При этом более всего данная активность проявлялась в поворотах: нога вперед, нога в сторону-кверху с захватом и нога кверху. Именно в этих элементах требовалось не только обеспечивать сохранение вертикального положения туловища, но и осуществлять удержание ноги при активации мышц в изометрическом режиме. В более простом повороте с захватом происходило перераспределение усилий с прямой мышцы отводимого бедра на трапециевидные мышцы и мышцы руки, выполняющей удержание ноги.

Повороты с наклоном вперед (7,8), которые предполагали отведение ноги назад до вертикали, сопротивление силе тяжести было наименьшим, поэтому более всего для уравнивания тела требовалась активность мышц спины, позволяющая сдерживать опрокидывающий момент сил и зафиксировать туловище в оптимальном положении.

Сравнив профили средней амплитуды турнов, установлено, что наименьшие разбросы в показателях основных активизируемых групп мышц наблюдаются в повороте нога назад на  $90^\circ$ . Учитывая, что эти показатели были еще и минимальными относительно других поворотов, можно утверждать о более простой межмышечной координации, проявляемой в данном элементе и меньшем проявлении усилий. То есть данный поворот был наименее сложным.



1-«циркуль»; 2-нога вперед; 3-нога в сторону кверху с захватом; 4-нога кверху; 5-нога назад; 6-фуэте; 7-нога назад-кверху с наклоном; 8- нога назад в кольцо с захватом.

Рисунок 31- Средняя амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (мкВ; N=12)

Корреляционный анализ (таблица 38) позволил выявить всего лишь 3 значимые связи технической ценности выполняемых поворотов со средней амплитудой турнов электрической активности мышц. При этом только одна свидетельствовала, что с увеличением трудности поворота, увеличивается и электрическая активность мышцы - правой икроножной ( $r=0,5$ ).

Таблица 38 - Взаимосвязь средней амплитуды турнов электрической активности мышцы и технической ценности поворотов

Ценность трудности (баллы)	средняя амплитуда турнов электрической активности мышц (мкВ)															
	Трапецевидная пр.	Трапецевидная лв.	Широкая спины пр.	Широкая спины лв.	Прямая живота пр.	Прямая живота лв.	Ягодичная пр.	Ягодичная лв.	Прямая бедра пр.	Двуглавая бедра пр.	Передняя б/берцовая пр.	Икроножная пр.	Прямая бедра лв.	Двуглавая бедра лв.	Передняя б/берцовая лв.	Икроножная лв.
0,1	195,2	131,4	255,6	330,8	354,7	150,6	69,9	205,1	423,7	49,7	244,4	221,9	36,9	210,4	165,5	158,2
0,3	340,3	556,9	130,9	205,3	777,7	177,2	334,5	310,1	419,1	49,0	139,2	32,1	113,3	179,3	233,6	455,1
0,3	533,3	725,0	154,6	138,6	162,7	157,1	332,5	287,2	39,5	18,9	114,4	59,9	448,2	118,4	292,0	289,3
0,4	449,6	595,9	98,8	87,4	184,6	328,5	292,7	76,2	81,3	390,8	304,0	417,3	830,5	50,3	118,8	74,3
0,4	275,3	358,8	83,1	76,1	27,4	58,1	93,6	136,2	53,7	118,2	226,8	335,8	273,3	87,0	117,3	243,0
0,4	245,0	144,5	82,2	330,2	139,5	84,8	220,3	156,2	71,8	80,0	101,1	85,8	221,4	119,3	307,3	180,8
0,5	395,9	535,9	269,3	335,1	32,3	36,9	92,9	235,8	31,6	72,5	254,1	271,9	84,5	343,6	255,7	248,2
0,6	207,3	436,4	286,3	71,4	138,2	174,1	65,0	150,1	54,0	192,4	300,5	415,3	218,2	97,1	185,2	65,0
r	0,0	0,3	0,1	-0,4	-0,5	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7	0,4	0,3	0,5	0,2	-0,1	0,0	-0,3

Во всех остальных случаях связи были обратные или незначительные. Данный факт указывал на отсутствие учета степени активности мышц в процессе разработки таблиц технической ценности, применяемых для ранжирования поворотов по сложности. Поэтому для доказательства значимости данного фактора была произведена оценка его влияния на кинематические характеристики. Анализ взаимосвязей дистанций перемещения точек звеньев тела и средней амплитуды турнов электрической активности мышц (таблица 39) показал, что 17% всех возможных связей имеет значимую степень выраженности. Большая часть взаимосвязей установлена между дистанциями перемещения точек таза, ног и мышцами локализованных в этих частях тела.

Таблица 39 - Взаимосвязь длины траекторий точек звеньев тела и средней амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (г)

№ п/п	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	трапециевидная правая	0,01	- 0,00	- 0,11	0,03	0,46	0,11	0,24	0,06	0,29	0,25	0,16	-0,07	0,04	0,17	- 0,12	0,16
2.	трапециевидная левая	- 0,02	0,05	- 0,03	0,06	0,37	0,05	0,22	- 0,03	0,26	0,20	0,12	- 0,04	0,04	0,07	- 0,20	0,07
3.	широчайшая спины пр.	0,53	0,45	0,29	0,45	0,10	0,41	0,31	0,43	0,12	0,08	0,07	0,22	- 0,56	0,08	- 0,67	0,10
4.	широчайшая спины лев.	0,30	0,07	- 0,22	0,15	- 0,19	0,18	0,03	0,46	- 0,22	- 0,22	- 0,08	- 0,26	- ,33	- 0,08	- 0,10	- 0,10
5.	прямая живота правая	- 0,29	- 0,30	- 0,16	- 0,31	- 0,32	- 0,37	- 0,38	- 0,33	- 0,32	- 0,30	- 0,36	- 0,16	- 0,02	- 0,11	0,13	- 0,11
6.	прямая живота левая	- 0,04	- 0,18	0,11	- 0,20	- 0,02	- 0,03	0,01	- 0,27	0,39	0,44	- 0,00	0,26	- 0,05	0,59	- 0,22	0,60
7.	ягодичная правая	- 0,47	-0,46	- 0,34	- 0,45	0,07	- 0,33	- 0,24	- 0,39	- 0,03	- 0,06	- 0,09	- 0,31	0,30	- 0,02	0,34	- 0,05
8.	ягодичная левая	- 0,17	- 0,12	- 0,30	- 0,08	- 0,10	- 0,25	- 0,20	- 0,04	- 0,50	- 0,56	- 0,32	- 0,43	- 0,19	- 0,54	0,00	- 0,54
9.	прямая бедра правая	- 0,17	- 0,26	- 0,17	- 0,27	- 0,33	- 0,33	- 0,43	- 0,23	- 0,39	- 0,35	- 0,47	- 0,17	- 0,27	- 0,03	- 0,05	- 0,04
10.	двуглавая бедра правая	0,02	- 0,05	0,12	- 0,06	0,07	0,06	0,07	- 0,16	0,53	0,60	0,10	0,32	- 0,08	0,68	- 0,31	0,69
11.	передняя б/берцовая пр.	0,33	0,23	0,15	0,21	0,04	0,19	0,15	0,16	0,30	0,36	- 0,04	0,25	- 0,48	0,48	- 0,65	0,50
12.	икроножная правая	0,33	0,29	0,40	0,25	0,05	0,28	0,27	0,07	0,51	0,54	0,17	0,50	- 0,21	0,56	- 0,48	0,58
13.	прямая бедра левая	- 0,17	- 0,21	0,01	- 0,23	0,24	- 0,03	0,04	- 0,30	0,49	0,51	0,15	0,16	0,13	0,53	- 0,09	0,53
14.	двуглавая бедра левая	0,46	0,27	- 0,23	0,33	- 0,13	0,27	0,21	0,65	- 0,20	- 0,20	- 0,08	- 0,31	- 0,41	- 0,12	- 0,30	- 0,14
15.	передняя б/берцовая лев.	0,02	0,14	- 0,06	0,17	0,20	0,20	0,21	0,31	- 0,11	- 0,17	0,34	- 0,18	0,33	- 0,48	0,39	- 0,50
16.	икроножная левая	- 0,34	- 0,25	- 0,42	- 0,22	- 0,14	- 0,36	- 0,24	- 0,09	- 0,54	- 0,56	- 0,28	- 0,53	0,25	- 0,56	0,44	- 0,57

Характер взаимосвязей свидетельствует, что уменьшение длины траекторий точек звеньев тела, обуславливающих фиксированную позу в повороте, связано только с увеличением активации мышц. То есть, успешное выполнение поворота соответствующей формы и технической ценности без потери равновесия основано на активации соответствующих мышечных групп.

Еще более выраженную картину зависимости кинематических характеристик от средней амплитуды турнов электрической активности мышц можно было наблюдать во взаимосвязях последней со скоростью перемещения точек звеньев тела при выполнении поворотов (таблица 40).

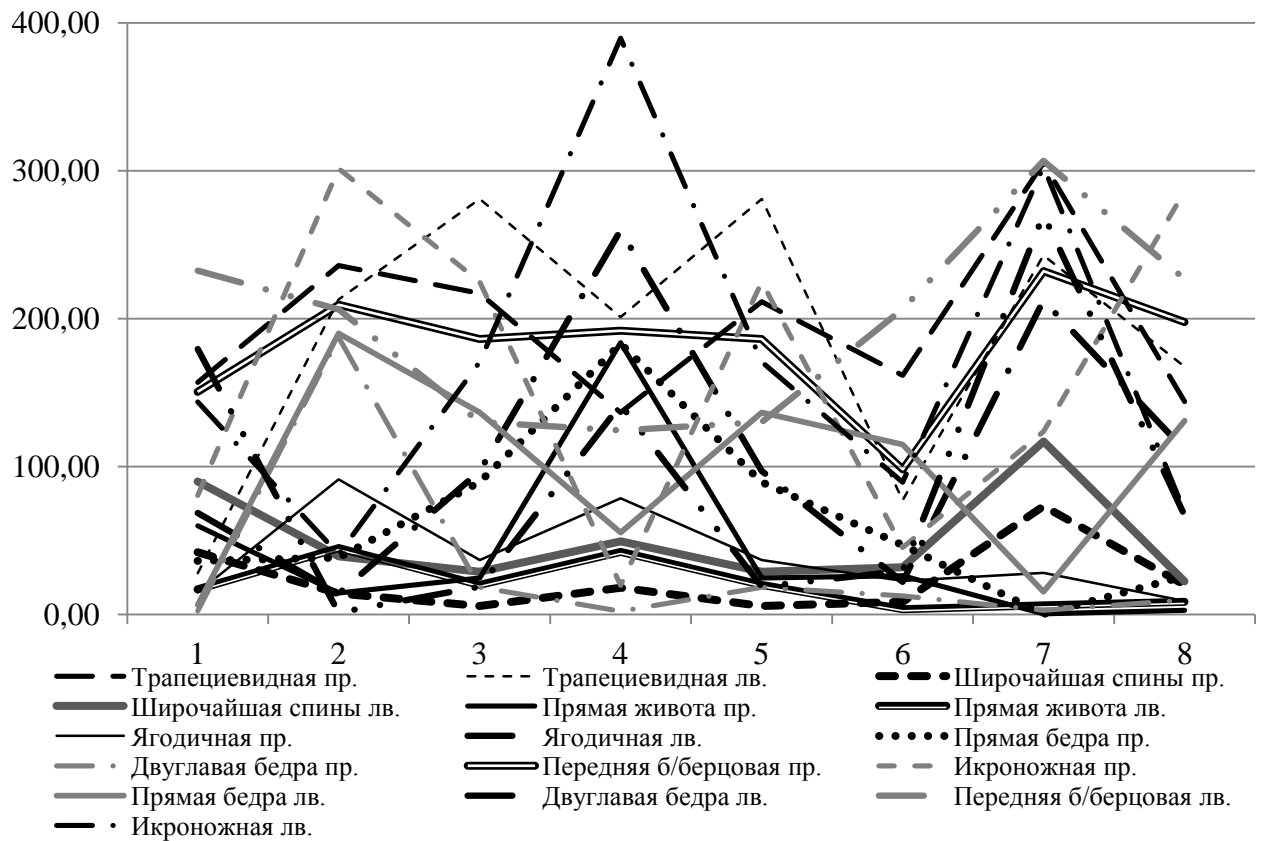
Из установленных значимых связей (20%) половина имеет обратный характер. Это свидетельствует о том, что, чем сложнее сохранять гимнастке стабильную позу в повороте, тем больше требуется активировать мышцы. Особое значение имеет активность мышц, способствующих фиксации (уменьшению скорости перемещения) звеньев в суставах опорной ноги. Так напряжение икроножной и передней большеберцовой мышц приводит к снижению скоростей не только конечных точек, но переднеповздошных, стабилизируя положение ОЦМт над опорой и предотвращая отклонение его от продольной оси вращения.

В процессе анализа установлено, что независимо от особенностей техники поворота оптимальную скорость перемещения точек звеньев тела и успешность выполнения элементов данной структурной группы художественной гимнастики предопределяла активность следующих мышц: икроножной левой (7 связей), правой широчайшей спины (6 связей), правой двуглавой бедра (5 связей) и правой ягодичной (5 связей). Именно степень электрической активности данных мышечных групп может свидетельствовать о сложности выполняемого поворота и его технической ценности.

Таблица 40 - Взаимосвязь угловой скорости точек звеньев тела и средней амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (г)

№ п/п	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	трапецевидная правая	-0,28	-0,01	-0,21	0,00	0,38	-0,43	0,05	-0,37	0,22	0,10	-0,06	-0,25	-0,11	-0,14	-0,15	-0,14
2.	трапецевидная левая	-0,34	0,02	-0,11	-0,00	0,34	-0,46	0,27	-0,44	0,35	0,12	-0,02	-0,20	-0,02	-0,21	-0,14	-0,19
3.	широчайшая спины пр.	0,69	0,47	0,36	0,49	-0,01	0,62	0,19	0,36	0,11	0,07	-0,42	0,37	-0,60	0,31	-0,64	0,35
4.	широчайшая спины лев.	0,48	0,12	-0,21	0,23	-0,21	0,58	-0,04	0,63	-0,37	-0,24	-0,09	-0,17	-0,23	0,11	-0,10	0,08
5.	прямая живота правая	-0,12	-0,28	-0,11	-0,29	-0,14	-0,18	-0,12	0,01	-0,30	-0,32	-0,06	-0,13	0,29	0,02	0,30	0,01
6.	прямая живота левая	-0,11	-0,23	0,08	-0,27	-0,19	-0,47	-0,28	-0,57	0,44	0,45	-0,30	0,24	-0,21	0,42	-0,25	0,43
7.	ягодичная правая	-0,63	-0,49	-0,42	-0,50	0,17	-0,60	-0,18	-0,47	0,08	-0,04	0,18	-0,43	0,30	-0,21	0,29	-0,24
8.	ягодичная левая	-0,05	-0,08	-0,27	-0,02	0,16	0,11	0,25	0,27	-0,47	-0,60	0,04	-0,42	0,16	-0,35	0,16	-0,36
9.	прямая бедра правая	0,19	-0,21	-0,08	-0,20	-0,18	0,01	-0,42	0,20	-0,49	-0,40	-0,32	-0,02	0,05	0,28	0,11	0,26
10.	двуглавая бедра правая	-0,12	-0,10	0,09	-0,13	-0,13	-0,36	-0,24	-0,45	0,70	0,73	-0,21	0,32	-0,23	0,48	-0,30	0,50
11.	передняя б/берцовая пр.	0,41	0,26	0,20	0,24	-0,10	0,16	-0,03	0,09	0,42	0,47	-0,44	0,37	-0,44	0,55	-0,53	0,58
12.	икроножная правая	0,24	0,24	0,41	0,20	-0,19	-0,06	-0,01	-0,24	0,57	0,58	-0,30	0,53	-0,34	0,44	-0,42	0,48
13.	прямая бедра левая	-0,42	-0,28	-0,08	-0,31	0,09	-0,64	-0,29	-0,74	0,60	0,55	-0,09	0,05	-0,12	0,22	-0,17	0,22
14.	двуглавая бедра левая	0,60	0,38	-0,20	0,45	-0,16	0,62	0,33	0,79	-0,33	-0,22	-0,18	-0,24	-0,24	0,03	-0,22	0,02
15.	передняя б/берцовая лев.	-0,09	0,13	-0,12	0,18	0,22	0,36	0,27	0,26	-0,18	-0,19	0,45	-0,27	0,08	-0,53	0,13	-0,54
16.	икроножная левая	-0,33	-0,21	-0,42	-0,18	0,12	-0,16	0,23	0,27	-0,66	-0,68	0,28	-0,63	0,59	-0,55	0,59	-0,57

Сравнив показатели частоты турнов электрической активности мышц при выполнении различных поворотов (рисунок 32), было установлено, что наибольшие показатели были характерны для икроножных мышц опорной ноги, а также трапецевидных мышц и мышц, отводящих бедро.



Примечание. Повороты: 1- «циркуль»; 2- нога вперед; 3-нога в сторону кверху с захватом; 4-нога кверху; 5-нога назад; 6-фуэте; 7-нога назад-кверху с наклоном; 8-нога назад в кольцо с захватом.

Рисунок 32 - Частота турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (турн/с; N=12)

Наибольшая частота турнов была зафиксирована в икроножной мышце при выполнении поворота с отведением ноги кверху, наименьшая - в прямой мышце правого бедра в повороте с наклоном вперед нога назад-кверху, а также в двуглавой мышце правого бедра при выполнении поворота «циркуль». Профили частоты турнов каждого поворота и осуществленный корреляционный анализ не позволили выявить какую-либо тенденцию в отношении технической ценности. В связи с эти возникла необходимость исследования влияния данного фактора посредством анализа кинематических характеристик поворотов (таблица 41).



Таблица 41 - Взаимосвязь длины траекторий точек звеньев тела и частоты турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (r)

№п/п	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеплечевая пр.	Переднеплечевая лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	трапециевидная правая	0,53	0,42	0,06	0,49	0,41	0,52	0,58	0,60	0,45	0,44	0,39	0,10	- 0,04	0,32	- 0,27	0,31
2.	трапециевидная левая	-0,04	0,08	- 0,06	0,12	0,29	0,06	0,26	0,07	0,17	0,12	0,18	- 0,11	0,29	- 0,10	0,05	- 0,10
3.	широкая спины пр.	0,66	0,49	0,09	0,59	0,07	0,56	0,46	0,74	0,12	0,07	0,20	- 0,00	- 0,34	0,00	- 0,46	0,01
4.	широкая спины лев.	0,58	0,34	- 0,05	0,45	- 0,08	0,35	0,30	0,57	0,03	0,04	- 0,07	- 0,02	- 0,53	0,23	- 0,47	0,22
5.	прямая живота правая	-0,43	- 0,33	- 0,35	- 0,35	- 0,46	- 0,61	- 0,51	- 0,43	- 0,61	- 0,57	- 0,49	- 0,42	0,05	- 0,38	0,31	- 0,39
6.	прямая живота левая	-0,33	- 0,42	- 0,24	- 0,40	- 0,12	- 0,39	- 0,35	- 0,41	0,01	0,08	- 0,35	- 0,12	- 0,06	0,35	- 0,05	0,35
7.	ягодичная правая	-0,38	- 0,44	- 0,32	- 0,41	0,10	- 0,32	- 0,24	- 0,39	0,04	0,01	- 0,19	- 0,27	0,12	0,15	0,08	0,13
8.	ягодичная левая	0,07	0,20	- 0,08	0,21	0,14	0,01	0,14	0,18	- 0,25	- 0,32	- 0,05	- 0,24	0,01	- 0,47	- 0,01	- 0,46
9.	прямая бедра правая	- 0,61	- 0,38	- 0,32	- 0,40	- 0,47	- 0,59	- 0,44	- 0,54	- 0,48	- 0,45	- 0,36	- 0,38	0,20	- 0,37	0,41	- 0,38
10.	двуглавая бедра правая	- 0,08	- 0,36	- 0,17	- 0,34	0,31	- 0,11	- 0,11	- 0,33	0,49	0,54	- 0,17	0,05	- 0,37	0,88	- 0,42	0,86
11.	передняя б/берцовая пр.	0,43	0,49	0,40	0,53	0,39	0,40	0,50	0,29	0,46	0,45	0,36	0,41	0,10	0,25	- 0,24	0,28
12.	икроножная правая	0,22	0,32	0,58	0,31	0,52	0,26	0,30	- 0,10	0,63	0,64	0,33	0,69	0,11	0,50	- 0,25	0,54
13.	прямая бедра левая	- 0,12	0,05	0,35	- 0,03	0,29	0,05	0,09	- 0,35	0,48	0,47	0,29	0,43	0,29	0,31	- 0,02	0,33
14.	двуглавая бедра левая	0,54	0,41	- 0,07	0,53	- 0,03	0,32	0,23	0,57	- 0,01	0,01	- 0,07	- 0,07	- 0,50	0,15	- 0,50	0,15
15.	передняя б/берцовая лев.	0,63	0,57	0,35	0,60	0,50	0,67	0,60	0,62	0,47	0,43	0,49	0,33	- 0,21	0,24	- 0,43	0,25
16.	икроножная левая	- 0,08	- 0,03	- 0,32	0,03	0,06	- 0,14	- 0,03	0,10	- 0,33	- 0,37	- 0,16	- 0,42	0,06	- 0,41	0,12	- 0,42

Полученные данные свидетельствуют, что длины траекторий основных точек звеньев тела при выполнении поворотов в значительной степени зависят от частоты турнов электрической активности мышц. Из всех возможных связей 25% были значимыми. Локализация установленных значимых связей имела особенности проявления: они были выявлены в точках туловища, головы и рук. При этом 80% данных связей имели прямой характер. Из чего следовало, что снижение показателей длины траекторий точек звеньев тела и обеспечение фиксированной позы поворота возможны только посредством уменьшения частоты турнов. И наоборот, изменение положения тела гимнастки в повороте напрямую связано с частой электрической импульсацией мышц, приводящей к потере формы поворота.

Количество и степень проявления связей частоты турнов электрической активности мышц с угловыми скоростями точек звеньев тела примерно такое же, как и с длинами траекторий точек звеньев тела. Однако их локализация имеет более равномерный характер. При этом наибольшие связи ( $r = 0,91-0,94$ ; близкие к функциональным) были выявлены между частотой турнов электрической активности двуглавой мышцы бедра опорной ноги и угловой скоростью голени-стопы свободной ноги. То есть, в данном случае, повышение частоты электрической импульсации двуглавой мышцы бедра, и снижение силы ее активации приводили к повышению степени свободы звеньев опорной ноги, раскачиванию, способствующему увеличению угловых скоростей точек голени, стопы свободной ноги и созданию дополнительных трудностей для сохранения устойчивости в динамическом равновесии - повороте.

В процессе качественного анализа взаимосвязей частоты турнов электрической активности мышц и ускорений точек звеньев тела (таблица 42) было подтверждено наличие данной тенденции для структурной группы «Повороты» в целом.

Таблица 42 - Взаимосвязь угловой скорости точек звеньев тела и частоты амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной технической ценности (г)

№ п/п	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобая	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеплечевая пр.	Переднеплечевая лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	трапециевидная пр.	0,22	0,42	-0,04	0,48	0,12	- 0,08	0,11	- 0,02	0,14	0,21	- 0,15	- 0,06	- 0,34	- 0,00	- 0,35	0,00
2.	трапециевидная лв.	- 0,44	0,03	- 0,16	0,04	0,25	- 0,46	0,38	- 0,27	0,13	- 0,04	0,17	- 0,34	0,25	- 0,46	0,12	- 0,43
3.	широчайшая спины пр.	0,62	0,50	0,08	0,63	- 0,14	0,53	0,16	0,51	-0,19	- 0,10	- 0,29	0,00	- 0,48	0,04	- 0,48	0,06
4.	широчайшая спины лв.	0,64	0,36	- 0,03	0,47	- 0,23	0,37	0,11	0,47	-0,20	- 0,07	- 0,41	0,09	- 0,42	0,31	- 0,38	0,31
5.	прямая живота пр.	- 0,16	- 0,30	-0,30	- 0,32	- 0,18	- 0,13	0,25	0,40	-0,62	- 0,60	0,15	- 0,42	0,68	- 0,26	0,70	- 0,28
6.	прямая живота лв.	- 0,34	- 0,43	-0,25	- 0,43	- 0,01	- 0,55	- 0,39	- 0,28	0,09	0,14	- 0,19	- 0,13	0,21	0,28	0,17	0,27
7.	ягодичная пр.	- 0,54	- 0,47	-0,39	- 0,45	0,16	- 0,75	- 0,38	- 0,58	0,08	- 0,02	- 0,12	- 0,38	0,14	- 0,02	0,10	- 0,03
8.	ягодичная лв.	- 0,05	0,21	- 0,09	0,21	0,26	- 0,01	0,44	0,18	-0,36	- 0,48	0,09	- 0,33	0,22	- 0,49	0,15	- 0,47
9.	прямая бедра пр.	- 0,45	- 0,38	-0,31	- 0,41	- 0,04	- 0,29	0,13	0,09	-0,45	- 0,48	0,29	- 0,44	0,66	- 0,35	0,66	- 0,37
10.	двуглавая бедра пр.	- 0,22	- 0,39	-0,22	- 0,40	0,04	- 0,78	- 0,78	- 0,72	0,64	0,63	- 0,76	0,07	- 0,46	0,94	- 0,45	0,91
11.	передняя б/берцовая пр.	0,16	0,48	0,35	0,51	0,16	- 0,25	0,17	- 0,29	0,22	0,21	- 0,15	0,27	- 0,16	- 0,01	- 0,24	0,02
12.	икроножная пр.	- 0,06	0,22	0,55	0,19	0,46	- 0,40	- 0,11	- 0,62	0,58	0,55	- 0,15	0,62	- 0,16	0,23	- 0,25	0,27
13.	прямая бедра лв.	- 0,37	0,02	0,31	- 0,08	0,14	-0,47	- 0,39	- 0,75	0,54	0,49	0,04	0,34	- 0,10	0,09	- 0,12	0,11
14.	двуглавая бедра лв.	0,67	0,48	-0,00	0,61	- 0,13	0,51	0,10	0,67	-0,14	0,03	- 0,39	0,10	- 0,41	0,32	- 0,43	0,33
15.	передняя б/берцовая лв.	0,53	0,57	0,31	0,62	0,18	0,42	- 0,05	0,12	0,19	0,30	- 0,26	0,32	- 0,67	0,18	- 0,65	0,21
16.	икроножная лв.	- 0,13	0,03	- 0,34	0,08	0,20	- 0,16	0,23	0,21	-0,51	-0,54	0,06	- 0,51	0,28	- 0,42	0,26	-0,42

Таким образом, еще одним из факторов сложности элементов данной структурной группы является наличие частой импульсации мышц сгибателей опорной ноги, характерной для поворотов, выполняемых на полусогнутой или согнутой ноге.

#### 4.3 Обоснование критериев оценки сложности прыжков художественной гимнастики

В сложнейших соревновательных композициях художественной гимнастики, состоящих из разнохарактерных движений, различные по сложности прыжки составляют до 30%.

Характерной особенностью данной структурной группы элементов является наличие безопорного положения тела гимнастки - фазы полета. При этом основное отличие прыжков художественной гимнастики от прикладных или легкоатлетических состоит в том, что успешное решение задачи достижения определенной длительности, высоты и дальности прыжка обуславливает, в первую очередь, возможность выполнения в безопорном положении движений различной сложности, связанных с принятием позы и реализацией двигательной программы.

При отталкивании общий центр масс тела (ОЦМт) гимнастки приобретает скорость, направление которой определяется способами отталкивания. Дальнейшее перемещение гимнастки происходит в соответствии с теоремой о движении ОЦМт, в соответствии с которой ОЦМт механической системы движется как материальная точка, с массой, равной массе системы, и на которую действуют все внешние силы системы. В свободном полете на тело гимнастки действует только сила тяжести. При этом траектория движения ОЦМт спортсменки представлена параболой, параметры которой зависят только от начальной скорости: ее величины и направления. Дальность полета, время движения и высота также определяются значением и направлением начальной скорости, поэтому

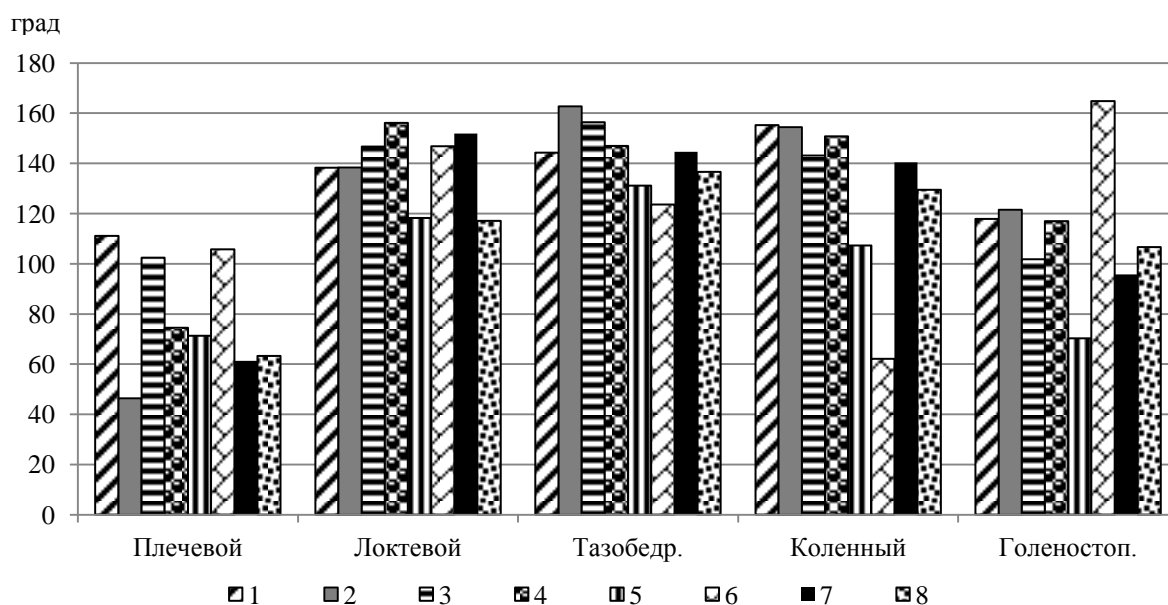
управление начальными параметрам возможно только на стадии отталкивания. Никакие телодвижения, или движения предметов в полете не способны повлиять на упомянутые характеристики движения гимнастки. В связи с этим сложность демонстрируемой позы (или поз) в прыжке предопределяет сложность отталкивания и приземления. Поэтому все движения звеньями тела должны быть выполнены точно в соответствии с двигательной программой, направленной на трансформацию количественных характеристик работы гимнастки в качественные. Двигательная программа обуславливает не только внешние, но и внутренние параметры движения и, следовательно, возникающие в процессе ее реализации объективные факторы сложности выполнения прыжка. В связи с этим основной задачей дальнейшего анализа являлась конкретизация факторов, обуславливающих сложность прыжков.

Для решения этой задачи было проведено исследование кинематики и мышечной активности восьми различных по технической ценности и содержанию прыжков:

- шагом в шпагат;
- шагом в шпагат прогнувшись;
- жете ан турнан в шпагат;
- перекидной;
- с поворотом на  $180^{\circ}$  в шпагате;
- в кольцо двумя ногами;
- со сменой положения ног в шпагат;
- во фронтальный шпагат с наклоном.

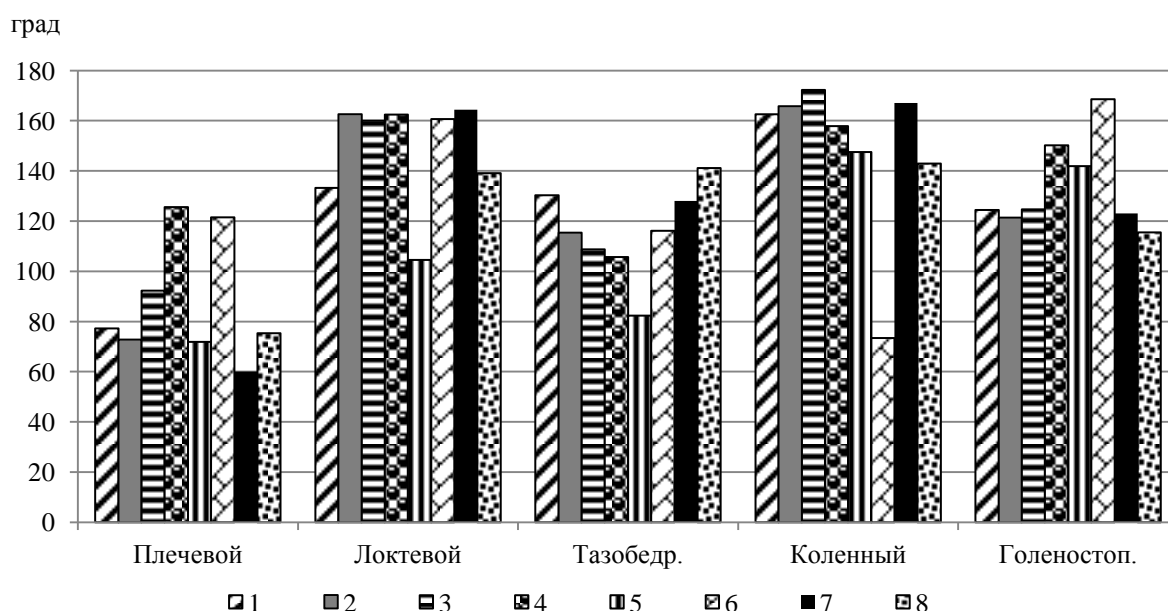
Сравнительный анализ угловых характеристик прыжков (рисунки 33, 34) показал, что амплитуда движений в полетной фазе в зависимости от принимаемой позы имеет высокую вариативность. Так степень отведения рук в плечевом суставе может различаться в два и более раза, а в тазобедренном изменяться в четыре раза. При этом наибольшие различия наблюдаются в угловых характеристиках звеньев правой, ведущей стороны тела гимнастки, а

наименьшие у звеньев левой стороны (конкретнее - в голеностопном суставе толчковой ноги).



Примечания: 1-шагом в шпагат; 2-шагом в шпагат прогнувшись; 3-жете ан турнан в шпагат; 4-перекидной; 5- с поворотом на 180° в шпагате; 6 -в кольцо двумя ногами; 7 -со сменой положения ног в шпагат; 8 -во фронтальный шпагат с наклоном.

Рисунок 33 – Значения углов в суставах правой стороны тела при выполнении прыжков художественной гимнастики (град; N=12)

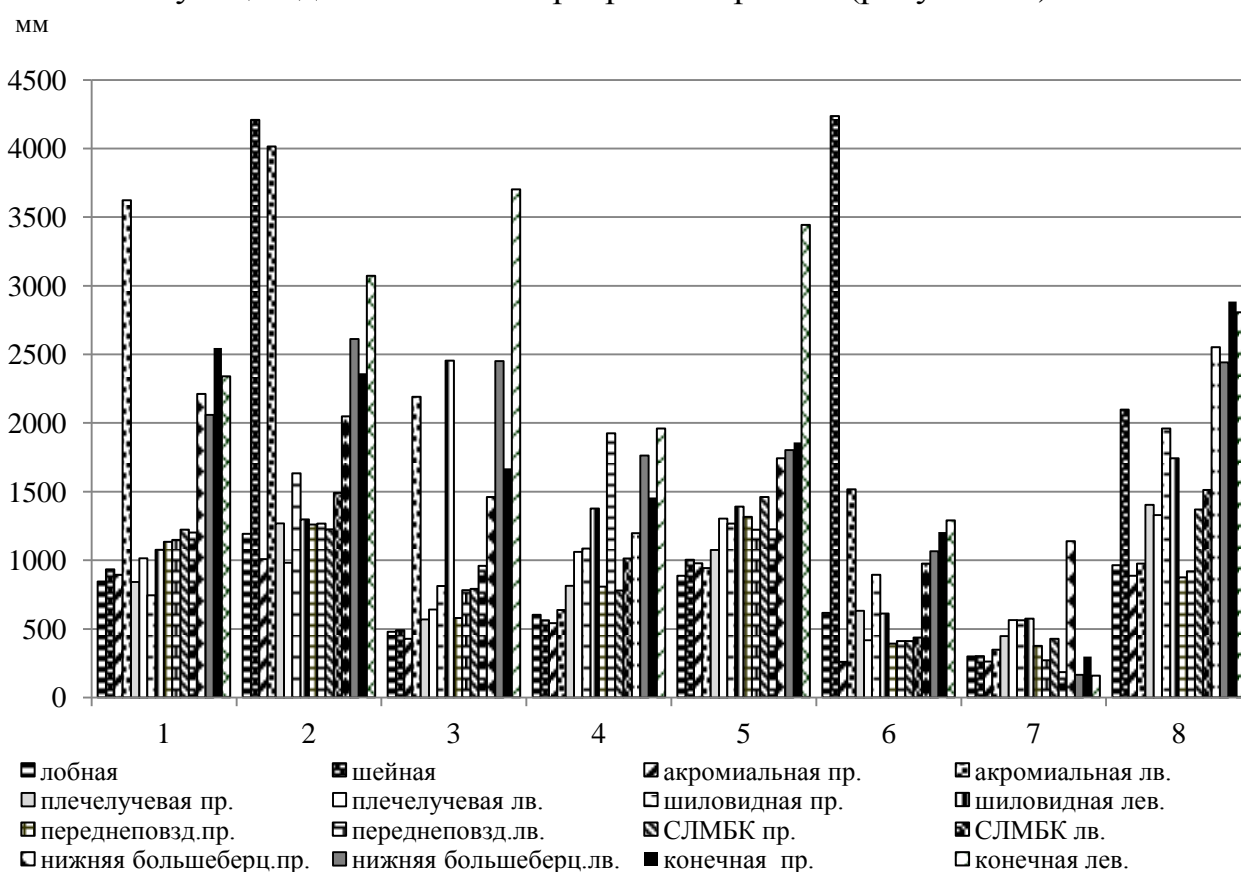


Примечания: 1-шагом в шпагат; 2-шагом в шпагат прогнувшись; 3-жете ан турнан в шпагат; 4-перекидной; 5- с поворотом на 180° в шпагате; 6 -в кольцо двумя ногами; 7 -со сменой положения ног в шпагат; 8 -во фронтальный шпагат с наклоном.

Рисунок 34 - Значения углов в суставах левой стороны тела при выполнении прыжков художественной гимнастики (град; N=12)

Для определения значимости данной особенности для применяемой технической ценности прыжков был осуществлен корреляционный анализ. Установлено, что из всех анализируемых показателей только амплитуда движений в тазобедренном суставе ведущей (правой) ноги ( $r = 0,5$ ) и в локтевых суставах ( $r = 0,6-0,8$ ) была связана с технической ценностью прыжков. И если угол отведения бедра был predeterminedен позой прыжка, то форма рук в прыжках (а именно, выпрямление) была связана с необходимостью выполнения вспомогательных движений при выполнении более сложных прыжков (замаха и балансировки).

Следующая характеристика – длина траекторий точек звеньев тела находилась в прямой зависимости от амплитуды движений, соответствующих двигательной программе прыжка (рисунок 35).

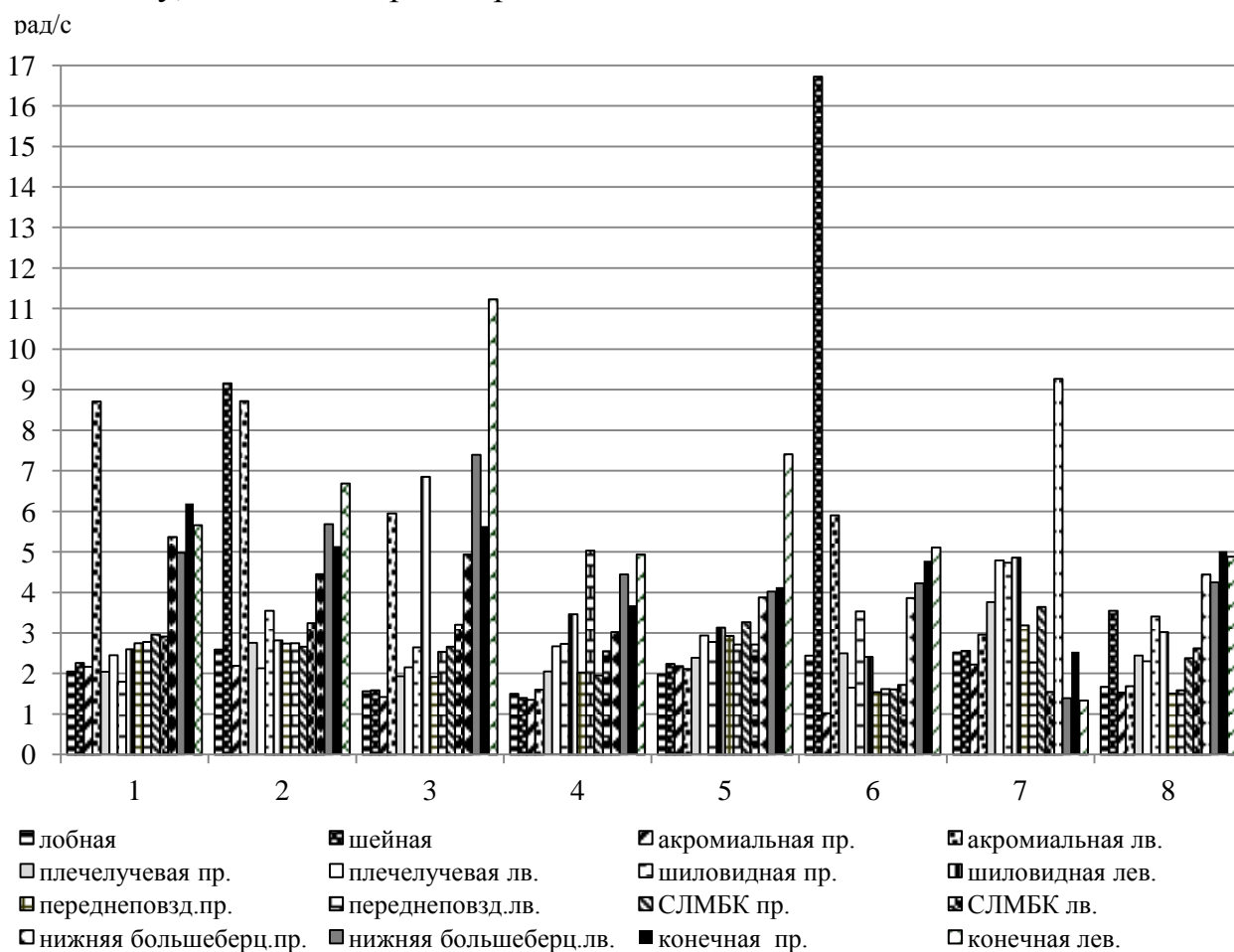


*Прыжки (по горизонтали):* 1- шагом в шпагат; 2- шагом в шпагат прогнувшись; 3 - жете ан турнан в шпагат; 4 - перекидной; 5 - с поворотом на  $180^\circ$  в шпагате; 6 - в кольцо двумя ногами; 7 - со сменой положения ног в шпагат; 8 - во фронтальный шпагат с наклоном.

Рисунок 35 - Длина траекторий точек звеньев тела при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (мм; N=12)

Соответственно, наиболее удаленные от ОЦМт точки свободных звеньев тела гимнастки в прыжках, имеющих наибольшие угловые характеристики, имели большие длины траекторий. Например, точка шеи при выполнении наклона туловища назад, или правая плечевая, участвующая в замахе рукой при выполнении жете ан турнан в шпагат.

Угловые скорости точек звеньев тела (рисунок 36) при выполнении различных по технической ценности прыжков имеют еще большую специфику, чем длины траекторий.



Примечание.

Прыжки: 1- шагом в шпагат; 2- шагом в шпагат прогнувшись; 3 - жете ан турнан в шпагат; 4 - перекидной; 5 - с поворотом на 180° в шпагате; 6 - в кольцо двумя ногами; 7 – сосменной положения ног в шпагат; 8 - во фронтальный шпагат с наклоном.

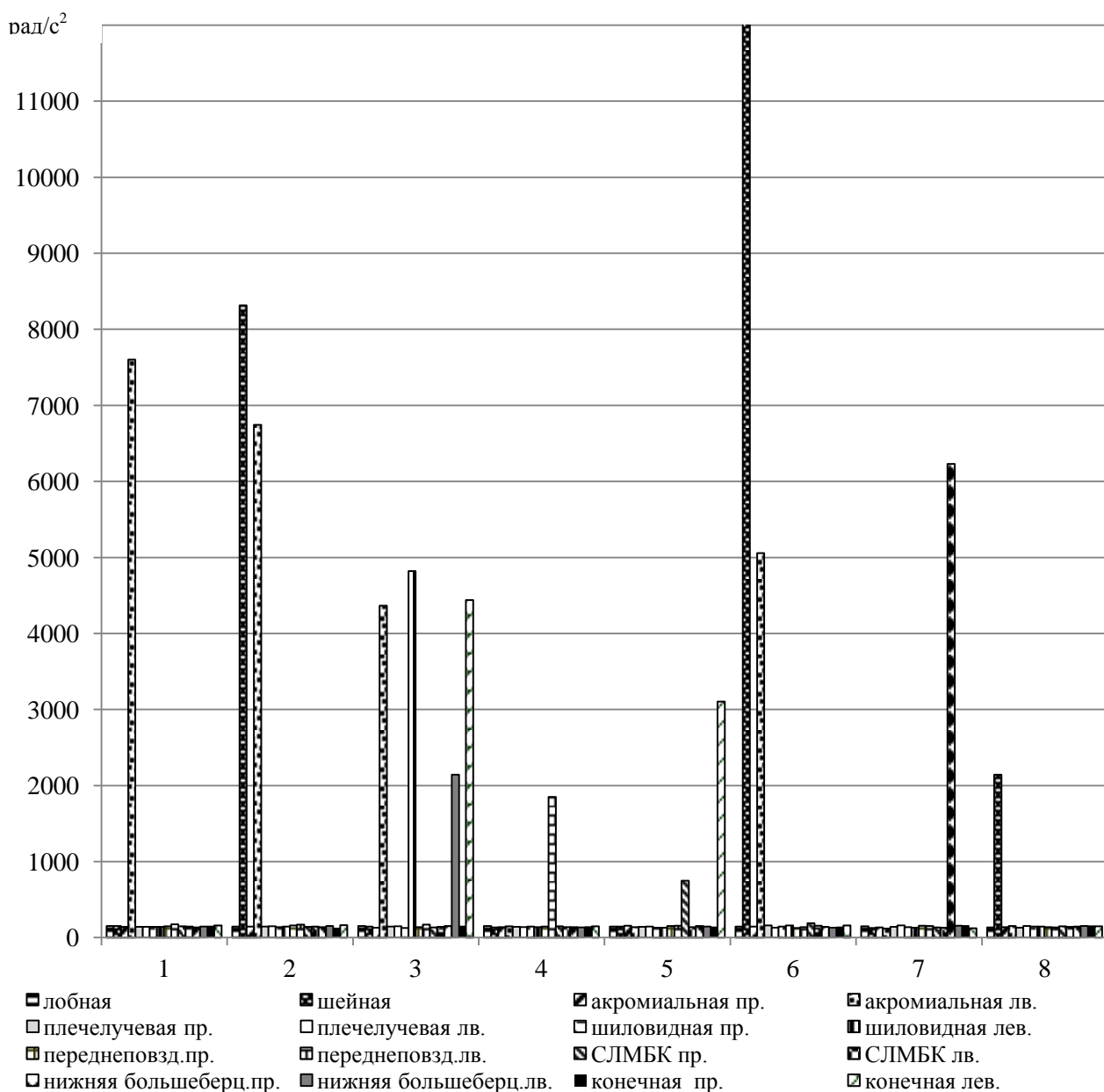
Рисунок 36 – Угловые скорости точек звеньев тела при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (рад/с; N=12)

Так необходимость своевременного завершения фиксации позы в полетной фазе для безопасного приземления требует проявления высоких



скоростей звеньев тела, обеспечивающих форму прыжка. Например, в прыжке со сменой положения ног в шпагат зафиксирована самая высокая скорость перемещения правой голени (нижняя большеберцовая точка).

Еще более выраженную картину, указывающую на существенные различия в технике выполнения прыжков, можно было наблюдать, сравнивая ускорения точек звеньев тела (рисунок 37).



Примечание.

*Прыжки (по горизонтали):* 1- шагом в шпагат; 2- шагом в шпагат прогнувшись; 3 - жете ан турнан в шпагат; 4 - перекидной; 5 - с поворотом на 180° в шпагате; 6 - в кольцо двумя ногами; 7 - со сменой положения ног в шпагат; 8 - во фронтальный шпагат с наклоном.

Рисунок 37 - Ускорения звеньев тела при выполнении прыжков

художественной гимнастики различной технической ценности (рад/с<sup>2</sup>; N=12)

На фоне достоверно неотличающихся показателей ускорений большинства точек звеньев тела, каждый прыжок имел одну или несколько наиболее ускоренных точек. Данный факт указывал на различную степень проявления и локализации скоростно-силовых качеств для обеспечения различных форм прыжков и высокого качества их демонстрации.

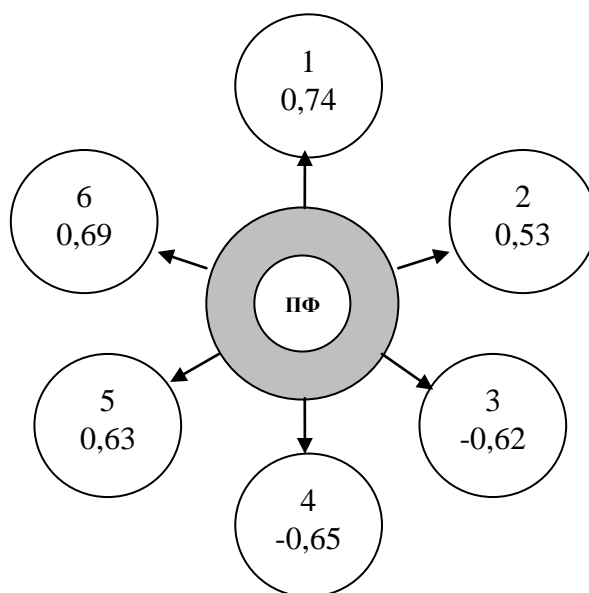
Корреляционный анализ степени обусловленности экспертной оценки точностью кинематических характеристик показал (таблица 43), что на сбавки за технику прыжков, прежде всего, влияют угловые скорости точек нижней части опорной и маховой ноги, обуславливающие непосредственно полетную фазу элемента, и кинематику руки, разноименной маховой ноге.

Таблица 43 - Взаимосвязь экспертных сбавок за качество выполнения прыжков и кинематических характеристик движений звеньев тела ( $r$ )

Кинематические характеристики	Точки звеньев тела															
	лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
ДТТ	-0,1	-0,3	0,0	-0,6	0,2	0,4	0,3	-0,1	-0,1	0,1	0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,1	-0,1
СТ	-0,2	-0,3	-0,1	-0,5	0,3	0,4	0,3	-0,1	-0,1	0,1	0,0	-0,4	0,0	-0,5	-0,6	-0,3
УТ	-0,2	-0,2	0,1	-0,5	-0,1	0,2	0,0	-0,3	0,1	0,2	0,2	-0,1	0,2	-0,3	0,2	-0,1
Примечания: ДТТ – длина траекторий точек; СТ – скорость точек; УТ – ускорение точек																

Корреляционный анализ качества выполнения и длительности безопорных фаз прыжков подтвердил предположение: экспертная оценка в значительной степени зависит от продолжительности полёта гимнастки ( $r = 0,75$ ). То есть исполнение прыжка в соответствии с правилами соревнований в значительной степени зависит от возможности зафиксировать в нем точную форму.

В связи с этим в процессе исследования было сделано предположение, что электрическая активность мышц, являясь объективной характеристикой энергии, затрачиваемой на реализацию двигательной программы, позволит дать более точную оценку сложности прыжков. О возможности получения такой информации свидетельствовали данные корреляционного анализа, указывающие на наличие достоверных и значимых связей между средней амплитудой турнов электрической активности основных групп мышц и длительностью безопорной фазы прыжка (рисунок 38).

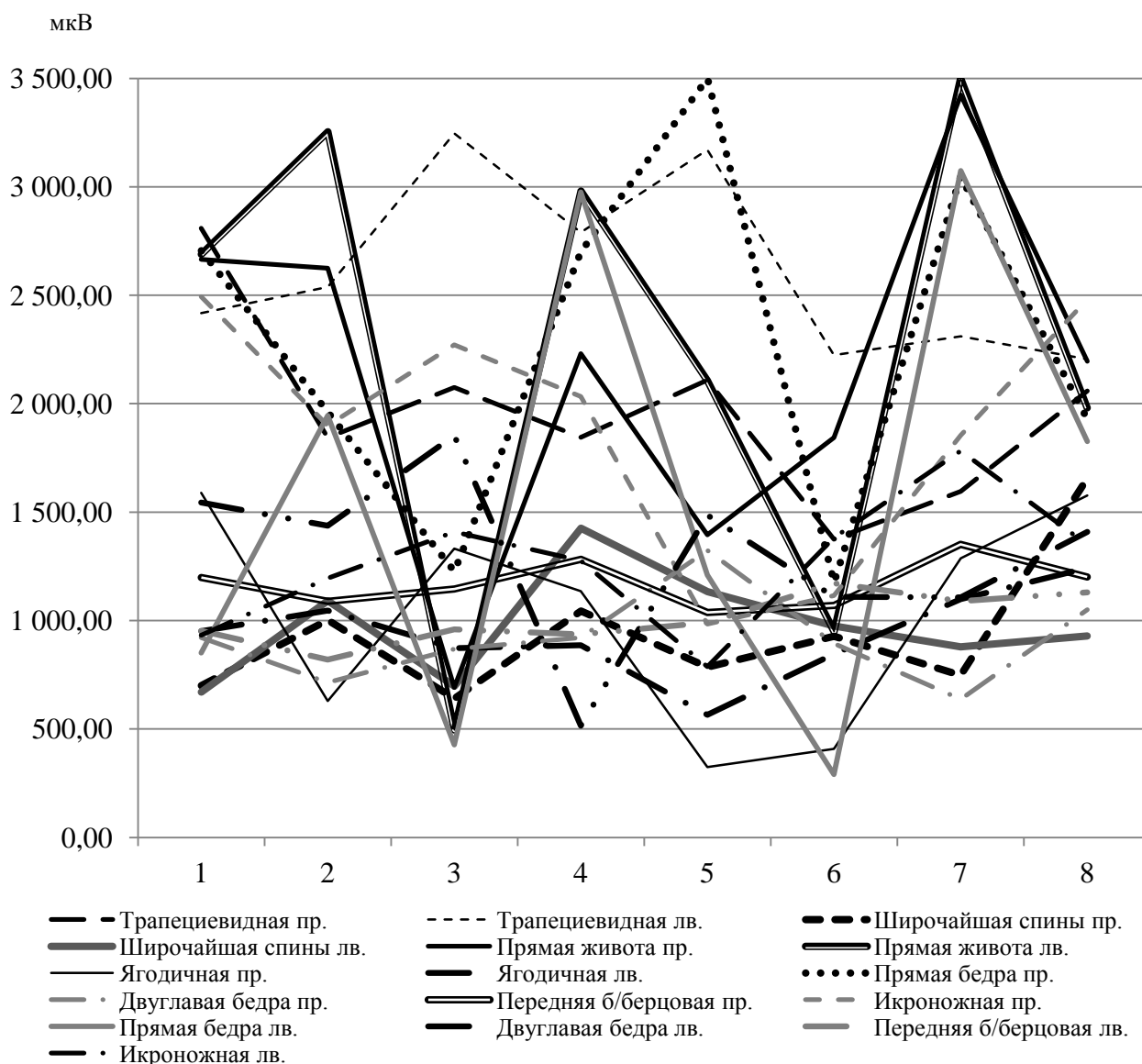


Примечания: 1- правая прямая мышца живота; 2 - левая прямая мышца живота; 3 - правая большая ягодичная; 4-левая двуглавая бедра; 5- правая передняя б/берцовая; 6- левая передняя б/берцовая; ПФ - полётная фаза в прыжке с правой.

Рисунок 38 – Взаимосвязь продолжительности полётной фазы прыжка и средней амплитуды электрической активности мышц (r)

Более детальный анализ характеристик максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц позволил построить профили для каждого прыжка (рисунок 39). Установлено, что более всего максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц проявляется в прыжках «кольцо двумя ногами» и «фронтальный шпагат с наклоном». Анатомический анализ позволил выделить наиболее активные мышцы: правая прямая бедра, прямые мышцы живота, трапецевидная левая и левая

прямая бедра. Однако локализация максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц для каждого прыжка была специфической. Так в прыжке «шагом в шпагат, прогнувшись» наивысшая максимальная амплитуда была зафиксирована в мышцах живота.



Примечания. Прыжки: 1-шагом в шпагат; 2- шагом в шпагат прогнувшись; 3- перекидной; 4- с поворотом на 180° в шпагате; 5- в кольцо двумя ногами; 6- со сменой положения ног в шпагат; 7- во фронтальный шпагат с наклоном; 8- жете ан турнан в шпагат

Рисунок 39 - Максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (мкВ; N=12)

Это было связано с необходимостью максимально резкого сгибания туловища для возвращения в вертикальное положение после наклона назад. Наоборот, в перекидном прыжке более всего проявляли себя мышцы задней поверхности туловища: трапециевидные. Именно они обеспечивали вертикальное положение при смене положения ног сзади.

Сравнив профили максимальной амплитуды турнов, расположенные в соответствии с ценностью трудности прыжков, не было выявлено логического перехода от простого к сложному. Наоборот, прыжки, имеющие меньшие показатели максимальной амплитуды турнов, занимали более высокие позиции (например, прыжок со сменой положения ног в шпагат). В связи с этим возникла необходимость более детальной проверки связей между максимальной амплитудой турнов и ценностью трудности прыжков (таблица 44).

В процессе корреляционного анализа установлено, что только в двух случаях из 16-ти связи имеют значимые значения. При этом одна из них (у трапециевидной правой) имела обратную корреляционную связь ( $r = -0,6$ ). Значимая корреляционная взаимосвязь правой широчайшей мышцы спины и максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц указывает на необходимость участия данной мышцы в движении независимо от деталей техники прыжка: во всех прыжках необходима прямая динамическая осанка при приземлении.

Учитывая значимость мышечной активности для выполнения прыжка любой технической ценности, был проведен анализ влияния максимальной амплитуды турнов на его кинематические характеристики.

Установлено, что длины траекторий практически всех точек звеньев тела зависят от показателей максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц левой толчковой ноги (прямой бедра), ягодичных мышц и левой прямой живота. Последние не только отвечают за отведение и приведение ног, но обеспечивают стабильно вертикальное положение таза в прыжке для безопасного приземления и сохранения равновесия.

Таблица 44 - Взаимосвязь технической ценности прыжков и максимальной амплитудой турнов электрической активности мышц

Ценность трудности	максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц (мкВ)															
	Трапецевидная пр.	Трапецевидная лв.	Широчайшая спины пр.	Широчайшая спины лв.	Прямая живота пр.	Прямая живота лв.	Ягодичная пр.	Ягодичная лв.	Прямая бедра пр.	Двуглавая бедра пр.	Передняя б/берцовая пр.	Икроножная пр.	Прямая бедра лв.	Двуглавая бедра лв.	Передняя б/берцовая лв.	Икроножная лв.
0,2	2808,7	2417,3	699,7	670	2666,0	2689,7	1588,7	951,7	2705,0	921,7	1198,7	2493,7	851,3	1545,0	952,7	931,7
0,4	1844,0	2538,3	1002,3	1091,7	2625,0	3254,0	629,7	1046,3	1960,3	714,0	1089,0	1899,0	1945,7	1437,0	820,0	1194,3
0,4	2075,3	3246,0	641,0	698,0	691,0	495,0	1331,3	872,7	1226,7	868,7	1145,0	2272,0	426,7	1853,0	959,7	1408,7
0,4	1845,0	2790,0	1043,7	1425,3	2230,7	2980,7	1135,7	886	2702,0	921,7	1282,3	2033,7	2975,0	515	936,7	1276,7
0,4	2109,0	3170,3	785,7	1133,0	1395,3	2105,7	324,7	565,3	3500,0	1323,3	1037,7	984	1209,7	1485,7	991,0	787,3
0,4	1374,7	2223,7	927,3	975	1843,3	948,7	408,0	845,3	1176,0	894,0	1070,0	1115,7	290,7	1110,3	1172,3	1382,0
0,4	1595,3	2310,7	748,0	878,7	3423,7	3500,0	1287,3	1099,3	3047,7	637	1351,3	1854,3	3075,0	1107,3	1090,0	1782,0
0,5	2058,3	2205,0	1655,0	928,7	2196,3	1981,3	1577,0	1242,7	1929,7	1050,0	1201,7	2482,0	1826,0	1409,0	1130,0	1349,3
r	-0,6	-0,0	0,6	0,4	-0,2	-0,2	-0,2	0,2	-0,2	0,1	-0,0	-0,2	0,3	-0,2	0,3	0,4

Результаты анализа корреляционных связей максимальной амплитуды турнов со скоростью и ускорением точек звеньев тела позволили подтвердить данную тенденцию в локализации максимальной активации мышц, только связей было установлено меньшее количество (таблицы 45-47).

При этом были установлены такие особенности, как:

- резкое и ускоренное движение маховой ногой в прыжке возможно только при одновременном увеличении электрической активности мышц спины противоположной стороны тела гимнастки;

- ускорение середины латерального мыщелка бедренной кости маховой (правой) ноги происходит при одновременном расслаблении двуглавой левой ноги (опорной), то есть ее разгибании в процессе отталкивания;

- скорость и ускорение отведения левой ноги (середина латерального мыщелка бедренной кости, нижняя большеберцовая и конечная точки) после отталкивания зависят от степени активации левой ягодичной мышцы;

- увеличение скорости и ускорений лобной точки и точки шеи приводит к снижению активации мышц живота (в наклоне назад) или ягодичных мышц (при наклоне вперед), затрудняет управление движением в безопорной фазе.

То есть, чем сложнее поза в прыжке или большее количество движений требуется выполнить звеньями тела в полетной фазе, тем большая активность и координация требуется от мышц, отвечающих за высоту отталкивания и фиксацию тела в безопорном положении. Независимо от особенностей прыжка более всего на целенаправленное перемещение точек звеньев тела (таблица 45) влияет максимальная амплитуда турнов электрической активности левой прямой мышцы бедра (12 связей), левой прямой живота (11 связей), левой ягодичной (6 связей) и правой ягодичной мышцы (7 связей).

Скорость точек звеньев тела в прыжке обусловлена в значительной степени своевременностью и оптимальностью напряжения правой ягодичной мышцы (8 связей) и правой икроножной мышцы (6 связей).

Таблица 45 - Взаимосвязь длины траекторий точек звеньев тела и максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (r)

№ элемента	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеплечевая пр.	Переднеплечевая лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапециевидная пр.	0,19	- 0,06	0,21	0,30	0,08	0,08	0,02	- 0,04	0,29	0,10	0,22	0,26	0,20	0,28	0,32	0,23
2.	Трапециевидная лв.	- 0,00	0,20	- 0,13	0,07	- 0,04	0,04	- 0,04	0,15	- 0,01	0,04	- 0,12	- 0,08	- 0,16	0,07	- 0,14	0,00
3.	Широчайшая спины пр.	- 0,03	- 0,04	- 0,04	0,37	- 0,07	- 0,01	- 0,02	0,85	- 0,03	- 0,03	0,01	0,08	0,00	0,55	0,04	0,61
4.	Широчайшая спины лв.	0,08	0,15	0,09	0,07	0,13	0,11	0,12	0,26	0,12	- 0,12	0,25	0,04	- 0,18	0,11	- 0,13	0,05
5.	Прямая живота пр.	0,39	- 0,01	0,43	0,08	0,39	0,29	0,29	- 0,09	0,26	- 0,17	0,41	0,37	0,47	0,16	0,47	0,02
6.	Прямая живота лв.	0,71	0,33	0,65	0,39	0,65	0,47	0,53	0,15	0,53	- 0,09	0,68	0,60	0,58	0,45	0,66	0,27
7.	Ягодичная пр.	0,13	- 0,44	0,34	0,27	0,15	0,45	0,07	0,52	0,33	0,49	0,43	0,49	0,36	0,54	0,52	0,51
8.	Ягодичная лв.	0,25	- 0,23	0,37	0,26	0,32	0,32	0,37	0,58	0,32	0,19	0,46	0,55	0,27	0,65	0,47	0,63
9.	Прямая бедра пр.	0,38	0,41	0,22	0,17	0,27	0,10	0,22	0,03	0,11	- 0,17	0,14	0,17	0,26	0,16	0,44	0,24
10.	Двуглавая бедра пр.	- 0,28	0,22	- 0,41	- 0,04	- 0,46	- 0,41	- 0,44	0,13	- 0,33	0,03	- 0,35	- 0,38	- 0,12	- 0,10	- 0,28	- 0,07
11.	Передняя б/берцовая пр.	0,11	0,01	0,24	- 0,24	0,26	0,33	0,18	- 0,04	0,18	- 0,08	0,36	0,26	0,26	0,08	0,23	- 0,01
12.	Икроножная пр.	0,16	- 0,35	0,36	0,29	0,18	0,39	0,07	0,46	0,39	0,43	0,42	0,47	0,37	0,50	0,38	0,42
13.	Прямая бедра лв.	0,58	0,22	0,60	0,12	0,71	0,56	0,73	0,43	0,49	0,05	0,71	0,65	0,46	0,57	0,59	0,63
14.	Двуглавая бедра лв.	- 0,10	- 0,03	- 0,24	0,12	- 0,17	- 0,25	- 0,10	- 0,10	- 0,20	0,02	- 0,34	- 0,05	- 0,15	0,06	0,02	- 0,11
15.	Передняя б/берцовая лв.	- 0,35	0,05	- 0,31	- 0,27	- 0,30	- 0,22	- 0,25	0,11	- 0,38	- 0,19	- 0,27	- 0,28	- 0,05	- 0,15	- 0,18	- 0,07
16.	Икроножная лв.	0,03	- 0,32	0,14	- 0,22	0,20	0,33	0,29	0,34	0,04	0,17	0,18	0,22	0,27	0,20	0,12	0,19



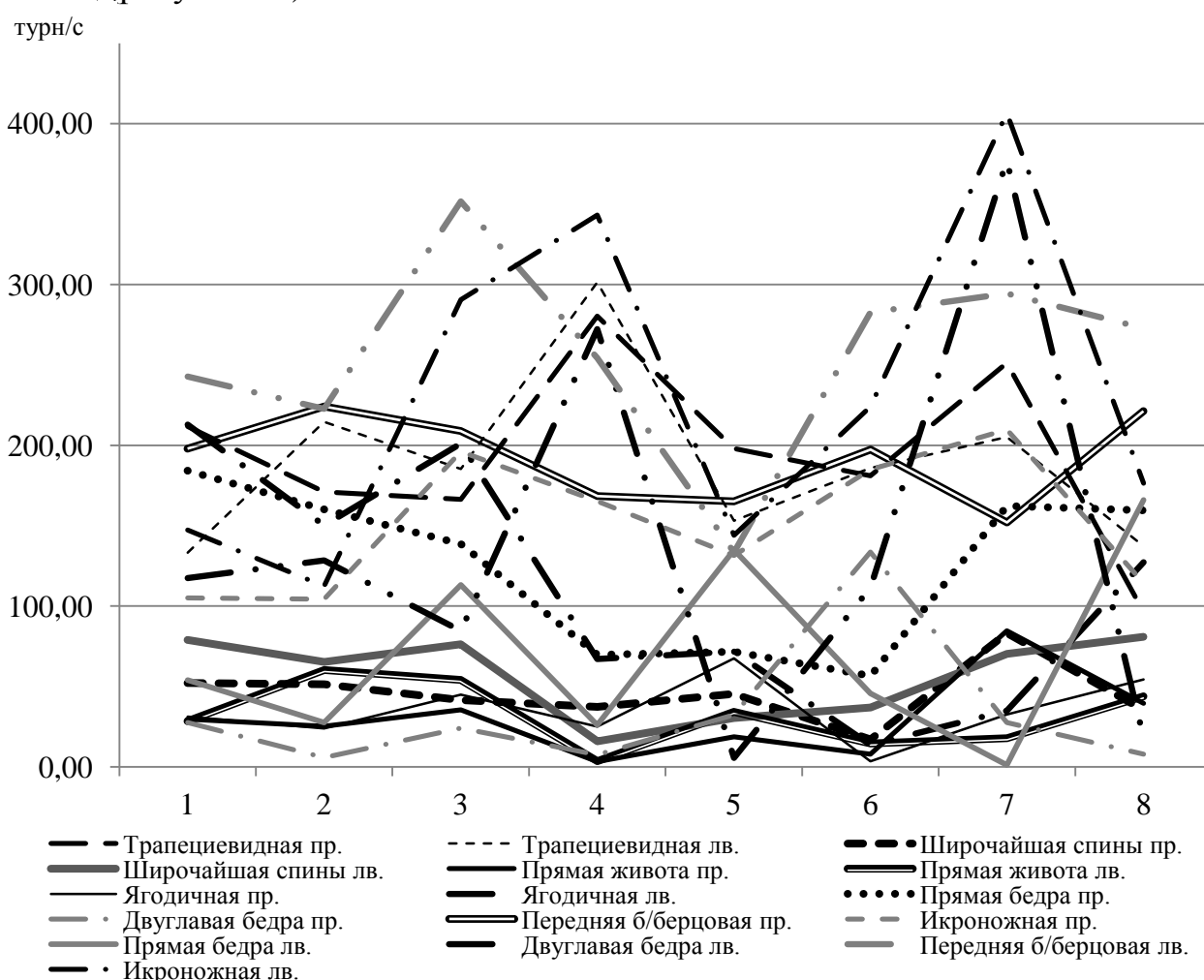
Таблица 46 - Взаимосвязь угловой скорости точек звеньев тела и максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (г)

№ элемента	МЫШЦЫ	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеплечевая пр.	Переднеплечевая лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапецевидная пр.	-0,14	-0,07	-0,07	0,25	-0,37	-0,37	-0,36	-0,19	-0,05	-0,02	-0,19	0,20	-0,09	0,25	0,30	0,16
2.	Трапецевидная лев.	-0,09	0,30	-0,40	0,08	-0,24	-0,20	-0,17	0,10	-0,22	0,01	-0,41	-0,21	-0,07	0,13	-0,21	0,03
3.	Широчайшая спины пр.	-0,09	-0,04	-0,08	0,34	-0,13	-0,03	-0,05	0,89	-0,08	-0,06	-0,01	0,11	-0,07	0,68	0,03	0,69
4.	Широчайшая спины лев.	0,10	0,15	0,06	0,04	0,10	0,02	0,10	0,24	0,07	-0,18	0,24	-0,08	-0,20	0,09	-0,30	0,03
5.	Прямая живота пр.	0,04	-0,21	0,31	0,04	-0,03	-0,08	-0,14	-0,24	0,05	-0,30	0,24	0,31	0,05	-0,02	0,40	-0,09
6.	Прямая живота лев.	0,09	0,10	0,21	0,26	-0,17	-0,38	-0,22	-0,15	-0,07	-0,34	0,08	0,41	-0,07	0,24	0,47	0,12
7.	Ягодичная пр.	-0,67	-0,54	-0,02	0,16	-0,60	-0,21	-0,63	0,32	-0,14	0,37	0,01	0,57	-0,14	0,51	0,47	0,49
8.	Ягодичная лев.	-0,39	-0,44	0,12	0,13	-0,27	-0,14	-0,17	0,43	-0,04	0,04	0,19	0,54	-0,27	0,53	0,25	0,53
9.	Прямая бедра пр.	0,15	0,40	-0,17	0,16	-0,22	-0,47	-0,20	-0,16	-0,35	-0,31	-0,38	-0,00	-0,15	0,14	0,54	0,22
10.	Двуглавая бедра пр.	0,14	0,47	-0,33	0,04	-0,14	-0,13	-0,10	0,25	-0,16	0,15	-0,21	-0,27	0,28	0,16	0,02	0,11
11.	Передняя б/берцовая пр.	-0,35	-0,12	0,07	-0,33	-0,15	-0,04	-0,21	-0,18	-0,06	-0,17	0,17	0,28	0,04	-0,02	0,14	-0,06
12.	Икроножная пр.	-0,57	-0,50	0,09	0,21	-0,43	-0,18	-0,50	0,29	0,01	0,34	0,08	0,70	0,05	0,53	0,36	0,45
13.	Прямая бедра лев.	-0,22	0,01	0,04	-0,02	-0,17	-0,36	-0,05	0,13	-0,21	-0,21	0,04	0,42	-0,21	0,36	0,27	0,47
14.	Двуглавая бедра лев.	-0,12	0,01	-0,38	0,13	-0,21	-0,28	-0,10	-0,11	-0,32	0,04	-0,54	0,04	-0,15	0,17	0,17	-0,04
15.	Передняя б/берцовая лев.	-0,10	0,12	-0,12	-0,25	-0,10	0,19	-0,08	0,26	-0,05	-0,08	0,13	-0,24	0,21	-0,07	-0,00	0,02
16.	Икроножная лев.	-0,31	-0,38	0,03	-0,24	0,00	0,17	0,09	0,29	-0,06	0,13	0,11	0,11	0,16	0,05	-0,16	0,09

Таблица 47 - Взаимосвязь ускорений точек звеньев тела и максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастикиразличной технической ценности (г)

№ элемента	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобая	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапецевидная пр.	0,27	-0,06	0,04	0,30	0,15	-0,44	0,29	-0,03	-0,07	-0,06	0,03	0,59	-0,13	-0,02	-0,02	0,06
2.	Трапецевидная лв.	0,09	0,32	0,29	0,13	0,15	-0,57	0,25	0,11	-0,07	0,09	0,17	-0,01	0,03	0,10	-0,14	0,01
3.	Широчайшая спины пр.	0,22	-0,04	0,21	0,32	-0,06	0,03	0,11	0,92	0,10	-0,09	-0,09	0,06	-0,08	0,92	0,06	0,77
4.	Широчайшая спины лв.	-0,12	0,14	-0,07	0,02	0,11	-0,07	0,21	0,24	0,07	-0,20	0,80	0,02	-0,12	0,24	-0,16	0,10
5.	Прямая живота пр.	-0,44	-0,21	0,27	0,04	-0,20	0,42	-0,22	-0,20	-0,19	-0,35	-0,16	0,04	-0,07	-0,20	0,05	-0,22
6.	Прямая живота лв.	-0,47	0,11	0,32	0,27	-0,02	0,08	0,03	-0,03	0,03	-0,40	0,24	0,22	-0,19	-0,04	-0,02	-0,06
7.	Ягодичная пр.	0,09	-0,53	-0,04	0,18	-0,13	-0,0	-0,07	0,41	0,19	0,33	-0,02	0,03	-0,25	0,41	0,22	0,41
8.	Ягодичная лв.	0,02	-0,43	-0,20	0,11	-0,11	0,24	-0,04	0,50	0,08	-0,02	-0,01	0,13	-0,34	0,51	-0,08	0,50
9.	Прямая бедра пр.	-0,09	0,39	0,32	0,21	0,21	-0,12	-0,16	-0,02	-0,17	-0,27	-0,22	0,18	-0,26	-0,03	-0,02	0,13
10.	Двуглавая бедра пр.	0,16	0,45	0,24	0,08	0,02	-0,40	0,20	0,31	0,04	0,16	0,05	0,06	0,28	0,31	0,17	0,15
11.	Передняя б/берцовая пр.	-0,07	-0,13	0,01	-0,31	-0,30	-0,08	-0,15	-0,16	-0,10	-0,18	0,22	-0,46	0,00	-0,16	-0,01	-0,17
12.	Икроножная пр.	0,09	-0,48	0,05	0,22	-0,28	0,12	0,04	0,34	0,35	0,25	0,15	-0,04	-0,03	0,34	0,27	0,28
13.	Прямая бедра лв.	-0,22	0,02	0,11	-0,01	-0,14	0,12	-0,05	0,23	0,07	-0,24	0,38	0,11	-0,27	0,23	-0,08	0,41
14.	Двуглавая бедра лв.	0,11	0,04	-0,18	0,17	0,21	-0,18	0,23	-0,06	-0,13	0,11	-0,45	0,36	-0,14	-0,06	0,02	-0,19
15.	Передняя б/берцовая лв.	-0,28	0,09	0,21	-0,25	0,07	0,20	-0,19	0,20	-0,44	-0,03	-0,26	-0,29	0,18	0,19	0,09	0,14
16.	Икроножная лв.	-0,06	-0,37	0,08	-0,26	-0,34	0,45	-0,00	0,22	0,10	0,16	-0,02	-0,13	0,18	0,22	0,27	0,19

Далее, продолжая изучение особенностей выполнения прыжков, был осуществлен анализ показателей частоты турнов электрической активности мышц (рисунок 40).



Примечание. Прыжки: 1-шагом в шпагат; 2- шагом в шпагат прогнувшись; 3- перекидной; 4- с поворотом на 180° в шпагате; 5 - в кольцо двумя ногами; 6- со сменой положения ног в шпагат; 7- во фронтальный шпагат с наклоном; 8 - жете ан турнан в шпагат.

Рисунок 40 - Частота турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (турн/с; N=12)

Сравнивая профили по данной характеристике, можно выделить три прыжка, в которых частота активации наиболее выражена: перекидной; с поворотом на 180° в шпагате; фронтальный шпагат с наклоном. Остальные прыжки имеют примерно одинаковые показатели частоты, и различаются только ее локализацией.

Первые три прыжка отличаются от остальных структурой и характером своих действий. Все они предполагают движения телом с максимальной амплитудой в фазе полета, на которые затрачивается дополнительное время. Этим и объясняется значительное увеличение частоты активации икроножной мышцы толчковой ноги, обеспечивающей длительность без опорной фазы.

Остальные прыжки имеют в своей технической основе одинаковый базовый прыжок (шагом в шпагат), поэтому различаются только частотой тех мышц, которые обеспечивают амплитуду размаха движений ногами или сгибательно-разгибательные движения частями тела. Например, в прыжке шагом прогнувшись - это наиболее выраженная импульсация трапецевидной мышцы.

Визуально не выявив связи применяемой технической ценности прыжков с частотой амплитуды турнов электрической активности мышц, был проведен корреляционный анализ (таблица 48).

Таблица 48 - Взаимосвязь технической ценности прыжков и частоты турнов электрической активности мышц

Ценность трудности(баллы)	частота турнов электрической активности мышц (турн/с)															
	Трапецевидная пр.	Трапецевидная лв.	Широчайшая спины пр.	Широчайшая спины лв.	Прямая живота пр.	Прямая живота лв.	Ягодичная пр.	Ягодичная лв.	Прямая бедра пр.	Двуглавая бедра пр.	Передняя б/берцовая пр.	Икроножная пр.	Прямая бедра лв.	Двуглавая бедра лв.	Передняя б/берцовая лв.	Икроножная лв.
0,2	211,8	133,3	52,2	79,0	29,6	28,5	31,2	212,9	184,2	27,5	198,0	105,2	54,1	117,4	242,7	147,4
0,4	171,0	214,6	51,5	65,3	25,3	60,2	23,9	150,1	160,2	5,8	224,1	104,4	27,5	128,4	222,6	112,4
0,4	166,4	185,4	41,6	76,3	35,5	54,0	44,9	201,1	138,8	24,1	208,9	196	113,1	84,6	351,6	290,5
0,4	280,3	301,4	37,3	15,9	3,3	3,7	25,1	67,1	69,8	7,5	168,4	165,2	26,0	272,2	254,3	343,2
0,4	197,9	153,1	45,5	30,3	18,8	34,3	67,4	71,8	71,7	32,4	165,1	131,4	134,9	5,7	133,4	144,1
0,4	181,0	185,9	17,0	36,9	8,0	14,5	3,6	13,7	56,7	133,7	197,3	184,9	45,8	111,4	282,6	224,0
0,4	251,2	205,1	83,3	70,3	84,7	17,8	32,6	34,9	162,3	27,5	152,1	209,7	1,2	377,1	294,3	406,5
0,5	96,5	137,3	35,3	80,9	39,5	44,0	54,5	127,2	159,6	8,0	221,2	114,3	166,1	18,1	272,8	176,4
r	-0,4	0,2	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2	-0,4	-0,3	-0,1	0,1	0,2	0,4	-0,1	0,1	0,2

Однако он не позволил установить какие либо значимые связи. Данный факт еще раз подтвердил отсутствие обоснованного и объективного подхода к определению технической ценности прыжков, позволяющего учитывать наиболее значимый фактор - степень активности мышечной деятельности гимнастки для реализации двигательной программы.

То, что частота турнов электрической активности мышц обуславливает кинематические характеристики прыжка (амплитуда, дистанция перемещения звеньев тела, скорость и ускорения), визуально оцениваемые экспертами, было подтверждено в процессе математического анализа.

В процессе корреляционного анализа установлено (таблицы 49), что 13-ть из 16-ти основных групп мышц своей частотой электрической активности значимо влияют на дистанции перемещения различных точек звеньев тела. Из всего возможного количества взаимосвязей 25,8% являются значимыми и, следовательно, требуют учета при определении сложности.

Но наиболее всего прямая связь проявляется частоты турнов электрической активности левой прямой живота и левой ягодичной с длиной траекторий точек звеньев левой ноги, начиная с вертельной точки. Чем выше частота турнов электрической активности данных мышц, тем большие длины траекторий имеют в полетной фазе данные точки (нога в прыжке активно отводится в нужном направлении). При этом на уменьшение длины траекторий 11-ти из 16-ти точек звеньев тела существенно влияет икроножная мышца левой ноги (толчковой ноги), участвующая в обеспечении высоты и траектории полета.

Рассматривая взаимосвязи длины траекторий точек каждого звена в отдельности, можно констатировать, что их перемещения обеспечивает группа мышц, состоящая в среднем из четырех основных групп мышц. То есть пространственная точность движения обеспечивается только посредством межмышечной координации конкретных мышц звеньев тела.

Таблица 49 - Взаимосвязь длины траекторий точек звеньев тела и частоты турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (г)

№ элемента	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеплечевая пр.	Переднеплечевая лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапециевидная пр.	- 0,33	- 0,30	- 0,20	- 0,01	- 0,34	-0,16	- 0,33	- 0,05	- 0,01	0,09	- 0,26	- 0,28	- 0,29	- 0,21	- 0,40	0,01
2.	Трапециевидная лв.	- 0,22	- 0,08	- 0,29	- 0,15	- 0,22	-0,18	- 0,12	0,05	- 0,19	0,23	- 0,43	- 0,19	- 0,32	- 0,07	- 0,33	- 0,03
3.	Широчайшая спины пр.	- 0,14	- 0,19	0,04	0,02	- 0,09	-0,03	- 0,13	- 0,03	0,04	0,07	- 0,05	- 0,13	0,34	- 0,17	- 0,18	0,01
4.	Широчайшая спины лв.	0,18	- 0,02	0,20	0,15	0,15	- 0,02	0,17	0,08	0,05	- 0,16	0,17	0,20	0,48	0,19	0,37	0,18
5.	Прямая живота пр.	- 0,44	- 0,33	- 0,35	- 0,26	- 0,35	- 0,28	- 0,33	- 0,25	- 0,42	- 0,46	- 0,37	- 0,46	- 0,19	- 0,49	- 0,41	- 0,45
6.	Прямая живота лв.	0,53	0,12	0,50	0,40	0,45	0,24	0,47	0,34	0,44	0,61	0,49	0,62	0,44	0,63	0,59	0,59
7.	Ягодичная пр.	0,22	- 0,10	0,35	- 0,01	0,30	0,40	0,34	0,36	0,33	0,10	0,41	0,36	0,42	0,37	0,38	0,68
8.	Ягодичная лв.	0,34	- 0,11	0,43	0,47	0,23	0,17	0,16	0,32	0,39	0,07	0,42	0,56	0,47	0,63	0,64	0,56
9.	Прямая бедра пр.	0,20	- 0,11	0,27	0,31	0,16	0,09	0,13	0,21	0,19	0,01	0,28	0,29	0,32	0,32	0,36	0,24
10.	Двуглавая бедра пр.	- 0,26	0,33	- 0,49	- 0,06	- 0,37	- 0,56	- 0,32	- 0,20	- 0,46	- 0,31	- 0,48	- 0,53	- 0,31	- 0,35	- 0,34	- 0,25
11.	Передняя б/берцовая пр.	0,39	0,30	0,26	0,44	0,35	- 0,00	0,38	0,03	0,15	0,11	0,20	0,40	0,24	0,36	0,53	0,33
12.	Икроножная пр.	- 0,68	- 0,24	- 0,65	- 0,36	- 0,55	- 0,56	- 0,39	- 0,33	- 0,61	- 0,38	- 0,65	- 0,64	- 0,34	- 0,59	- 0,66	- 0,33
13.	Прямая бедра лв.	0,03	- 0,21	0,22	- 0,28	0,32	0,41	0,36	0,27	0,05	- 0,19	0,46	0,29	0,39	0,17	0,32	0,27
14.	Двуглавая бедра лв.	- 0,60	- 0,27	- 0,56	- 0,22	- 0,56	- 0,44	- 0,51	- 0,24	- 0,48	- 0,12	- 0,64	- 0,62	- 0,47	- 0,54	- 0,70	- 0,51
15.	Передняя б/берцовая лв.	- 0,47	- 0,07	- 0,56	- 0,00	- 0,38	- 0,52	- 0,18	0,17	- 0,64	- 0,31	- 0,52	- 0,31	- 0,19	- 0,02	- 0,20	- 0,02
16.	Икроножная лв.	- 0,82	- 0,46	- 0,76	- 0,38	- 0,65	- 0,44	- 0,50	0,04	- 0,72	- 0,16	- 0,71	- 0,67	- 0,48	- 0,45	- 0,73	- 0,35

Угловые скорости и ускорения точек звеньев тела в меньшей степени зависят от частоты амплитуды турнов электрической активности мышц (таблицы 50,51), но установленные связи отдельных точек звеньев указывают на возможность появления трудностей, связанных с реализацией двигательной программы прыжка, а, значит, требуется их учет при определении сложности.

Анализ степени проявления взаимосвязей позволил установить, что более всего угловая скорость точек звеньев тела определяет частота турнов электрической активности следующих мышц: правая широчайшая спины (38% значимых связей), правая прямая живота (31% значимых связей), левая ягодичная (43,8% значимых связей) и левая двуглавая бедра (31% значимых связей). То есть для качественного выполнения прыжка требуется оптимальная (низкая или высокая) частота импульсации конкретных мышц, характеризующая степень их напряжения и возможность направленного двигательного действия.

Так только увеличение частоты турнов электрической активности широчайшей правой мышцы спины обуславливает ее расслабление и выполнения свободного и высокоамплитудного маха одноименной ногой в направлении перемещения с движением разноименной рукой вперед. При этом для правой прямой мышцы живота наоборот характерно снижение частоты турнов для достижения больших величин импульсов, а значит напряжения мышцы, отвечающей за отведение ноги вперед. Именно подобная межмышечная координация обеспечивает возможность выполнения большинства рассматриваемых широких прямых прыжков и указывает на специфику их координационной сложности в художественной гимнастике. Чем большая согласованность мышц требуется для выполнения двигательной программы прыжка, тем выше должна быть его техническая ценность.

Таблица 50 - Взаимосвязь угловой скорости точек звеньев тела и частоты турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (г)

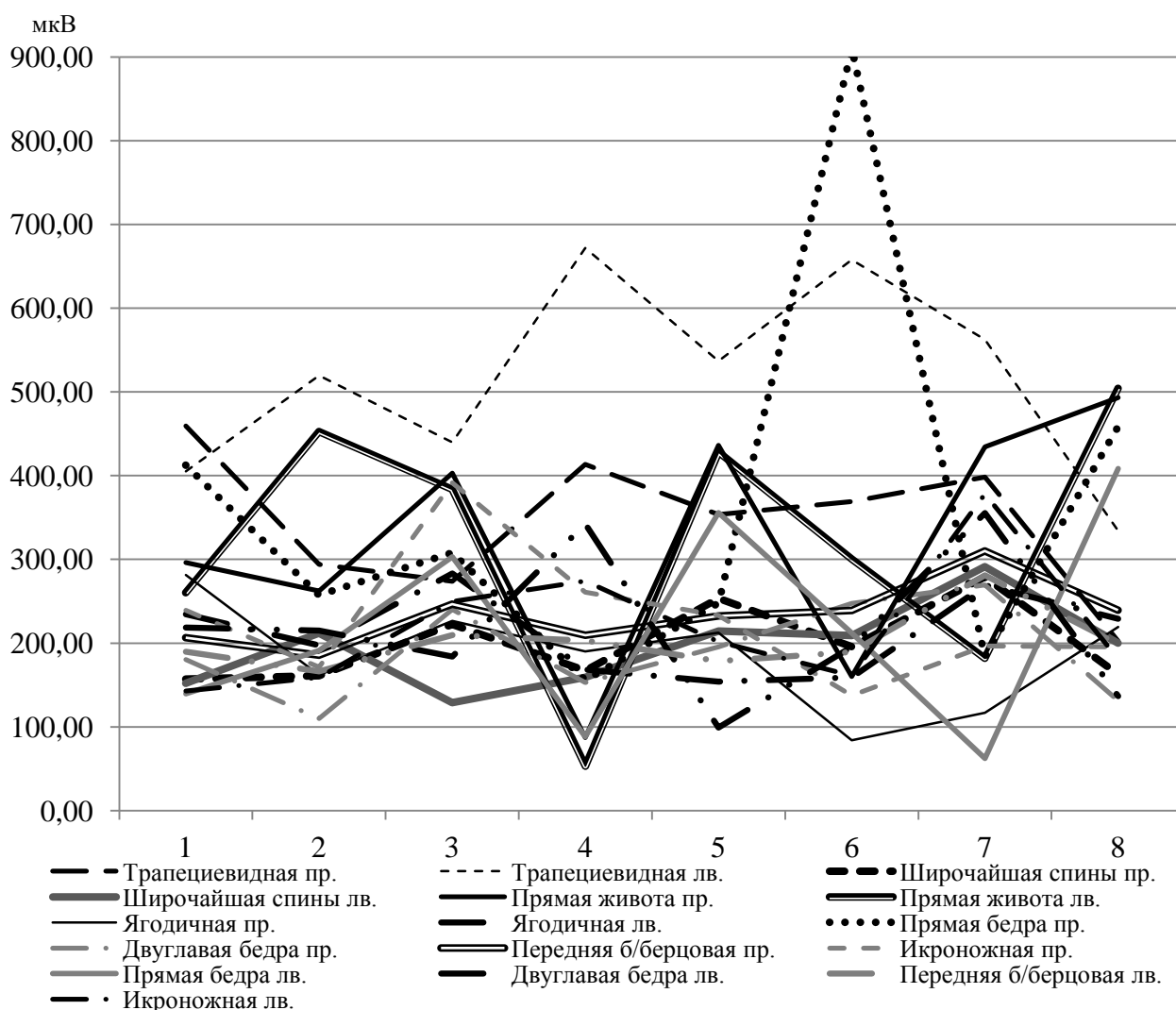
№ элемента	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапецевидная пр.	0,01	- 0,18	0,12	0,06	0,09	0,33	0,05	0,13	0,41	0,20	0,13	- 0,23	0,09	- 0,16	- 0,41	0,02
2.	Трапецевидная лв.	- 0,05	- 0,03	-0,21	- 0,13	- 0,00	0,09	0,11	0,15	-0,01	0,32	- 0,32	- 0,09	- 0,01	0,04	- 0,30	0,03
3.	Широчайшая спины пр.	0,25	- 0,22	0,57	0,00	0,53	0,60	0,39	0,18	0,60	0,19	0,51	- 0,02	0,75	- 0,22	- 0,23	- 0,03
4.	Широчайшая спины лв.	0,19	-0,08	0,32	0,09	0,21	0,05	0,20	0,08	0,10	- 0,19	0,25	0,22	0,25	0,09	0,40	0,11
5.	Прямая живота пр.	0,29	-0,28	0,37	- 0,18	0,63	0,70	0,50	0,05	0,33	0,04	0,47	- 0,35	0,28	- 0,47	- 0,36	- 0,42
6.	Прямая живота лв.	-0,05	-0,13	0,19	0,26	- 0,27	- 0,36	- 0,18	0,13	0,00	0,42	0,10	0,61	- 0,15	0,51	0,47	0,48
7.	Ягодичная пр.	-0,23	-0,26	0,09	- 0,12	- 0,23	- 0,06	- 0,09	0,23	0,01	- 0,03	0,12	0,09	0,18	0,18	0,13	0,51
8.	Ягодичная лв.	-0,27	-0,27	0,13	0,32	- 0,46	- 0,45	- 0,47	0,12	- 0,06	- 0,09	0,01	0,73	- 0,09	0,63	0,75	0,55
9.	Прямая бедра пр.	0,07	-0,24	0,36	0,23	0,01	0,10	- 0,03	0,20	0,23	- 0,05	0,37	0,18	- 0,02	0,15	0,20	0,10
10.	Двуглавая бедра пр.	0,36	0,59	- 0,45	0,09	0,07	- 0,26	0,12	- 0,08	- 0,33	- 0,21	- 0,38	- 0,51	0,10	- 0,08	0,04	- 0,05
11.	Передняя б/берцовая пр.	- 0,07	0,13	- 0,15	0,37	- 0,29	- 0,59	- 0,18	- 0,17	- 0,35	- 0,01	- 0,25	0,47	- 0,26	0,35	0,68	0,34
12.	Икроножная пр.	- 0,02	- 0,02	- 0,22	- 0,17	0,37	0,30	0,45	- 0,03	- 0,01	- 0,13	- 0,00	- 0,31	0,46	- 0,31	- 0,30	- 0,10
13.	Прямая бедра лв.	-0,43	- 0,27	0,05	- 0,31	- 0,03	0,25	0,06	0,17	- 0,17	- 0,26	0,39	0,12	0,20	- 0,03	0,05	0,17
14.	Двуглавая бедра лв.	0,25	- 0,12	0,12	- 0,11	0,46	0,65	0,39	0,12	0,36	0,13	0,19	- 0,53	0,26	- 0,45	- 0,62	- 0,44
15.	Передняя б/берцовая лв.	- 0,14	0,04	- 0,44	0,10	0,11	- 0,03	0,31	0,35	- 0,42	- 0,17	- 0,27	- 0,14	0,08	0,20	0,05	0,15
16.	Икроножная лв.	- 0,11	- 0,23	- 0,22	- 0,22	0,38	0,60	0,44	0,40	- 0,00	0,11	0,03	- 0,53	0,28	- 0,26	- 0,62	- 0,20



Таблица 51 - Взаимосвязь ускорений точек звеньев тела и частоты турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (г)

№ элемента	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобая	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапециевидная пр.	0,43	-0,20	- 0,10	0,04	0,18	- 0,07	0,04	0,04	0,08	0,17	0,01	-0,01	0,19	0,04	- 0,09	0,22
2.	Трапециевидная лв.	0,38	-0,01	0,06	- 0,13	0,17	- 0,11	- 0,06	0,08	0,03	0,38	- 0,33	-0,20	0,09	0,08	- 0,11	0,06
3.	Широчайшая спины пр.	0,28	-0,26	0,10	- 0,07	- 0,21	0,50	0,11	0,02	0,52	0,09	- 0,17	-0,19	0,74	0,02	0,55	0,17
4.	Широчайшая спины лв.	0,13	-0,10	- 0,33	0,06	- 0,22	0,34	0,02	0,11	0,25	-0,26	- 0,30	-0,02	0,12	0,12	0,23	0,12
5.	Прямая живота пр.	0,28	-0,33	- 0,48	- 0,24	- 0,23	0,37	-0,26	-0,13	0,24	-0,10	- 0,23	-0,58	0,30	- 0,12	0,16	- 0,22
6.	Прямая живота лв.	-0,09	-0,11	0,20	0,24	0,08	0,16	-0,21	0,28	- 0,02	0,32	- 0,12	0,31	- 0,26	0,28	- 0,17	0,34
7.	Ягодичная пр.	-0,04	-0,28	0,24	- 0,12	0,04	0,11	- 0,03	0,27	- 0,04	- 0,06	- 0,05	0,23	0,01	0,27	0,20	0,65
8.	Ягодичная лв.	0,15	-0,26	- 0,11	0,34	- 0,12	- 0,01	0,00	0,30	- 0,03	- 0,19	- 0,23	0,22	- 0,26	0,30	- 0,01	0,32
9.	Прямая бедра пр.	0,01	-0,26	- 0,11	0,20	- 0,00	0,19	0,05	0,21	0,04	- 0,12	- 0,20	0,10	- 0,11	0,22	- 0,06	0,16
10.	Двуглавая бедра пр.	-0,06	0,59	0,17	0,14	0,37	- 0,31	0,25	- 0,01	- 0,17	- 0,13	0,08	0,30	0,11	- 0,02	0,12	- 0,04
11.	Передняя б/берцовая пр.	-0,19	0,16	- 0,14	0,39	0,32	0,05	- 0,29	- 0,01	- 0,21	- 0,01	- 0,27	0,23	- 0,40	- 0,02	- 0,22	0,07
12.	Икроножная пр.	0,16	-0,02	- 0,33	- 0,19	0,11	0,27	- 0,16	- 0,14	- 0,02	- 0,09	- 0,11	- 0,10	0,51	- 0,14	0,35	- 0,03
13.	Прямая бедра лв.	-0,32	-0,29	- 0,09	- 0,32	- 0,32	0,39	- 0,21	0,16	- 0,10	- 0,26	0,29	- 0,20	0,41	0,16	0,38	0,25
14.	Двуглавая бедра лв.	0,20	- 0,13	- 0,22	- 0,16	0,09	0,18	0,09	- 0,09	0,03	0,17	- 0,25	-0,27	0,38	- 0,09	0,08	- 0,21
15.	Передняя б/берцовая лв.	0,18	0,06	- 0,54	0,10	0,02	0,14	0,09	0,36	- 0,07	- 0,10	- 0,42	0,13	0,07	0,36	0,23	0,17
16.	Икроножная лв.	0,28	- 0,24	- 0,38	0,26	- 0,08	0,19	0,11	0,22	0,10	0,20	- 0,19	- 0,25	0,40	0,22	0,35	0,07

Однако наиболее информативной характеристикой активности мышц в аспекте анализа сложности прыжка, на наш взгляд, является средняя амплитуда турнов. С одной стороны можно выявить общую активность каждой мышцы в изучаемом движении, и по количеству наиболее активных судить о сложности выполнения прыжка. С другой стороны, определение суммарной активности участвующих в реализации двигательной программы мышц позволяет дифференцировать элементы по «энергетической» емкости (рисунок 41).



Примечание. Прыжки: 1-шагом в шпагат; 2- шагом в шпагат прогнувшись; 3- перекидной; 4- с поворотом на 180° в шпагате; 5 - в кольцо двумя ногами; 6- со сменой положения ног в шпагат; 7- во фронтальный шпагат с наклоном; 8 - жете ан турнан в шпагат.

Рисунок 41 - Средняя амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (мкВ; N=12)

В процессе сравнительного анализа средней амплитуды турнов электрической активности мышц было установлено, что для всех прыжков характерен набор мышц, которые имея незначительные отличия в показателях, создают условия для работы двух-пяти наиболее значимых с точки зрения реализации двигательной программы движения.

Среди наиболее значимых выделяются мышцы: трапецевидная, прямая живота, прямая и двуглавая бедра, икроножная мышца. В зависимости от техники прыжка, его сложности количество и активность мышц различны. Но размещенные в порядке регламентируемой технической ценности прыжки не позволили выявить тенденции в последовательном увеличении данных показателей. В связи с этим был проведен корреляционный анализ (таблица 52- 55).

Таблица 52 - Взаимосвязь технической ценности прыжков и средней амплитуды турнов электрической активности мышц

Техническая ценность (баллы)	средняя амплитуда турнов электрической активности мышц (мкВ)															
	Трапецевидная пр.	Трапецевидная лв.	Широчайшая спины пр.	Широчайшая спины лв.	Прямая живота пр.	Прямая живота лв.	Ягодичная пр.	Ягодичная лв.	Прямая бедра пр.	Двуглавая бедра пр.	Передняя б/берцовая пр.	Икроножная пр.	Прямая бедра лв.	Двуглавая бедра лв.	Передняя б/берцовая лв.	Икроножная лв.
0,2	459,1	405,3	157,0	151,9	296,1	260,2	281,5	234,5	412,6	180,3	206,6	239,4	139,6	218,5	189,7	142,7
0,4	294,0	519,6	161,2	212,1	262,2	452,6	161,9	197,3	257,4	109,9	185,7	171,2	191,3	214,9	166,4	159,1
0,4	274,0	439,7	222,3	128,9	403,1	383,7	226,7	283,4	307,8	240,2	246,4	391,3	303,0	183,8	209,5	249,6
0,4	413,4	671,9	167,1	159,5	87,2	53,3	190,0	168,6	155,5	153,1	209,6	260,7	88,4	342,5	203,2	274,3
0,4	353,6	537,0	253,6	214,4	436,1	428,1	212,3	153,9	248,1	195,7	232,4	233,0	355,6	99,2	178,7	201,8
0,4	369,2	657,8	195,5	209,2	160,3	300,2	84,0	159,1	909,7	247,4	239,1	137,5	212,0	195,4	189,3	161,4
0,4	398,5	562,3	279,2	291,4	434,3	182,0	116,8	269,0	183,8	269,7	310,2	196,7	62,3	355,5	280,9	378
0,5	202,5	334,0	163,1	200,2	493,3	504,2	219,3	229,2	458,2	131,4	239,5	195,6	408,5	136,9	198,7	180,9
r	-0,8	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	-0,4	-0,1	-0,0	-0,1	0,3	-0,1	0,5	-0,2	0,1	0,2

Он подтвердил, что с регламентируемой правилами соревнований технической ценностью прыжков средняя амплитуда турнов имеет минимальное количество значимых связей.

Таблица 53 - Взаимосвязь длины траекторий точек звеньев тела и средней амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (r)

№ п/п	мышцы	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеплечевая пр.	Переднеплечевая лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапецевидная пр.	-0,15	-0,21	-0,05	0,15	-0,22	- 0,12	- 0,29	- 0,18	0,11	0,12	- 0,10	-0,18	- 0,05	- 0,19	- 0,18	- 0,00
2.	Трапецевидная лев.	-0,30	0,11	-0,42	- 0,14	-0,40	- 0,36	- 0,33	- 0,11	-0,26	0,02	- 0,53	-0,46	- 0,49	- 0,31	- 0,51	- 0,16
3.	Широчайшая спины пр.	-0,46	-0,19	-0,38	- 0,35	-0,47	- 0,27	- 0,45	0,01	-0,34	-0,25	- 0,37	-0,52	- 0,43	- 0,37	- 0,51	- 0,16
4.	Широчайшая спины лев.	-0,10	0,09	-0,09	- 0,10	-0,02	- 0,04	0,00	-0,03	-0,10	-0,23	- 0,01	-0,23	- 0,31	- 0,26	- 0,33	- 0,28
5.	Прямая живота пр.	-0,07	-0,18	0,05	- 0,23	-0,02	0,08	- 0,10	- 0,16	-0,07	-0,25	0,06	-0,06	0,16	- 0,20	0,00	- 0,21
6.	Прямая живота лев.	0,50	0,33	0,42	0,20	0,46	0,28	0,40	0,20	0,28	-0,15	0,43	0,41	0,41	0,36	0,46	0,25
7.	Ягодичная пр.	0,33	-0,37	0,57	0,26	0,31	0,51	0,16	0,24	0,55	0,48	0,60	0,62	0,49	0,49	0,67	0,48
8.	Ягодичная лев.	-0,21	-0,34	-0,12	0,23	-0,17	- 0,14	- 0,11	0,48	-0,20	-0,14	- 0,06	-0,02	0,04	0,27	0,06	0,31
9.	Прямая бедра пр.	0,07	0,60	-0,22	0,09	-0,05	- 0,31	0,01	0,02	-0,28	-0,28	- 0,22	- 0,17	- 0,05	0,01	0,10	- 0,00
10.	Двуглавая бедра пр.	-0,72	-0,15	- 0,68	-0,27	-0,75	- 0,61	- 0,71	- 0,04	-0,64	-0,43	- 0,60	-0,76	- 0,40	-0,53	- 0,68	- 0,35
11.	Передняя б/берцовая пр.	-0,68	-0,31	- 0,57	- 0,55	-0,52	- 0,43	- 0,47	- 0,36	-0,64	- 0,41	- 0,50	- 0,68	- 0,39	- 0,71	- 0,65	- 0,61
12.	Икроножная пр.	-0,37	-0,50	- 0,16	-0,09	-0,30	- 0,09	- 0,31	0,09	-0,14	0,05	- 0,09	- 0,05	- 0,05	- 0,02	- 0,12	0,04
13.	Прямая бедра лев.	0,38	0,13	0,39	- 0,06	0,51	0,40	0,56	0,28	0,26	-0,04	0,52	0,48	0,36	0,40	0,51	0,46
14.	Двуглавая бедра лев.	-0,55	-0,28	- 0,53	- 0,16	-0,52	- 0,40	- 0,47	- 0,24	-0,47	0,04	- 0,65	- 0,55	- 0,40	- 0,47	- 0,60	- 0,49
15.	Передняя б/берцовая лев.	-0,53	-0,34	-0,45	-0,25	-0,43	- 0,30	- 0,35	- 0,07	-0,47	- 0,15	- 0,45	- 0,49	0,10	- 0,42	- 0,44	- 0,26
16.	Икроножная лев.	- 0,72	-0,52	- 0,57	- 0,44	-0,56	- 0,31	- 0,44	0,04	-0,52	- 0,09	- 0,50	- 0,58	- 0,45	- 0,45	- 0,70	- 0,30

Таблица 54 - Взаимосвязь угловой скорости точек звеньев тела и средней амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (r)

№ п/п	МЫШЦЫ	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднеповздошная пр.	Переднеповздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев.	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапецевидная пр.	0,14	- 0,11	0,18	0,23	0,12	0,17	0,01	- 0,08	0,38	0,17	0,09	- 0,21	0,18	- 0,18	- 0,19	- 0,04
2.	Трапецевидная лв.	0,19	0,29	- 0,25	- 0,03	- 0,00	0,07	0,05	0,05	0,06	0,16	- 0,26	- 0,41	- 0,00	- 0,13	- 0,34	- 0,04
3.	Широчайшая спины пр.	0,20	- 0,02	0,15	- 0,28	0,26	0,52	0,20	0,29	0,29	- 0,06	0,32	- 0,41	0,04	- 0,23	- 0,36	- 0,05
4.	Широчайшая спины лв.	0,35	0,13	0,22	- 0,08	0,42	0,40	0,38	0,11	0,26	- 0,18	0,38	- 0,45	- 0,13	- 0,36	- 0,54	- 0,36
5.	Прямая живота пр.	0,01	- 0,25	0,29	- 0,20	0,12	0,30	- 0,04	- 0,10	0,17	- 0,20	0,40	0,04	0,23	- 0,24	0,09	- 0,19
6.	Прямая живота лв.	0,10	0,11	0,13	0,12	- 0,09	- 0,28	- 0,11	0,01	- 0,13	- 0,31	0,06	0,35	- 0,03	0,27	0,40	0,20
7.	Ягодичная пр.	- 0,49	- 0,55	0,26	0,13	- 0,51	- 0,20	- 0,62	- 0,01	0,08	0,32	0,16	0,65	- 0,17	0,34	0,58	0,36
8.	Ягодичная лв.	- 0,08	- 0,34	0,11	0,23	0,07	0,21	0,09	0,61	0,04	- 0,09	0,25	0,03	0,01	0,31	0,07	0,33
9.	Прямая бедра пр.	0,23	0,76	- 0,53	0,17	- 0,16	- 0,51	- 0,02	- 0,04	- 0,54	- 0,31	- 0,55	- 0,33	- 0,12	0,12	0,30	0,07
10.	Двуглавая бедра пр.	0,15	0,15	- 0,11	- 0,08	0,22	0,36	0,16	0,31	0,11	- 0,16	0,23	- 0,46	0,41	- 0,19	- 0,21	- 0,07
11.	Передняя б/берцовая пр.	0,16	- 0,14	0,08	- 0,37	0,52	0,62	0,42	- 0,02	0,16	- 0,15	0,40	- 0,54	0,30	- 0,59	- 0,43	- 0,48
12.	Икроножная пр.	- 0,53	- 0,48	- 0,03	- 0,07	- 0,20	0,05	- 0,25	0,15	- 0,02	0,16	0,16	0,47	0,17	0,23	0,24	0,28
13.	Прямая бедра лв.	- 0,34	0,01	- 0,14	- 0,16	- 0,27	- 0,41	- 0,12	0,01	- 0,39	- 0,24	- 0,07	0,38	- 0,20	0,29	0,39	0,41
14.	Двуглавая бедра лв.	0,15	- 0,17	0,03	- 0,06	0,41	0,54	0,34	0,08	0,23	0,28	0,01	- 0,39	0,26	- 0,35	- 0,49	- 0,40
15.	Передняя б/берцовая лв.	0,10	- 0,21	0,10	- 0,12	0,43	0,61	0,39	0,23	0,23	0,06	0,27	- 0,44	0,78	- 0,37	- 0,37	- 0,22
16.	Икроножная лв.	- 0,04	- 0,37	0,08	- 0,30	0,39	0,75	0,38	0,41	0,30	0,17	0,40	- 0,45	0,25	- 0,35	- 0,68	- 0,21

Таблица 55 - Взаимосвязь ускорений точек звеньев тела и средней амплитуды турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной технической ценности (г)

№ п/п	МЫШЦЫ	Точки звеньев тела															
		лобная	шейная	Акромиальная пр.	Акромиальная лев.	Плечелучевая пр.	Плечелучевая лев.	Шиловидная пр.	Шиловидная лев.	Переднепоздошная пр.	Переднепоздошная лев.	СЛМБК пр.	СЛМБК лев.	Нижняя большеберцовая пр.	Нижняя большеберцовая лев	Конечная пр.	Конечная лев.
1.	Трапецевидная пр.	0,42	-0,13	-0,08	0,23	0,15	-0,17	0,27	-0,10	0,26	0,11	0,07	0,33	0,22	-0,10	0,10	0,12
2.	Трапецевидная лв.	0,15	0,30	0,31	-0,02	0,38	-0,26	-0,11	-0,01	-0,21	0,22	-0,13	-0,09	0,10	-0,01	-0,25	0,05
3.	Широчайшая спины пр.	0,02	-0,05	0,23	-0,33	0,10	0,14	-0,30	0,15	-0,10	-0,08	-0,09	-0,37	0,08	0,15	0,01	0,17
4.	Широчайшая спины лв.	-0,20	0,10	-0,14	-0,13	0,22	0,16	0,12	-0,02	-0,00	-0,17	0,51	-0,13	-0,02	-0,02	-0,16	0,13
5.	Прямая живота пр.	-0,32	-0,27	0,26	-0,24	-0,16	0,44	-0,46	-0,17	-0,17	-0,24	-0,18	-0,41	0,16	-0,17	0,18	0,20
6.	Прямая живота лв.	-0,33	0,12	0,40	0,12	-0,03	0,18	-0,23	0,09	-0,06	-0,36	0,02	-0,05	-0,13	0,09	-0,03	0,03
7.	Ягодичная пр.	0,19	-0,55	0,02	0,14	-0,13	-0,02	-0,23	0,11	0,13	0,22	-0,08	0,05	-0,31	0,11	0,04	0,26
8.	Ягодичная лв.	0,19	-0,35	-0,28	0,19	-0,01	0,28	0,06	0,60	0,09	-0,12	-0,28	0,02	-0,05	0,60	0,17	0,47
9.	Прямая бедра пр.	-0,18	0,76	0,14	0,24	0,18	-0,33	0,17	0,10	-0,33	-0,21	-0,11	0,36	-0,16	0,09	-0,10	0,03
10.	Двуглавая бедра пр.	0,01	0,12	-0,06	-0,09	0,07	0,16	-0,13	0,22	-0,08	-0,15	0,08	-0,34	0,42	0,21	0,27	0,10
11.	Передняя б/берцовая пр.	-0,03	-0,17	-0,14	-0,41	0,03	0,37	-0,26	-0,18	-0,16	-0,11	0,01	-0,42	0,34	-0,18	0,25	0,27
12.	Икроножная пр.	0,14	-0,47	-0,27	-0,07	-0,14	0,28	-0,38	0,15	0,10	0,10	-0,01	-0,34	0,10	0,15	0,30	0,12
13.	Прямая бедра лв.	-0,22	0,02	0,03	-0,13	-0,12	0,06	-0,23	0,13	-0,09	-0,23	0,24	0,00	-0,28	0,13	-0,02	0,28
14.	Двуглавая бедра лв.	0,30	-0,17	-0,21	-0,10	0,03	0,13	0,15	-0,11	0,17	0,33	-0,37	-0,24	0,36	-0,11	0,21	0,25
15.	Передняя б/берцовая лв.	-0,01	-0,24	0,11	-0,17	-0,02	0,46	0,16	0,06	0,18	0,08	-0,32	-0,05	0,81	0,06	0,70	0,06
16.	Икроножная лв.	0,07	-0,39	-0,18	-0,37	-0,05	0,39	-0,09	0,19	0,04	0,20	-0,06	-0,40	0,36	0,19	0,18	0,11

При этом средняя амплитуда турнов, как и ранее анализируемые характеристики электрической активности мышц на 93,8% определяла длины траекторий точек звеньев тела. Так длину траекторий конечной точки и середины латерального мыщелка бедренной кости левой ноги предопределяет электрическая активность девяти из шестнадцати исследуемых мышц. Только на длину траектории шиловидной точки левой руки (кость) практически не влияет электрическая активность мышц, так как данная крайняя точка звена напрямую не участвует в движении.

Значительное уменьшение корреляционных связей средней амплитуды турнов с ускорениями точек звеньев тела можно объяснить, в первую очередь, тем, что последние при выполнении маховых движений (присутствующих в прыжках) обусловлены в значительной степени инерционными силами. В процессе выполнения полетной фазы прыжка мышечная активность гимнастки направлена на сохранение позы, то есть остановку звеньев тела по заданным параметрам. Соответственно электрическая активность мышц решает задачу не ускорения, а поддержания скорости или торможения звеньев (в зависимости от двигательной задачи). И хотя интенсивность влияния средней амплитуды турнов электрической активности мышц на скорость и ускорения точек звеньев тела ниже, чем на длины траекторий, можно утверждать, что в любом случае активация мышц ног и таза влияет на динамику тела в целом. Так, например, чем выше электрическая активность прямой мышцы бедра правой ноги, тем менее динамично предплечье левой (разноименной) руки. Исчезают и дополнительные движения, а прыжки становятся более свободными и легкими.

Электрическая активность левой передней большеберцовой в значительной степени ( $r = 0,7-0,8$ ) определяет ускоренный подъем нижней части правой маховой ноги. То есть, чем больше амплитуда прыжка и требуется преодолеть большой путь точкам звеньев маховой ноги, тем активнее должны быть мышцы толчковой ноги. Соответственно различные

по длине траекторий точек звеньев тела прыжки имеют разную сложность отталкивания, которая должна учитываться при определении технической ценности элементов данной структурной группы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ кинематических, стабиллографических и электромиографических характеристик упражнений различных структурных групп художественной гимнастики в контексте существующей в соответствии с правилами соревнований таблицы технической ценности элементов показал, что существующий подход к оценке сложности является не обоснованным и не позволяет дифференцировать спортсменок по уровню их исполнительского мастерства. Техническая ценность элементов структурных групп, применяемая в практике экспертной оценки соревновательных упражнений, основана только на учете кинематических характеристик: углов суставов и длины траекторий точек звеньев тела. Учитывая, что кинематические и стабиллографические характеристики выполняемых элементов являются производной мышечной деятельности спортсменки, научным обоснованием координационной сложности элементов структурных групп художественной гимнастики и необходимым условием их дифференцировки по технической ценности должен быть учет не только выше перечисленных характеристик, но электрической активности основных групп мышц. Только системный подход к изучению сложности позволяет повысить эффективность (объективность) экспертной оценки, добавив к визуальному анализу внешних параметров движений (кинематике) содержательную (внутреннюю) составляющую активности мышц. Это создает предпосылки для оптимизации процедуры определения технической ценности выполняемых элементов и конструирования новых движений. Конкретизированные факторы сложности позволяют более точно прогнозировать уровень спортивных достижений и выстраивать траекторию технической подготовки спортсменок на основе современных тенденций развития художественной гимнастики.



## ГЛАВА 5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРНЫХ ГРУПП И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ УЧЕТА В ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКЕ ИСПОЛНИТЕЛЬСКОГО МАСТЕРСТВА ГИМНАСТОК

### 5.1 Теоретические аспекты проектирования технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики на основе объективных характеристик сложности

Технология классификации элементов различных структурных групп художественной гимнастики по технической ценности предполагала следующие последовательно выполняемые операции:

- анализ тенденций совершенствования технологии экспертизы технической ценности соревновательных композиций художественной гимнастики;
- анализ содержания соревновательных композиций художественной гимнастики и степени применения элементов структурных групп для их построения;
- анализ эффективности применяемой экспертизы технической ценности соревновательных программ в художественной гимнастике на основе действующих правил соревнования Международной федерации гимнастики;
- конкретизация объективных критериев сложности и степени их учета при определении технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики;
- разработка алгоритма «технической ценности» упражнений структурных групп художественной гимнастики на основе объективных характеристик их сложности;

- классификация элементов по технической ценности и проектирование матриц для определения технической ценности элементов художественной гимнастики;

- организация и проведение имитационного эксперимента;

- обработка и анализ результатов эксперимента с целью доказательства адекватности предложенной технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики.

В процессе разработки классификации были учтены факторы, формирующие представление экспертов, тренеров, гимнасток и зрителей о технической ценности соревновательных упражнений в художественной гимнастике, среди которых основополагающим являются знания биомеханических закономерностей техники движений (рисунок 42).

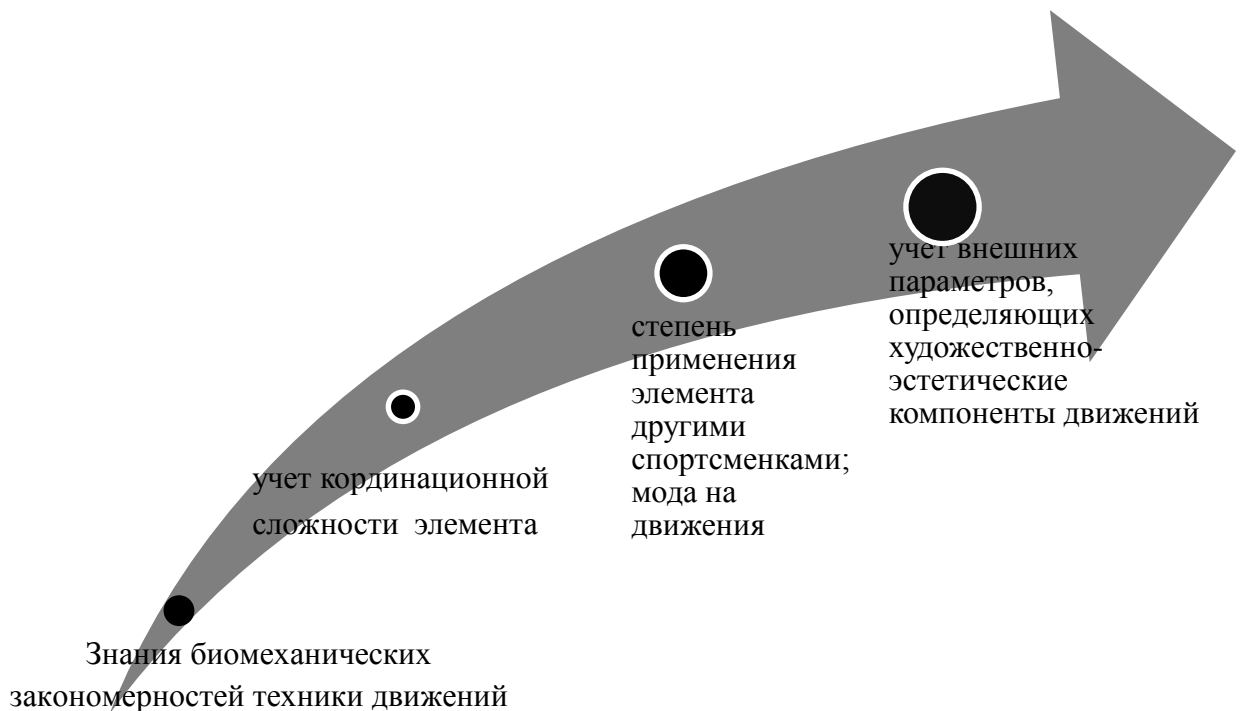


Рисунок 42 – Факторы, формирующие представление о технической ценности соревновательных упражнений в художественной гимнастике

В связи с этим в дифференциации элементов художественной гимнастики по технической ценности использовалось три типа информации:

- теоретические знания о сложности и технической ценности изучаемого двигательного действия,
- результаты анализа содержания и экспертной оценки соревновательных программ гимнасток высокой квалификации;
- данные биомеханических исследований, полученные методами видеоанализа, электромиографии и стабиллографии.

Обобщение полученных в результате корреляционного анализ данных позволило конкретизировать основные условия, предопределяющие сложность техники выполнения упражнений структурных групп художественной гимнастики (рисунок 43).

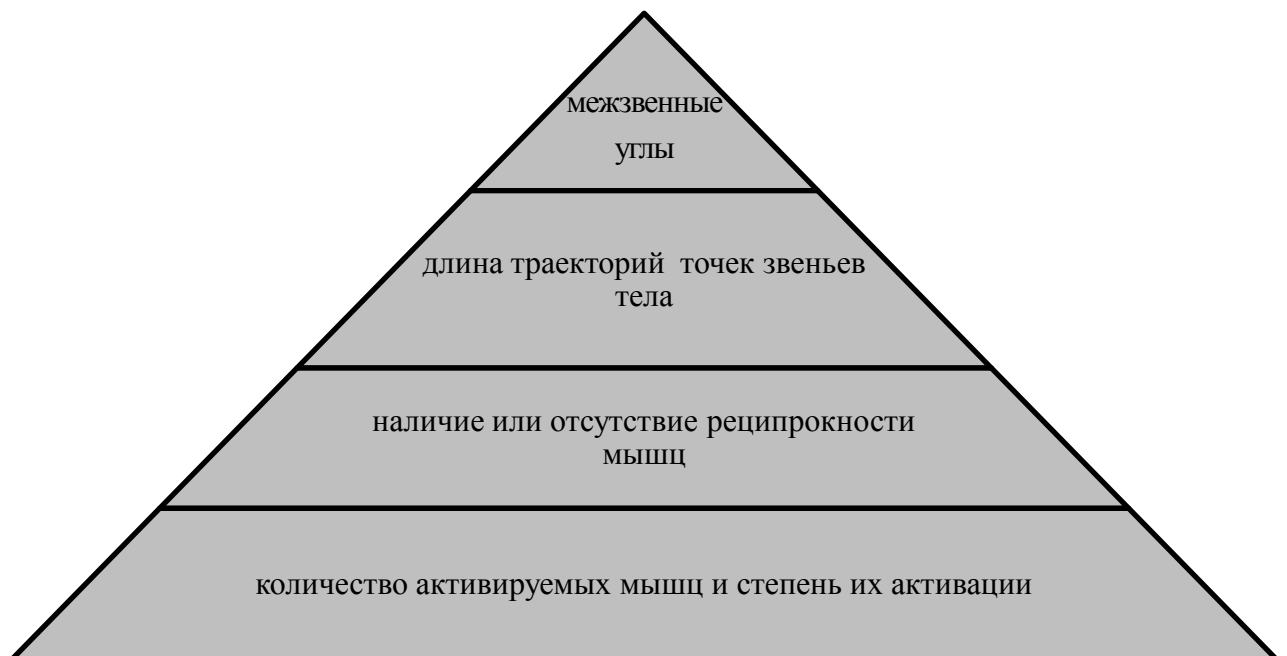


Рисунок 43 - Биомеханические критерии сложности элементов структурных групп художественной гимнастики

Установлено, что критериями сложности элементов всех структурных групп художественной гимнастики являются:

- степень активации и количество активируемых групп мышц, необходимых для реализации двигательной программы;
- реципрокность мышц, которая требуется для уменьшения или увеличения подвижности звеньев биомеханической цепи;

- длина траекторий точек звеньев тела в положение, требуемое в соответствии с двигательной программой;

- межзвенные углы в фазе реализации элемента структурной группы.

Учитывая, что таблица технической ценности трудности должна отражать реальную сложность каждого упражнения, на начальной стадии проектирования были конкретизированы объективные, надежные и информативные компоненты сложности. В процессе решения задачи конкретизация сложности по внешним показателям всех элементов структурных групп художественной гимнастики базировалась на анализе одних и тех же характеристик биомеханической системы: стандартного числа точек звеньев, углов и других кинематических параметров движений, количества и последовательности движений в стадии реализации.

Оценка сложности включала характеристику кинематических показателей (длина траекторий точек звеньев тела, угловые скорости и ускорения) 16 анатомических точек основных звеньев тела испытуемой, позволяющих получить представление об особенностях структуры и динамики перемещения:

- лобная точка;
- точка шеи;
- акромиальные точки;
- плечелучевые точки;
- шиловидные точки;
- переднеподвздошные точки;
- точки средин латеральных мыщелков бедренных костей;
- нижние большеберцовые точки;
- конечные точки-стоп.

Амплитуду движений в пространстве звеньев тела открытой биомеханической цепи предопределяли 10 угловых характеристик следующих суставов:

- голеностопные правый и левый;

- коленный правый и левый;
- тазобедренный правый и левый;
- плечевой правый и левый;
- локтевой правый и левый.

Точность и своевременность воспроизведения угловых характеристик при выполнении элементов структурных групп художественной гимнастики обуславливала электрическая активность мышц и их реципрокность. Для этого фиксировались показатели 16 мышц: трапециевидных правой и левой; широчайших спины правой и левой; прямых живота правой и левой; ягодичных правой и левой; прямых бедра правой и левой; двуглавых бедра правой и левой; передних большеберцовых правой и левой; икроножных правой и левой. Исходя из значимости каждого компонента, была определена их иерархия и последовательность в алгоритме оценки сложности соревновательных упражнений (рисунок 44).

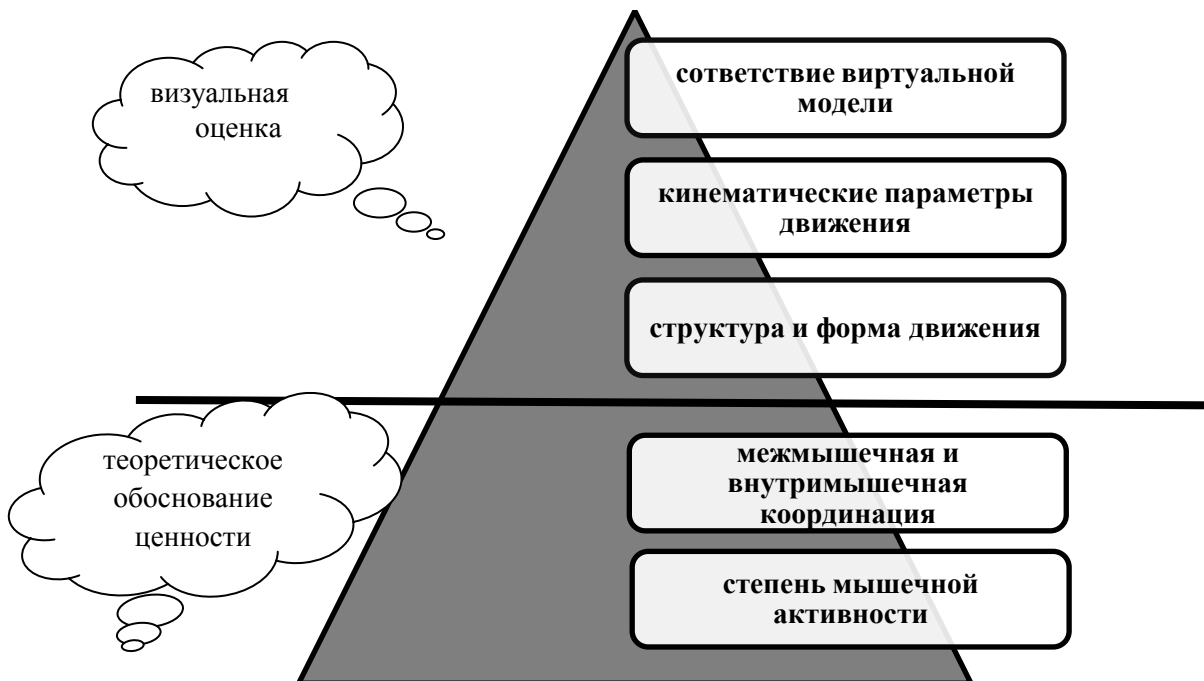


Рисунок 44 - Иерархия компонентов сложности в экспертизе технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики

Учитывалось, что в основе визуальной оценки экспертов должна лежать теоретическая компетентность, предполагающая наличие знаний о

степени мышечной активности, межмышечной и внутримышечной координации при выполнении движений различного характера, так как внешняя форма, как производная содержания мышечной деятельности, при совершенном и виртуозном исполнении оставляет ощущение легкости и не может давать полную и объективную информацию о сложности только лишь через восприятие трудности исполнения.

В процессе экспертной оценки при определении сложности элементов структурных групп художественной гимнастики, в первую очередь, учитывается их структура. Она предполагает определенную последовательность выполнения двигательных действий независимо от индивидуальных особенностей гимнасток. Далее экспертами оцениваются кинематические параметры движений и их соответствие виртуальной модели, которая обозначена правилами соревнований. В связи с этим представление эксперта об уровне сложности модели позволяет определить и техническую ценность выполняемого, соответствующего ей элемента. Поэтому фундаментом обоснования сложности модели должны являться научные знания, не вызывающие сомнений, неоднозначной трактовки, исключающие влияние субъективного мнения.

Учитывая, что количественные показатели средней и максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц, а также частота турнов вариативны, зависят от множества факторов (*Городничев Р.М. Спортивная электронейромиография. Вел. Луки, 2005. 230 с. ; Самсонова А.В., Комиссарова Е.Н. Биомеханика мышц. СПб., 2008. 127 с.*) и не могут являться стабильными, надежными при оценке сложности, в процессе классификации элементов учитывались угловые характеристики - независимые от антропометрических данных гимнастки. Именно они предопределяли демонстрируемую в упражнении форму, длину траекторий точек звеньев тела, скорости и ускорения звеньев при выполнении движений. При этом длина плеча рычага и масса звеньев тела может вносить свои коррективы в количественные показатели последних (длину траекторий точек звеньев тела, скорость,

ускорение), поэтому эти характеристики лишь опосредованно учитывались в процессе классификации и при проектировании матриц технической ценности элементов.

Из данных, полученных в процессе предварительных исследований, следовало, что точность воспроизведения угловых характеристик обусловлена одним из значимых показателей электрической активности мышц - реципрокностью. Именно реципрокность свидетельствовала о согласованности работы мышц, создавала предпосылки для визуального восприятия формы движений и их законченности. Количественные показатели реципрокности информировали о степени освоенности соревновательного упражнения, характеризовали межмышечную координацию спортсмена и, следовательно, указывали на сложность реализации двигательной программы. Выраженная в относительных величинах она зависела только от программы конкретного технического действия, поэтому являлась объективной характеристикой сложности всех элементов структурных групп художественной гимнастики (Медведева Е.Н., Крючек Е.С., Пухов А.М., Супрун А.А., Чепачева Н.Е. *Факторы, предопределяющие синхронность исполнения прыжков в групповых упражнениях художественной гимнастики // Ученые записки ун-та им. П.Ф. Лесгафта. 2014. № 5 (111). С.102–106 ; Супрун А.А. *Технологический подход к процессу профилирующей подготовки в художественной гимнастике на основе учета индивидуальных особенностей. СПб., 2013. 297 с.*).*

Кроме этого учитывалось количество параллельно реализуемых двигательных программ при выполнении элемента и уровни построения движения (поза тела обеспечивается нижележащими отделами центральной нервной системы, а осознанное движения руками, ногами, туловищем, головой – вышележащими). Считалось, что в двигательной системе, программы которой предусматривают реализацию двух и более осознанных действий на одном уровне, сложность решения двигательной задачи выше, так как работа одной локальной программы является помехой для работы

другой локальной программы (Беркинблит М.Б., Гельфанд И.М., Фельдман А.Г. Двигательные задачи и работа параллельных программ // *Интеллектуальные процессы и их моделирование. Организация движения. М., 1991. С. 37–54*; Данилова Н.Н. *Психофизиология : учебник. М. : АспектПресс, 2000. 373 с.*; Шмидт Р., Визендангер М. *Двигательные системы // Физиология человека : учебник в 3-х т., Т.1 / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. М., 1996. С. 88–127).*

Это подтверждается работами независимо выполненными работами:

- точностные движения, как наиболее сложные, требуют более длительного периода времени для построения (*Glencross D.J. Latency and response complexity // J. Mot. Behav. 1972. V.4. P. 241–256*; *Laszlo J.I., Livesey J.P. Task complexity, accuracy and reaction time // J. Mot. Behav. 1977. V. 9. № 2. P. 171–177*);

- точность двигательных действий зависит от общего времени движения и от числа «микродвижений» - операций, входящих в него (*Glencross D.J. The effects of changes in task condition on the temporal organization of a repetitive speed skill // Ergonomics. 1975. V. 18. P. 17–28*; *Klapp S.T., Erwin J. Relation between programming time and duration of response being programmed // J. Exp. Psychol. Human Percept. and Perform. 1976. V. 2. P. 591–598*);

- сложность двигательной программы зависит от пространственных характеристик движения - числа направлений, их смен и амплитуды движений (*Муравьев В.П. Техническая подготовка в беге на короткие дистанции с учетом особенностей формирования двигательных программ : дис. ... канд. пед. наук. Л., 1991. 164 с.*; *Степанов В.В. Исследование биомеханической структуры движений с целью повышения эффективности управления тренировочным процессом бегунов на короткие дистанции : дис. ... канд. пед. наук. Л., 1977. 152 с.*; *Keer B. Task factors that influence selection and preparation of voluntary movements // Information processing in motor control and learning / Ed. G.E. Stelmach. New York San. Francisco London : Academic Press, 1978. P. 55–69).*

Таким образом, на основе предварительной диагностики и математического анализа полученных данных были конкретизированы объективные критерии сложности, которые легли в основу разработки алгоритмов определения технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики и матриц технической ценности элементов.



Полученные в процессе научного исследования результаты были положены в основу разработки основного документа, с помощью которого осуществляется управление гимнастикой в мире – правил соревнований Международной федерации гимнастики (FIG) на следующий Олимпийский цикл (Code 2017-2020).

Предполагаемый практический результат:

- новые правила соревнований, разработанные на научном подходе к конкретизации критериев оценки сложности, должны позволить экспертам адекватно определять истинную техническую ценность соревновательных программ, корректно ранжировать спортсменов по уровню их исполнительского мастерства;

- методические рекомендации по определению сложности элементов должны помочь спортсменкам и тренерам в проектировании соревновательных программ, в точном определении их технической ценности;

- таблицы технической ценности элементов должны сформировать представление о последовательности их освоения с учетом сложности и являться руководством в планировании процесса многолетней технической подготовки гимнасток высокой квалификации не только в России, но и во всем мире.

## 5.2 Проектирование матрицы и таблицы технической ценности равновесий художественной гимнастики

Классифицируя элементы данной структурной группы по сложности, учитывалось, что двигательный аппарат спортсменки представляет собой систему рычагов, равновесие которых, а следовательно, и равновесие всего тела возможно только тогда, когда сумма моментов сил, действующих на него относительно оси вращения, равна нулю. Исходя из этого, потеря равновесия гимнасткой связано с нарушением равенства моментов сил, а поддержание равновесия напрямую зависит от регуляторной функции

мышечных и вестибулярных рецепторов. Учитывая, что все статические равновесия художественной гимнастики относятся к ограниченно-устойчивым, требуется постоянная активация мышц для их стабилизации.

На основе проведенных исследований установлено, что сложность сохранения статических равновесий художественной гимнастики обусловлена, в первую очередь, двигательной программой, условиями и содержанием их выполнения. Характеристиками содержания равновесия являются биомеханические параметры движения, обуславливающие устойчивость, координационную трудность, степень проявления физических качеств и способностей. В соответствии с общими биомеханическими закономерностями сохранения равновесия сложность элементов данной структурной группы необходимо классифицировать по: площади опоры, высоте ОЦМт относительно опоры, длине плеча рычага отводимого звена, амплитуде отведения свободного звена, отклонению туловища от вертикали. Однако при этом необходимо учитывать, что сохранение устойчивости в положении равновесия – это сложный по структуре действий, но управляемый процесс. Каждая гимнастка статический процесс удержания равновесия ощущает как сложный динамический, при котором проекция ОЦМт непрерывно и неизбежно колеблется и его качественное выполнение зависит от электрической активности мышц, позволяющей реализовывать программу двигательного действия.

Установленные корреляционные взаимосвязи позволили уточнить объективные характеристики сложности равновесия в рамках предложенной классификации. В первую очередь, это - оценка движения. В свою очередь степень её выраженности определяют: угловые скорости и ускорения точек звеньев тела, коэффициент кривизны перемещения проекции ОЦМт и площадь эллипса (поверхности рабочей опоры).

При выполнении равновесий художественной гимнастики, чем выше скорость и ускорение отведения ноги, тем больше требуется акцентировать внимание на положении звеньев в пространстве. Только это позволяет

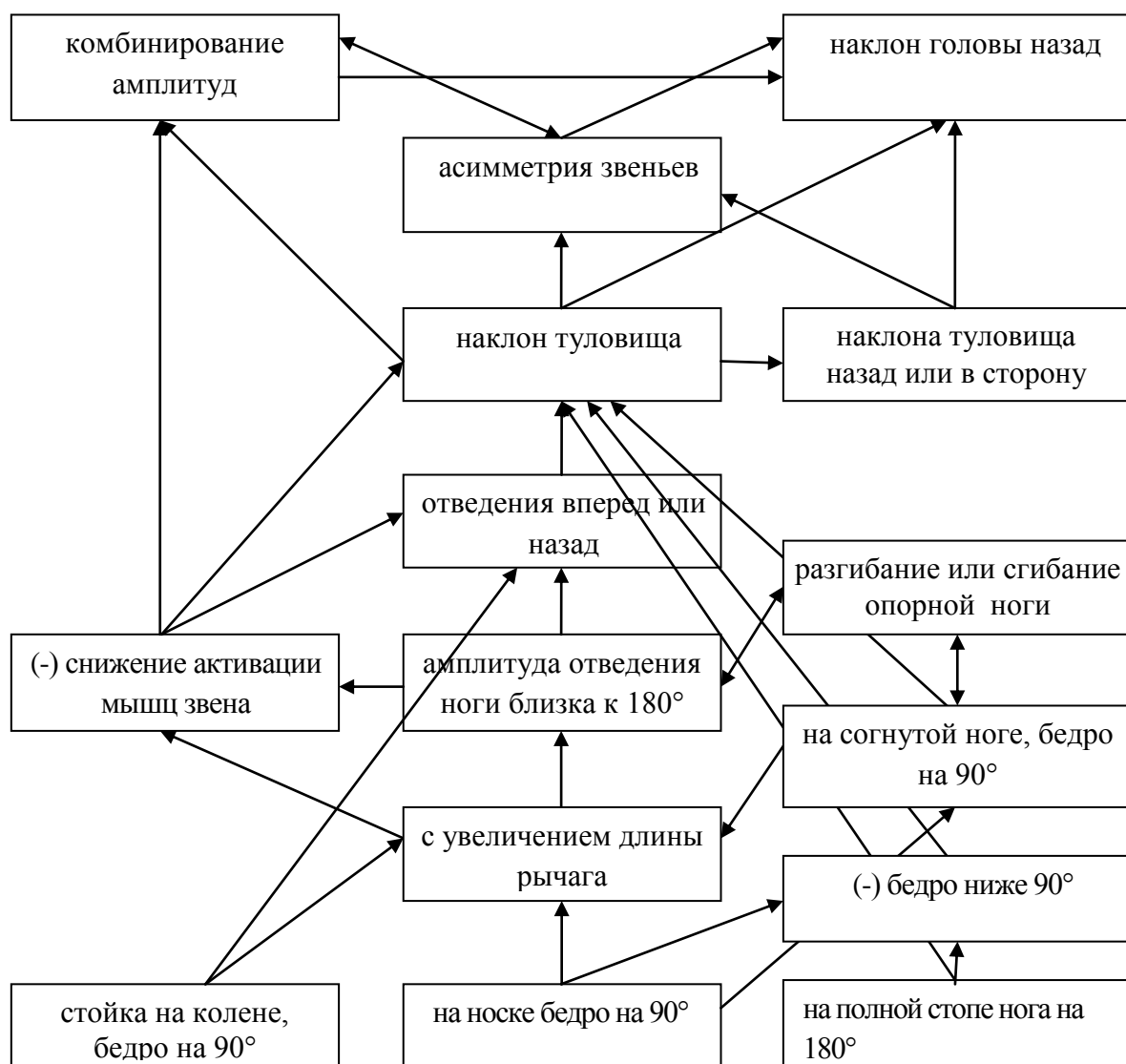
добиться сохранения устойчивости при меньшем коэффициенте кривизны и площади рабочей опоры. Однако чрезмерный контроль за движениями частями тела снижает возможность точного выполнения дополнительных действий предметом. При переключении же внимания на предмет степень трудности сохранения равновесия будет зависеть от направления, плоскости и скорости выполняемых движений предметом. При этом необходимыми условиями, обеспечивающими возможность перераспределения внимания и уменьшения контроля за движениями частями тела, являются всестороннее совершенствование вестибулярной функции и стабилизация выше перечисленных кинематических характеристик движения (угловой скорости и углового ускорения точек звеньев тела).

В процессе исследования установлено, что, осуществляя наклоны головы в равновесии при выполнении вращения обруча в различных плоскостях, гимнастка испытывает различную трудность его сохранения. Более всего выводили гимнасток из равновесия вращения предмета, выполняемые в горизонтальной и боковой плоскостях. Только сохранение высокого тонуса мышц нижних конечностей, а также всего тела позволяло предотвратить случайные движения свободными конечностями, повысить реактивность мышечного аппарата на различные изменения ситуации равновесия - увеличить управляемость системы. То есть для обеспечения условий устойчивости тела в равновесии гимнастка затрачивает энергию и внимание (оценка движения) намного больше, сочетая движения телом с работой предметом. При этом совпадение наклона или поворота головы с направлением движения обруча значительно увеличивает колебания ОЦМт и степень усилий, необходимых для сохранения равновесия.

Существенным моментом в оценке сложности выполнения равновесий является степень электрической активации работающих мышц и координационных взаимоотношений системы «агонист - антагонист». Анализ координационных взаимоотношений при выполнении равновесий позволил установить значимость коэффициента реципрокности для

реализации двигательной программы. В среднем он должен варьировать от 43 до 63% (при норме у неспортсмена до 15 %). То есть, в процессе выполнения основной фазы двигательного действия мышцы, обеспечивающие форму равновесия, должны быть примерно в равной степени напряжены. Это было подтверждено установленными корреляционными взаимосвязями между коэффициентами реципрокности и экспертной оценкой за технику выполнения профилирующего элемента ( $r = 0,5$ ). Чем сложнее было равновесие, тем в большей степени требовалась скоординированная деятельность мышечного аппарата гимнастки. При этом успешное решение двигательных задач подобного типа возможно только при наличии: навыков реализации соответствующей динамической осанки (прямой, прогнутой, согнутой), а также автоматизированного навыка балансирования, способности к быстрой и точной дифференцировке ускорений, скоростей и суставных углов. Это подтвердило, что каждое равновесие должно иметь реальную научно-обоснованную ценность, суммируемую по следующим факторам: площадь опоры (на всей стопе - 0,1 балла); длина рычага отводимого звена (отведение выпрямленной ноги + 0,1 балла); амплитуда отведения (выше  $90^\circ$  + 0,1 балла); комбинирование амплитуды различных частей тела (+ 0,1 балла); направление отведения ног (вперед или в сторону + 0,1 балла); степень активности мышц (без захвата + 0,1 балла); наличие и направление наклона туловища (назад или в сторону по + 0,2 балла); наклон головы назад (+ 0,1 балла); наличие приседа (+ 0,1 балла); наличие асимметрии между частями тела (+ 0,1 балла).

Учитывая выше указанные факторы, был спроектирован алгоритм определения технической ценности равновесий художественной гимнастики (рисунок 45). В соответствии возможными вариантами конструирования равновесий алгоритм предполагал 29 основных траекторий изменения сложности элементов. Каждый критерий сложности соответствовал технической ценности в 0,1 балла или предполагал ее снижение на 0,1 балла.



Примечание: → изменение сложности на 0,1 балла




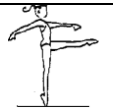



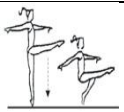

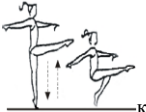
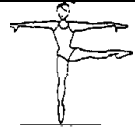

Рисунок 45 - Алгоритм определения технической ценности равновесий художественной гимнастики

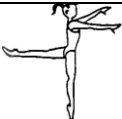















Траектория передвижения по алгоритму позволяла получить суммарный показатель объективной сложности конструируемого равновесия. В соответствии с разработанным алгоритмом можно было спроектировать различную техническую ценность равновесий художественной гимнастики или проверить уже имеющуюся. Таким образом, спроектированный алгоритм позволил разработать матрицу технической ценности равновесий (таблица 56), а на ее основе таблицу технической ценности равновесий художественной гимнастики для правил соревнований (таблица 57).

Таблица 56 - Фрагмент матрицы технической ценности равновесий в художественной гимнастике

И.п. уровень ценности	Стойка на колене с отведением ноги			Стойка на одной ноге с отведением ноги			Стойка на носке с отведением ноги		
	<i>вперед</i>	<i>в сторону</i>	<i>назад</i>	<i>вперед</i>	<i>в сторону</i>	<i>назад</i>	<i>вперед</i>	<i>в сторону</i>	<i>назад</i>
1	на 90°	- на 90°	-	- на 180° с захватом	- на 180° с захватом	- в кольцо с захватом	- согнув	- на "пассе"	- назад-книзу
2	- на 180° с захватом	- на 180° с захватом	- на 90°	- близко к 180°; - на 90° с наклоном вперед	- на 180° с захватом в полуприседе	- в кольцо; - на 180° с наклоном туловища вперед на 90°	- согнув с наклоном; - на 90°; - на 90° в приседе; - на 180° с захватом	- на "пассе с наклоном; - на 90°; - на 180° с захватом	- назад-книзу с наклоном назад; - в аттетюд;
3	- близко к 180°	- на 180°	- в кольцо с захватом; - в затяжку.	- на 90° с наклоном туловища назад на 90°	- на 90° с наклоном в сторону; - на 180°; - на 180° с захватом и наклоном в сторону	- в кольцо с захватом и наклоном туловища вперед	- на 90° с захватом и наклоном вперед в полуприседе; - сверху в приседе.	- на 180° с захватом в полуприседе	- на 90°; - в кольцо с захватом
4	- на 90° с наклоном туловища назад на 90°	- на 180° с захватом и наклоном в сторону на 90°	- в затяжку с наклоном головы назад;	- на 180° с захватом и наклоном туловища назад на 90°	- на 180° в полуприседе	- в кольцо с наклоном туловища вперед; - на 90° с наклоном туловища назад.	- на 90° с наклоном вперед в полуприседе; - на 180°; - на 90° с наклоном назад на 90°; - на 180° с захватом и наклоном назад на 90°	- на 90° с наклоном в сторону; - на 180°; - на 180° с захватом и наклоном в сторону	- в затяжку; - в кольцо; - на 90° с наклоном вперед;
5	- близко к 180° с наклоном туловища назад на 90°		- в кольцо	- на 180° и наклоном туловища назад на 90°	- на 180° и наклоном в сторону	- в кольцо с наклоном туловища вперед в полуприседе	- на 180° с наклоном назад на 90°; - на 90° с наклоном назад и наклоном головы назад	- на 180° в полуприседе	- на 180° с наклоном туловища
6	- близко к 180° с наклоном туловища назад и наклоном головы назад	- на 180° и наклоном в сторону на 90°	- в кольцо с наклоном головы назад	- на 180° и наклоном туловища назад на 90° и наклоном головы назад		- на 90° с наклоном туловища назад в полуприседе	- на 180° с наклоном назад и наклоном головы назад	- на 180° и наклоном в сторону	- на 90° с наклоном назад (с наклоном головы); - на 180° с наклоном туловища вперед на 90°; - в кольцо с наклоном туловища на 90°
















Таблица 57 - Фрагмент таблицы технической ценности равновесий для правил соревнований по художественной гимнастике

Элемент	0,1 балла	0,2 балла	0,3 балла	0,4 балла	0,5 балла	0,6 балла	0,7 балла	0,8 балла	0,9 балла
1. Свободная нога вперед ниже горизонтали с наклоном вперед		-	-	-	-	-	-	-	-
2. Свободная нога ниже горизонтали с наклоном назад	-		-	-	-	-	-	-	-
3. Пассе (бедро свободной ноги горизонтально)		-	-	-	-	-	-	-	-
4. Свободная нога вперед; также с наклоном туловища назад горизонтально	-		-	 Наклон назад	-	-	-	-	-
5. Свободная нога вперед с наклоном туловища вперед горизонтально	-	-	 с помощью	 без помощи	-	-	-	-	-
6. Свободная нога вперед с изменением уровня положения тела	-	-	 к полу;	-	-	-	-	-	-
7. Свободная нога вперед с изменением уровня положения тела	-	-	-	 от пола;	 полу и от пола	-	-	-	-
8. Свободная нога в сторону; также с наклоном туловища в сторону горизонтально	-		-	 Наклон в сторону	-	-	-	-	-

9. Арабеск, так же с наклоном туловища вперед и назад	-	-		-	-	-	-	-	-
10. Аттитюд; нога назад с наклоном туловища вперед или назад	-		-	-	 Наклон вперед	 Наклон назад	-	-	-
11. Вперед; с помощью или без; также с наклоном туловища назад горизонтально	-	 с помощью	-	 без помощи	-	 наклон назад	-	-	-
12. Вперед без помощи с наклоном туловища назад ниже горизонтали	-	-	-	-	-		-	-	-
13. В сторону с помощью; также с наклоном туловища в сторону горизонтально	-		-	 наклон в сторону	-	-	-	-	-
14. В сторону; без помощи; также с наклоном туловища в сторону горизонтально	-	-	-	 наклон в сторону	-	 наклон в сторону	-	-	-
15. Назад с помощью; также с наклоном туловища вперед горизонтально	-	-		 наклон вперед	-	-	-	-	-
16. Назад без помощи; также с наклоном туловища вперед горизонтально	-	-	-	 наклон вперед	-	 наклон вперед	-	-	-



## Продолжение таблицы 57

17. Назад без помощи с наклоном туловища ниже горизонтали	-	-	-	-		-	-	-	-
18. Кольцо с помощью и без; также с наклоном туловища вперед горизонтально	-	-	 с помощью	-	 без помощи	 без помощи; наклон туловища вперед	-	-	-
19. Козак	-	 свободная нога горизонтально	 свободная нога выше горизонтали	-	-	-	-	-	-
20. свободная нога вперед горизонтально	-		-	-	-	-	-	-	-
21. свободная нога в сторону выше горизонтали	 с помощью	-	 без помощи	-	-	-	-	-	-
23. свободная нога в сторону выше горизонтали	 с помощью	-	 без помощи	-	-	-	-	-	-
24. Арабеск; задний шпагат с помощью	-			-	-	-	-	-	-
25. Кольцо; с помощью и без	-	-			-	-	-	-	-

### 5.3 Проектирование матрицы и таблицы технической ценности поворотов художественной гимнастики

Учитывая, что оценка заявленной ценности трудности элементов данной структурной группы осуществляется по соответствию реального исполнения с модельными характеристиками, необходимо знать факторы, закономерно обуславливающие сохранение динамического равновесия. Таковыми являются: площадь опоры; высота положения ОЦМт; угловая скорость точек звеньев тела; длина плеча рычага отведения; направление отведения; степень жесткости биомеханической системы.

Соответственно, чем более негативно данные факторы влияют на сохранение равновесия (в том числе динамического - поворота), тем сложнее его выполнить на необходимом уровне качества, а элемент имеет более высокую техническую ценность.

Поворот независимо от способа его выполнения состоит из подготовительных движений, обеспечивающих вращательный момент, фазы сохранения позы и завершающих действий. И если от первой зависит направление движения и скорость вращения, то вторая (основная) определяет характер, содержание и сложность поворота. По сути, она идентична сохранению статического равновесия подобной формы, только усложненного наличием центростремительного ускорения, смещающего ОЦМт наружу.

От того как будут расположены звенья тела (руки, ноги, туловище) относительно продольной оси вращения, будет зависеть сложность сохранения ОЦМт над площадью опоры. С одной стороны длина отводимого рычага (звена) определяет необходимое количество движения, степень энергозатрат. Следовательно, базовый поворот «нога на пассе», имеющий техническую ценность 0,1балла, усложняется при разгибании ноги в каком-либо направлении. С другой стороны, установлено, что при сохранении вертикального равновесия опрокидывающий момент сил, возникающий относительно опорной ноги в процессе отведения свободной вперед или в

сторону выше, чем при ее отведении назад. Следовательно, поворот «нога назад» можно оценить в 0,2 балла; повороты «нога вперед» и «в сторону» - по 0,3 балла.

Приближая в повороте ногу к оси вращения (например, захват в шпагат впереди, тоже в сторону, «взятую»), уменьшается радиус вращения, увеличивается угловая скорость вращения и, следовательно, снижается отклонение ОЦМт от продольной оси вращения. При этом в меньшей степени, чем в предыдущих поворотах требуется проявление силы мышц бедра. Однако необходимо проявление максимальной подвижности в тазобедренных суставах в первых двух поворотах и дополнительное проявление гибкости позвоночного столба в третьем повороте. Соответственно, поворот в затылку, с отведением ноги вперед в шпагат и в сторону в шпагат имеют одинаковую техническую ценность по 0,3 балла.

Добавление любых дополнительных движений свободной ногой, или туловищем может, как усложнять, так уменьшать ценность элемента. Так поворот без захвата уменьшает скорость вращения, увеличивает радиус вращения, повышая сложность сохранения устойчивости в повороте. При этом, чем больше и сильнее активируются мышцы для сохранения позы в динамическом равновесии, тем сложнее поворот. Например, для качественного выполнения поворота «нога вперед в шпагат» необходима активация не только четырехглавой мышцы бедра, но и всего «мышечного корсета» туловища, ягодичных мышц и мышц опорной ноги. Удержание ноги на максимальной высоте требует проявления высокой реципрокности мышц антагонистов (держат на одной высоте не опуская и не поднимая).

Учитывая особенности проявления опрокидывающего момента сил, степень активации мышц, поворот с отведением ноги вперед в шпагат и в сторону будут иметь техническую ценность - 0,5 балла.

Немаловажное значение имеет направление наклона туловища, головы. Подтверждением этому являются данные стабилографии, биомеханического анализа и электрической активности мышц. Так установлено, что

наибольшая трудность сохранения равновесия наблюдается при наклоне головы назад (0,2 балла), наклоне туловища назад (0,2 балла) и в сторону (0,2 балла). Соответственно, поворот на 360 градусов нога назад с наклоном назад будет иметь техническую ценность по трем факторам: нога сзади прямая (0,2 балла) + наклон туловища назад параллельно полу (0,2 балла) + наклон головы назад (0,2 балла) = 0,6 балла. Например, поворот с отведением ноги в сторону в шпагат и наклоном туловища, увеличивает не только радиус вращения, но и степень свободы тазобедренных суставов (для демонстрации максимальной амплитуды), позвоночного столба (в горизонтальном положении), замедляя вращение. Соответственно трудность будет возрастать по следующим факторам: отведение ноги в сторону в шпагат (0,4 балла) + наклон туловища в сторону (0,2 балла) + совмещение двух осей вращения (0,1 балла) = 0,7 балла.

Установлено, что изменение электрической активности мышц опорной ноги влияет степень свободы ее звеньев и, как следствие, на «жесткость» опоры, устойчивость, скорость и количество вращений тела в повороте. Например, поворот на полусогнутой и прямой ноге (на согнутой ноге сложнее, чем на выпрямленной). Соответственно поворот на 360 градусов нога на пазе (0,1 балла) в полуприседе (+ 0,1 балла) будет иметь техническую ценность 0,2 балла, а с одновременным наклоном вперед (+ 0,1 балла) = 0,3 балла. Такой же поворот наклоном назад - 0,4 балла.

Режим работы мышц опорных звеньев (уступающий или преодолевающий) обуславливает различную степень проявления силовых способностей. Например, подъем в повороте из «пистолета» не однозначен опусканию в «пистолет», хотя они в таблице и имеют одинаковую ценность. Техническая ценность этих поворотов определяется положением ноги вперед (0,3 балла), согнутой опорной ногой (+ 0,1 балла), изменением активации мышц в процессе поворота (+ 0,1 балла), режимом работы мышц (уступающий режим: + 0,1 балла; преодолевающий режим: + 0,2 балла).

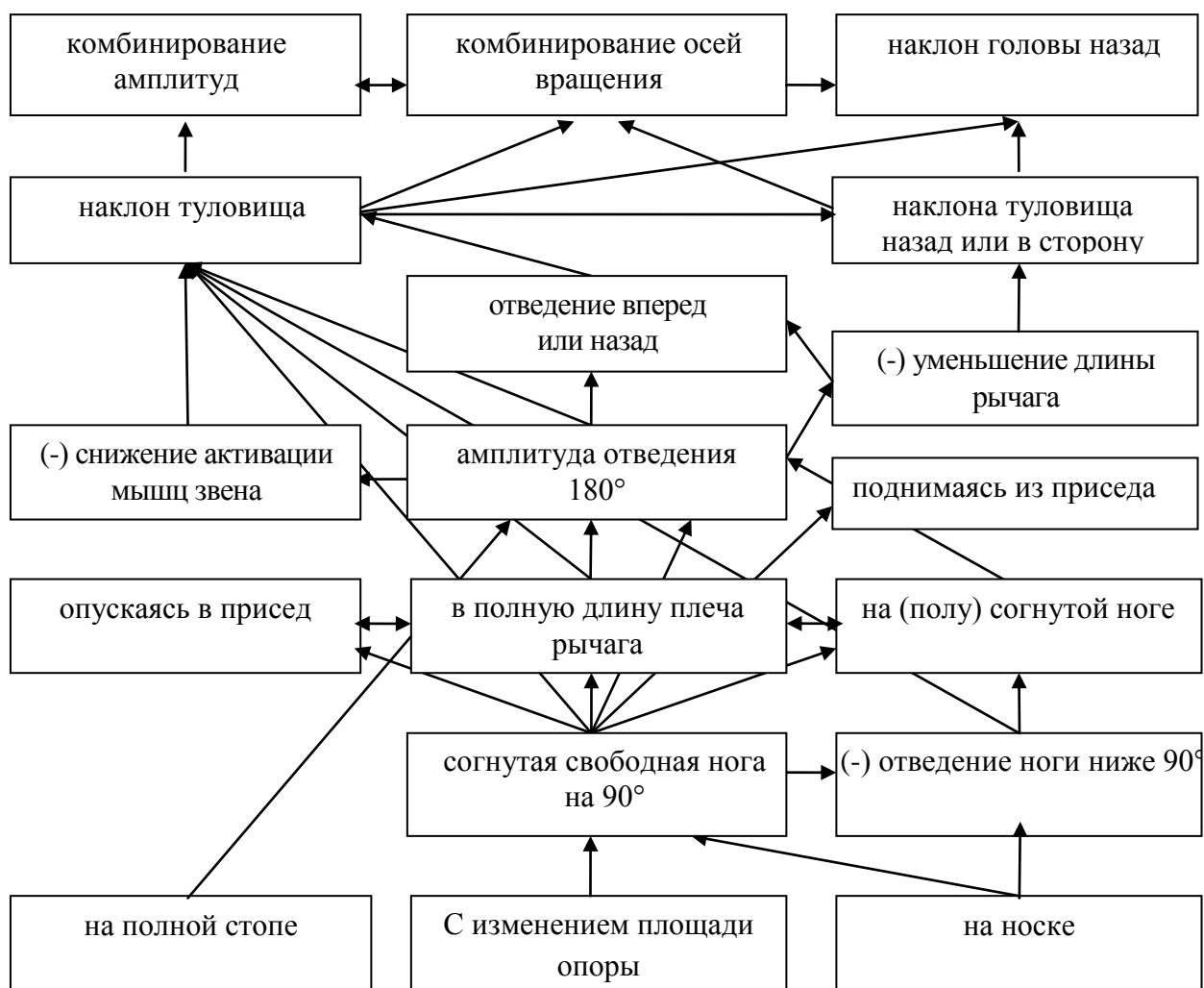
Таким образом, поворот нога кверху будет иметь ценность 0,7 балла, а книзу - 0,6 балла.

Особенно сложными являются повороты с комбинированием осей вращения, требующим сохранения динамической осанки, являющейся гарантией надежной фиксации тела - сложной биомеханической системы со многими степенями свободы (например, обратный циркуль). Такие повороты связаны не только с проявлением большей вестибулярной устойчивости и оценкой движения, но высокой внутримышечной координацией. Соответственно, добавление вестибулярной нагрузки относительно другой оси вращения добавляет сложность элементу. Расчет технической ценности «обратного циркуля» будет следующим: отведение ноги вперед в шпагат (0,5 балла) + наклон туловища назад (0,2 балла) + наклон головы назад (0,2 балла) + совмещение двух осей (0,1 балла) = 1,0 балла.

Таким образом, каждый поворот будет иметь реальную научно-обоснованную ценность трудности, суммируемую по следующим факторам:

- длина плеча рычага отводимого звена (выпрямленная нога + 0,1 балла);
- амплитуда отведения (более 90 градусов);
- направление отведения ноги (вперед или в сторону + 0,1 балла);
- степень и количество одновременно активизируемых мышц (без захвата + 0,1 балла);
- наличие и направление наклона (в сторону и назад + 0,1 балла);
- наклон головы назад (+ 0,1 балла);
- наличие (полу) приседа (+ 0,1 балла);
- направление движения в повороте (от опоры + 0,2 балла, к опоре + 0,1 балла);
- степень комбинирования осей вращения (+ 0,1 балла за дополнительную ось);
- наличие поворота туловища в повороте (+ 0,1 балла);
- наличие высокоамплитудных движений в суставе (ах) с использованием максимального количества степеней свободы звеньев тела (например: «переводы» свободной ноги; каждое + 0,1 балла);
- количество циклов вращения в повороте ( $\times 2$  за дополнительные 360 градусов с выпрямленной ногой).

На основе конкретизированных факторов и их логической взаимосвязи был спроектирован алгоритм технической ценности поворотов художественной гимнастики (рисунок 46).



Примечание: → изменение сложности на 0,1 балла









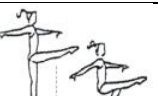


Рисунок 46 - Алгоритм определения технической ценности поворотов художественной гимнастики

Алгоритм технической ценности поворотов предполагал 37 основных траектории изменения сложности элементов. Они позволяли логично и последовательно с учетом имеющихся в элементе факторов сложности и, суммируя их, определить уровень технической ценности. Техническая ценность каждого элемента по алгоритму рассчитывалась на минимальном количестве вращения равном  $360^\circ$  для поворотов с амплитудой отведения  $90^\circ$  и  $180^\circ$  - для поворотов с максимальной амплитудой. Обоснованные критерии сложности и спроектированный алгоритм позволили разработать матрицу технической ценности поворотов художественной гимнастики (таблица 58) и таблицу ценности поворотов для правил соревнований (таблица 59).

Таблица 58 - Фрагмент матрицы технической ценности поворотов художественной гимнастики








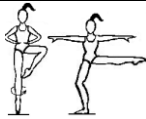












И.п. уровень ценности	С вращением на полной стопе и отведением ноги			С вращением на носке с отведением ноги			С изменением в повороте позы или площади опоры
	<i>вперед</i>	<i>в сторону</i>	<i>назад</i>	<i>вперед</i>	<i>в сторону</i>	<i>назад</i>	
1	На 180° с захватом	- на 180° с захватом	- На 90°	- согнув; - согнув книзу с наклоном;	- на "пассе"	- назад-книзу	- Спиральный на двух
2	-на 180°	- на 180°	- На 90° с наклоном на 90°	- согнув в полуприседе с наклоном; - на 90°	- на "пассе с наклоном; - на 90°; - на 180° с захватом	-назад-книзу с наклоном назад; - в аттетюд;	- Спиральный на одной -"Вертолет" с наклоном вперед; -"Вертолет" с наклоном в сторону; - Фуэте;
3		- на 180° с наклоном в сторону с захватом	- В кольцо с захватом; - В затяжку	- на 90° в полуприседе наклон с захватом; - на 180° с захватом; - на 90° опускаясь в присед; - на 90° в приседе	- на 180° с захватом в полуприседе	- на 90°; - в кольцо с захватом	- Фуэте нога на 90°; -разноименный в арабеск с поворотом туловища в сторону вращения, сгибая ногу на пассе;
4	-на 180° с наклоном назад на 90° и захватом	На 180° с наклоном в сторону	- В кольцо	- на 90° в полуприседе с наклоном; - на 90° в приседе с наклоном; - на 90° поднимаясь из приседа; - на 180° с захватом и наклоном назад на 90°;	- на 180° ; - на 180° с захватом и наклоном в сторону	- в затяжку; - в кольцо; - на 90° с наклоном вперед	- "Вертолет" с наклоном назад ; -разноименный нога назад с поворотом туловища в сторону вращения, нога вперед
5	-на 180° с наклоном назад на 90°		- На 180° с наклоном: - тоже в кольцо	- на 180°; - полповорота нога на 360° с захватом и наклоном назад на 90°	- на 180° в полуприседе	- на 180° с наклоном туловища; - в кольцо с наклоном туловища назад;	- с отведением в сторону - кверху и поворотом в арабеск
6			- Близко к 180°	- на 180° с наклоном назад на 90°; - на 90° опускаясь в присед и поднимаясь из приседа	- на 180° и наклоном в сторону	-на 180° с наклоном туловища вперед на 90°; -в кольцо с наклоном туловища на 90° ; - на 90° с наклоном назад	- на 180° с захватом и переводом в кольцо
7			- В кольцо с наклоном головы	- на 360° с наклоном назад на 90°			





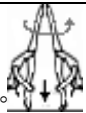

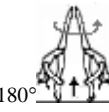



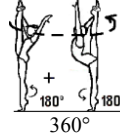




Таблица 59 - Фрагмент таблицы технической ценности поворотов для правил соревнований по художественной гимнастике

Элемент	0,1 балла	0,2 балла	0,3 балла	0,4 балла	0,5 балла	0,6 балла	0,7 балла	0,8 балла	0,9 балла
1. Вперед; наклон вперед		-	-	-	-	-	-	-	-
2. Назад; наклон туловища назад	-		-	-	-	-	-	-	-
3. "Пасе"(бедро свободной ноги вперед или в сторону горизонтально)		-	-	-	-	-	-	-	-
4. Спиральный поворот с полной волной на 1-ой или 2-х ногах	-		-		-	-	-	-	-
5. Вперед	-		-	-	-	-	-	-	-
6. Вперед с наклоном туловища вперед	-	-	 с помощью	 без помощи	-	-	-	-	-
7. Вперед с изменением уровня положения тела	-	-	 к полу	-	-	-	-	-	-
8. Вперед с изменением уровня положения тела	-	-	-	 от пола	-	 к полу и от пола	-	-	-



## Продолжение таблицы 59

6. В сторону; также с наклоном в сторону горизонтально	-		-	 с наклоном	-	-	-	-	-
7. Арабеск, также с наклоном туловища вперед горизонтально или назад	-	-	 3	 наклон вперед	-	 наклон назад	-	-	-
8. Арабеск, также с наклоном туловища назад	-	-	 3	-	 наклон назад	-	-	-	-
9. Фуэте	-		 3	-	-	-	-	-	-
10. Вперед с помощью и без	-	-	 с помощью	-	 без помощи	-	-	-	-
11. В сторону; с помощью и без	-	 с помощью	-	 без помощи	-	-	-	-	-
12. Задний шпагат с помощью; также с наклоном вперед горизонтально	-	-	 3	 3	-	-	-	-	-
13. Назад; без помощи; также с наклоном вперед горизонтально	-	-	-	-	 3	 3	-	-	-
14. Кольцо; с помощью и без; также с наклоном вперед горизонтально	-	-	 с помощью	-	 без помощи	 без помощи	-	-	-

14. Козак; также с наклоном туловища вперед	-		 без помощи	-	-	-	-	-	-
15. Вперед; наклон туловища назад горизонтально	-	-	-	-	-	 180°	 360°	-	-
16. Вперед; наклон туловища назад ниже горизонтالي (из положения стоя)	-	-	-	-	-	 180°	 360°	-	-
17. Вперед; наклон туловища назад ниже горизонтали (из положения наполу)	-	-	-	-	-	-	 180°	 360°	-
18. В сторону; также наклон туловища в сторону горизонтально	-	-	-	-	 180°	 360°	-	-	-
17. Пируэт на релеве: шпагат с помощью, перевод свободной ноги рондом спереди назад через 3 позиции во время вращения	-	-	-	-	-	 180° 360° (или наоборот)	-	-	-
18. Вертолет с наклоном туловища вперед/в сторону, также назад ниже горизонтали	-	 наклон вперед или в сторону	 наклон назад ниже горизонтали	-	-	-	-	-	-
19. “Панше“ (вращение на полной столе)	-	-	-	-		-	-	-	-
20. “Панше“; кольцо с наклоном туловища вперед горизонтально (на полной столе)	-	-	-	-		-	-	-	-

#### 5.4 Проектирование матрицы и таблицы технической ценности прыжков художественной гимнастики

Учитывая, что характер двигательных действий в безопорной фазе прыжка предопределен ее длительностью, особое значение для реализации трудности прыжка имеет сила отталкивания и его длительность. Последняя, в свою очередь, зависит от характера отталкивания: одной или двумя ногами, на месте или спродвижением, без разбега или с разбега. То есть, чем сложнее высоко оттолкнуться и достичь необходимой длительности полета, тем труднее будет выполнить прыжок и, следовательно, один и тот же по форме прыжок выполняемый различным способом отталкивания имеет различную сложность.

Непосредственно сложность полетной фазы (фиксации определенной позы прыжка) зависит от таких факторов как:

- амплитуда движений для фиксации необходимой позы (45, 90, 135, 180 градусов);
- способ ее достижения (махом, силой) и степень ее локализации в суставах (в одном или в нескольких);
- степень локализации в проявлении скоростно-силовых способностей (одна мышца, мышцы одного звена или мышцы нескольких звеньев);
- направление движений звеньями тела (по ходу основного перемещения, против хода, поперек),
- наличие или отсутствие контр-движений (изменения направления перемещения на противоположное в прыжке);
- наличие поворота (туловища или в целом тела).

Сочетание этих компонентов дает суммированную или удвоенную сложность, обуславливает необходимость обеспечения определенной длительности полетной фазы, которая, в свою очередь, зависит от силы отталкивания.

Фаза завершающих действий обеспечивает не только безопасность приземления, но и рациональность, законченность, эстетизм и целостность движений. Возможность завершения прыжка в соответствии с этими критериями и выполнение двигательной программы в целом связаны с эффективностью всех предыдущих фаз движения, а также координационной сложностью работы мышц ног в условиях приземления. При этом координационная сложность данной фазы зависит от таких факторов, как:

- длительность безопорной фазы, влияющая на своевременность и адекватность действий, предусматривающих контакт с опорой;
- скорость перемещения, обуславливающая ударную «нагрузку» на опорные звенья;
- наличие центробежных сил, момента инерции и соотношения осей вращения, которые влияют на траекторию перемещения ОЦМт и его положение относительно площади опоры;
- площадь опоры приземления (только на стопы или с опорой на другие части тела), предопределяющая устойчивость приземления;
- продолжительность паузы между приземлением и последующими действиями.

Таким образом, ценность трудности прыжка предопределена объективными факторами сложности реализации всех его фаз и должна суммироваться из таких показателей как:

- характер отталкивания (+ 0,1 балла с одной; + 0,1 балла без наскока или разбега);
- длина плеча рычага отведенной ноги (+ 0,1 балла выпрямленная нога);
- наличие или отсутствие момента инерции (+ 0,1 балла без разбега или наскока);
- амплитуда движений звеньев тела (+ 0,1 балла; для ног – 180 градусов; для туловища – 90 градусов);

- количество демонстрируемых максимальных степеней свободы в суставе или суставах (+ 0,1 балла: например, тазобедренный сустав + наклон туловища; поворот в шпагате на 180 градусов);
- направление движения звеньев тела (+ 0,1 балла против хода; например, смена положения ног сзади при движении вперед или наклон туловища назад при движении вперед);
- наличие смены направления движения звеньев в безопорной фазе (+ 0,1 балла; например, со сменой в шпагат);
- наличие контр-движений ногами (+ 0,1 балла; например, перекидной прыжок);
- наличие поворота туловища или всего тела (+ 0,1 балла; например, прыжок «жете»);
- необходимость глобального проявления силовых способностей (+ 0,2 балла; например, со сменой прямыми ногами в шпагат прогнувшись);
- комбинирование осей вращения (две оси + 0,1);
- вращательный момент и его направление на приземлении (+0,1; жете ан турнан шпагат со сменой ног).

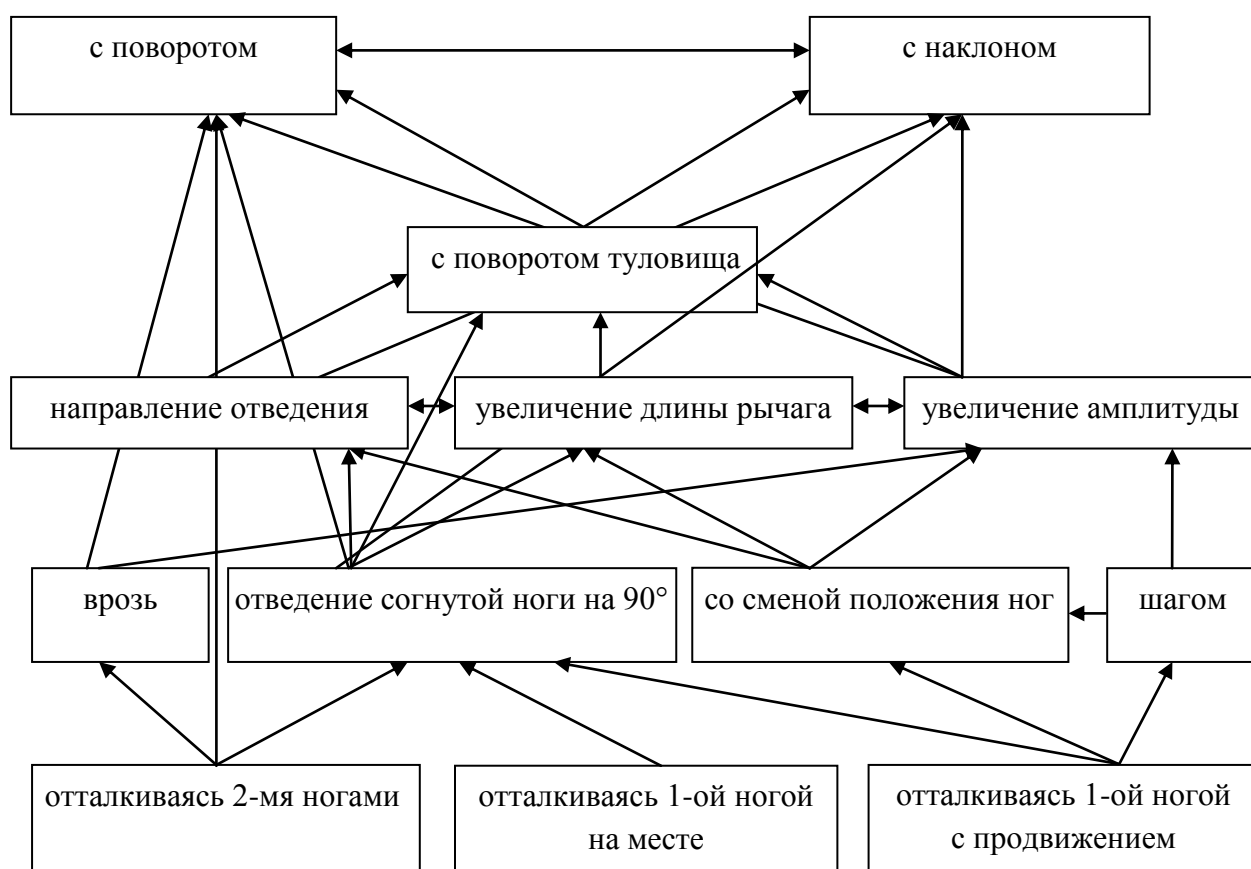
Пример расчета: ценности трудности «3 прыжка в шпагат без промежуточного шага»

Базовый элемент «прыжок шагом» - 0,3 балла. Выполнение следующего прыжка с другой ноги с проявлением максимальной подвижности в тазобедренных суставах в другом направлении, а также после сокращенного приземления и без разбега + 0,3 балла. Выполнение третьего прыжка вообще возможно только при максимальном комплексном проявлении взрывной силы и активной гибкости + 0,3 балла. Итого - 0,9 балла.

При этом возможно добавление любого другого фактора сложности (например, наклона туловища назад, поворота в шпагате), который увеличит ценность трудности данного соединения элементов до 1,0 и более баллов. На основе конкретизированных факторов сложности прыжков и их логической

взаимосвязи был спроектирован алгоритм определения технической ценности прыжков художественной гимнастики (рисунок 47).

Алгоритм формирования технической ценности прыжков предполагал более 35 траекторий изменения сложности элементов. Каждое из обозначенных передвижений приводило к усложнению оцениваемого элемента на 0,1 балла. Суммарный показатель количества операционных шагов, выполненных в соответствии имеющимися в прыжке двигательными действиями, позволял определить уровень технической ценности элемента, как производную объективной сложности.



Примечание: → изменение сложности на 0,1 балла


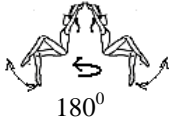

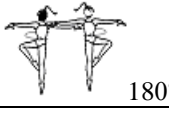



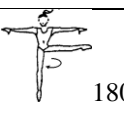

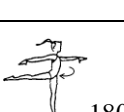



Рисунок 47 - Алгоритм определения технической ценности прыжков художественной гимнастики

Таким образом, научно-обоснованные критерии сложности и спроектированный алгоритм позволили разработать матрицу технической ценности (таблица 60) и таблицу ценности прыжков для правил соревнований по художественной гимнастике (таблица 61).






























Таблица 60 - Фрагмент матрицы технической ценности прыжков художественной гимнастики













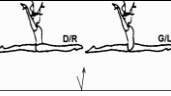












И.п. уровень ценности	Отталкиваясь двумя		Отталкиваясь одной	
	<i>На месте</i>		<i>На месте</i>	<i>С продвижением</i>
1	- сгибая ноги вперед, споворотом на 180°		- со сменой положения ног впереди; - со сменой согнутых ног впереди и поворотом на 180°; - подбивной книзу (впереди, в сторону, сзади); - в кольцо одной;	- нога вперед, сгибая толчковую к маховой и приземляясь на нее;
2	- выпрямляясь на 360°; - прогнувшись; - подбивной		- на пасе с поворотом на 180°; - со сменой положения ног выше 90°; - со сменой положения ног сзади	- нога сверху, сгибая толчковую к маховой - нога вперед, сгибая толчковую к маховой с наклоном туловища и и приземляясь на нее;
3	- прогнувшись с поворотом на 180°; - подбивной в кольцо		- на пасе на 360°; - нога вперед (в сторону, назад, в аттюд) с повор. на 180°; - подбивной книзу (впереди, в сторону, сзади) с пов. на 180°; - в кольцо одной с поворотом на 180°; - фуэте	- нога вперед, сгибая толчковую к маховой с поворотом на 360° и приземляясь на нее; - нога сверху, сгибая толчковую к маховой с поворотом на 180° и приземляясь на нее; - шагом в шпагат; - продольный шпагат;
4	- прогнувшись с поворотом на 360°; - в продольный шпагат; - в продольный шпагат с наклоном и призем. в присед;; - в кольцо двумя; - шпагат; - подбивной с наклоном назад		- нога вперед (в сторону назад, в аттюд) с повор. на 360°; - со сменой ног выше 90° и поворотом на 180°; - со сменой положения ног сзади в кольцо; - в кольцо одной с поворотом на 360°; - фуэте в кольцо	- нога сверху, сгибая толчковую к маховой с поворотом на 360° и приземляясь на нее; - нога вперед, сгибая толчковую к маховой с наклоном туловища с поворотом на 180° и приземляясь на нее; - шагом в шпагат и в кольцо; - шагом со сменой согнутой ногой шпагат
5	- в продольный шпагат с наклоном; - в кольцо двумя с поворотом на 180°; - шпагат в кольцо;		- со сменой ног выше 90° и поворотом на 360°; - со сменой ног в кольцо с поворотом на 180°; - фуэте в шпагат и кольцо; - перекидной в шпагат;	- нога вперед, сгибая толчковую к маховой с наклоном туловища и поворотом на 360°; - нога верху, толчковая в кольцо и приземляясь на нее; - шагом в шпагат с наклоном назад; - шагом в шпагат с поворотом туловища на 180°; - шагом со сменой согнутой ногой шпагат в кольцо; - шагом со сменой прямыми ногами шпагат
6	- в продольный шпагат с наклоном и поворотом на 180°; - в кольцо двумя с поворотом на 360°; - продольный шпагат с поворотом на 180°;		- со сменой положения ног в кольцо с поворотом на 360°; - фуэте в кольцо двумя; - фуэте в шпагат с наклоном назад; - перекидной в шпагат и кольцо	- шагом со сменой согнутой ногой шпагат с наклоном назад; - шагом со сменой прямыми ногами шпагат в кольцо
7	- в продольный шпагат с наклоном и поворотом на 360°; - шпагат с наклоном назад; - продольный шпагат с поворотом на 360°;		- перекидной в шпагат с наклоном назад.	- нога верху, толчковая в кольцо с наклоном назад и приземляясь на нее; - шагом со сменой прямыми ногами шпагат с наклоном

Таблица 61 - Фрагмент таблицы технической ценности прыжков для правил соревнований по художественной гимнастике


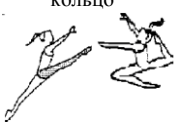

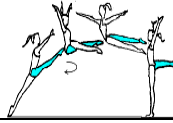







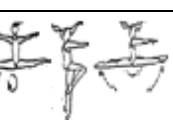


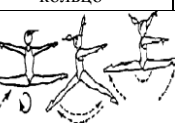

Элемент	0,1 балла	0,2 балла	0,3 балла	0,4 балла	0,5 балла	0,6 балла	0,7 балла	0,8 балла	0,9 балла
1.Прыжок, согнув ноги	 180°	-	-	-	-	-	-	-	-
2.Прыжок со сменой согнутых ног	 180°	-	-	-	-	-	-	-	-
3.Прыжок с выпрямленными ногами	-	 360°	-	-	-	-	-	-	-
4.Прыжок Пассе	-	 180°	 360°	-	-	-	-	-	-
5. Прыжок свободная нога горизонтально вперед	-	-	 180°	 360°	-	-	-	-	-
6. Прыжок, свободная нога горизонтально в сторону	-	-	 180°	 360°	-	-	-	-	-
7.Прыжок, свободная нога в арабеск	-	-	 180°	 360°	-	-	-	-	-
8.Прыжок, свободная нога в Аттитюд	-	-	 180°	 360°	-	-	-	-	-



9.Кабриоль (вперед)		-	 с вращением	-	-	-	-	-	-
10.Кабриоль (в сторону)		-	-	-	-	-	-	-	-
11.Кабриоль (назад)		-	-	-	-	-	-	-	-
12.Прыжок прогнувшись.	-		 с вращением на 180°	 с вращением на 360°	-	-	-	-	-
13.Прыжки со сменой ног вперед.		 Выше горизонтали	-	 с вращением 180°	 с вращением на 360°	-	-	-	-
14.Прыжки со сменой ног назад	-	 горизонтально	 в кольцо	-	 с вращение на 180°	 с вращение на 360°	-	-	-
15.Щука ноги врозь толчком 2-х ног наклоню туловища вперед горизонтально (боковой шпагат)	-	-	-	 в присед	 ↑	 с вращением на 180°	 с вращением на 360°	-	-
16.Казак, свободная нога горизонтально; также с наклоном туловища вперед горизонтально		 Наклон вперед	 с вращением 360°	 180°	 с вращение 360°	-	-	-	-
17.Казак, свободная нога выше горизонтали; также в кольцо	-		 с вращением на 180°	 с вращением на 360°	 в кольцо (толчок и приземление на ту же ногу)	-	 в кольцо с наклоном туловища назад (толчок и приземление на ту же ногу)	-	-

12. Кольцо; Кольцо с вращением		-			-	-	-	-	-
			с вращением на 180°	с вращением на 360°					
13. Кольцо 2-мя ногами; также с вращением	-	-	-				-	-	-
					вращением на 180°	вращением на 360°			
14. Прыжок в шпагат, тело в различных положениях	-	-				-	-	-	-
				кольцо	с наклоном назад				
15. Прыжок в шпагат, тело в различных положениях (толчком 2-х ног)	-	-	-				-	-	-
				толчком 2-х ног	толчком 2-х ног	толчком 2-х ног			
16. 2 или 3 прыжка в шпагат без промежуточного шага	-	-	-	-	-		-	-	
17. Боковой шпагат; также с попуворотом корпуса на 180° в полете (толчок 1 ногой)	-	-		-		-	-	-	-
					полуоборот корпуса				
18. Боковой шпагат; также с вращением (толчок с 2-х ног)	-	-	-		-			-	-
						с вращением на 180°	с вращением на 360°		
19. Прыжок в шпагат со сменой ног (согнутой ногой); тело в различных положениях	-	-	-				-	-	-
					в кольцо	наклон			
20. Прыжок в шпагат со сменой ног (прямой ногой); тело в различных положениях	-	-	-	-				-	-
						кольцо	с наклоном		

21. Прыжок подбивной; тело в различных положениях	-		кольцо 		-	-	-	-	-
22. Прыжок подбивной, (толчком с 2-х ног); тело в различных положениях	-		кольцо 		-	-	-	-	-
23. Прыжок подбивной, толчком с 2-х ног с вращением; тело в различных положениях	-	-		кольцо 		-	-	-	-
24. Прыжок подбивной со сменой ног (согнутой ногой); тело в различных положениях	-	-		кольцо 	С наклоном 	-	-	-	-
25. Прыжок подбивной со сменой ног (прямой ногой); тело в различных положениях	-	-	-		кольцо 		-	-	-
26. Фуэте, также в кольцо 1-ой или 2-мя ногами	-	-		кольцо 	-	кольцо 2-мя ногами 	-	-	-
27. Фуэте в шпагат; ; тело в различных положениях	-	-	-	шпагат 	шпагат и кольцо 	Шпагат и наклон 	-	-	-

28. Фуэте подбивной; тело в различных положениях	-	-	-		кольцо 	с наклоном 	-	-	-	
29.Револьтат	-	-	-		-	-	-	-	-	
30. Перекидной, также в кольцо	-	-	-		кольцо 	-	-	-	-	
31. Перекидной в шпагат; тело в различных положениях	-	-	-	-		Шпагат и кольцо 	Шпагат и наклон 	-	-	
32. Жете ан турнан шпагат; тело в различных положениях	-	-	-		кольцо 	С наклоном 	-	-	-	
33. Жете ан турнан шпагат со сменой ног (согнутой ногой) ; тело в различных положениях	-	-	--	-	-				-	
34.Прыжок жете ан турнан шпагат со сменой ног (прямой ногой) ; тело в различных положениях	-	-	-	-	-	-				
							кольцо	с наклоном	кольцо Ring	с наклоном Back bend

### 5.5 Эффективность применения научно-обоснованных таблиц технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики в экспертной оценке исполнительского мастерства спортсменок высокой квалификации

Оценка эффективности применения разработанных таблиц технической ценности элементов структурных групп для правил соревнований по художественной гимнастике предполагала анализ результативности дифференцировки высококвалифицированных спортсменок по уровню исполнительского мастерства, относительно действующих правил соревнований. Она проводилась в два этапа и представляла собой применение: 1) квалитрии для оценки исполнительского мастерства гимнасток в соответствии с действующими правилами соревнований; 2) квалитрии в соответствии с проектируемыми таблицами технической ценности элементов структурных групп с последующей статистической обработкой полученных данных.

Для удобства осуществления экспертной оценки технической ценности соревновательных программ использовалась видеозапись выступлений финалисток Гран-при по художественной гимнастике 2016 г. в Москве. Каждому эксперту предлагалось определить техническую ценность элементов соревновательных программ спортсменок дважды, ориентируясь на техническую ценность действующих правил соревнований, а затем на таблицы технической ценности проектируемых правил соревнований. Подсчитывалась техническая ценность элементов, как отдельно взятой структурной группы, так и в целом всех структурных групп. Итоговая оценка исполнительского мастерства определялась в соответствии с регламентируемой правилами FIG технологией экспертной оценки сначала отдельно в каждом виде, а затем в многоборье художественной гимнастики. Математический анализ данных экспертизы технической ценности равновесий (таблица 62) позволил установить, что сложность программы вида многоборья каждой из

гимнасток, полученная на основе научно-обоснованной сложности элементов данной структурной группы, стала на 0,1 - 0,7 балла выше, чем по действующими правилам соревнований.

Таблица 62 - Экспертная оценка технической ценности равновесий в соответствии с действующими и проектируемыми правилами соревнований

№ п/н	И.Ф. финалиста	Оценка (баллы)	место	Ценность (баллы/%)			рейтинг
				Факт.	Проект.	Динамика	
обруч							
1.	Сон Ян Джи (KOR)	18,285	2	0,7	0,9	+0,2 (28,6)	2
2.	Мелитина Станюта (BLR)	17,966	4	0,9	1,2	+0,3 (33,3)	4
3.	Александра Солдатова (RUS)	18,5	1	1,4	1,9	+0,5 (35,7)	1
4.	Кахо Минагава (JPN)	17,583	5	0,5	0,7	+0,2 (40,0)	6
5.	Невиана Владинова (BUL)	17,416	7-8	0,5	0,8	+0,3 (60,0)	7
6.	Саломе Пажавя (GEO)	18,016	3	0,8	1,0	+0,2 (25,0)	3
7.	Дина Аверина (RUS)	17,5	6	1,5	1,9	+0,4 (26,7)	5
8.	Ашрам Линой (ISR)	17,416	7-8	1,0	1,1	+0,1 (10,0)	8
	Статистический вывод			p≤0,05			
мяч							
1.	Сон Ян Джи (KOR)	18,383	3	1,0	1,2	+0,2 (20,0)	4
2.	Ашрам Линой (ISR)	17,55	6	1,0	1,1	+0,1 (10,0)	8
3.	Маргарита Мамун (RUS)	18,883	1-2	1,0	1,4	+0,4 (40,0)	2
4.	Саломе Пажавя (GEO)	17,933	5	0,9	1,1	+0,2 (22,2)	5
5.	Николь Рупхет (AUT)	17,516	7	1,6	1,8	+0,2 (12,5)	7
6.	Мелитина Станюта (BLR)	18,350	4	0,9	1,2	+0,3 (33,3)	3
7.	Александра Солдатова (RUS)	18,883	1-2	2,1	2,6	+0,5 (23,8)	1
8.	Анастасия Сергюкова (UZB)	17,333	8	1,4	1,8	+0,4 (28,6)	6
	Статистический вывод			p≤0,05			
булавы							
1.	Арина Аверина (RUS)	18,35	2	1,6	2,0	+0,4 (25,0)	3
2.	Нета Ривкин (ISR)	17,966	6	2,1	2,5	+0,4 (19,0)	5
3.	Мелитина Станюта (BLR)	18,316	3	0,9	1,2	+0,3 (33,3)	4
4.	Маргарита Мамун (RUS)	18,95	1	0,6	0,8	+0,2 (33,3)	1
5.	Ашрам Линой (ISR)	17,05	7	1,3	1,4	+0,1 (7,7)	7
6.	Саломе Пажавя (GEO)	18,150	5	0,8	1,5	+0,7 (87,5)	2
7.	Сон Ян Джи (KOR)	18,25	4	0,8	0,9	+0,1 (12,5)	6
8.	Николь Рупхет (AUT)	16,333	8	1,7	1,9	+0,2 (11,8)	8
	Статистический вывод			p≤0,05			
лента							
1.	Мелитина Станюта (BLR)	18,016	4	0,4	0,7	+0,3 (75,0)	4
2.	Кахо Минагава (JPN)	17,25	6	1,5	1,8	+0,3 (20,0)	6
3.	Арина Аверина (RUS)	18,05	3	1,6	2,0	+0,4 (25,0)	2
4.	Саломе Пажавя (GEO)	16,633	8	0,9	1,1	+0,2 (22,2)	8
5.	Екатерина Галкина (BLR)	16,883	7	1,7	2,1	+0,4 (23,5)	7
6.	Сон Ян Джи (KOR)	18,133	2	0,8	1,1	+0,3 (37,5)	3
7.	Сабина Аширбаева (KAZ)	17,516	5	2,2	2,7	+0,5 (22,7)	5
8.	Александра Солдатова (RUS)	18,333	1	0,9	1,2	+0,3 (33,3)	1
	Статистический вывод			p≤0,05			

В целом техническая ценность каждой спортсменки изменилась от 7,7% до 87,5%. При этом произошедшее увеличение технической ценности равновесий соревновательных композиций группы финалисток были достоверны, а оценки призеров в каждом виде многоборья стали иметь большие различия с остальными спортсменками. Это свидетельствовало об улучшении дифференцировки спортсменок не только по сложности, но и по исполнительскому мастерству.

Кроме этого в результате изменения подхода к оценке технической ценности равновесий во всех видах многоборья изменялся рейтинг спортсменок в финале. Так в каждом из четырех видов многоборья произошли перекировки спортсменок на 25%-75%. Наибольшие изменения в рейтинге были зафиксированы в упражнениях с мячом (75%), а максимальные изменения в технической ценности равновесий были выявлены в упражнении с булавами у Саломе Пажавы (GEO) - на 0,7 балла, которые изменили занимаемое место с 5-го на 2-е.

Экспертиза технической ценности поворотов, включаемых в композиции сильнейших гимнасток (таблица 63), позволила выявить более существенные погрешности в оценке дифференцировке гимнасток по сложности, чем в равновесиях. Так было установлено, что существующие таблицы правил соревнований занижают оценку в целом на 0,3-1,8 балла. Научно-обоснованные таблицы позволяли изменить оценку гимнасток на 12,5-68,4%, а в каждом из четырех видов многоборья рейтинг спортсменок - на 37,5-62,5%. Во всех видах многоборья были установлены достоверно значимые различия ( $p \leq 0,05$ ) между технической ценностью поворотов рассчитанной по таблицам действующих правил соревнований и технической ценностью научно-обоснованных таблиц.

Наибольшая динамика технической ценности поворотов была зафиксирована в упражнениях с обручем (62,5%), а изменения индивидуальной технической ценности у победителя в упражнении с лентой

Солдатовой А. (RUS) - на 1,8 балла. Это позволило увеличить ее отрыв от ближайшего преследователя Сон Ян Джи (KOR) на 0,2 балла.

Таблица 63 - Экспертная оценка технической ценности поворотов в соответствии с действующими и проектируемыми таблицами правил соревнований

№ п/п	И.Ф. финалиста	Оценка (баллы)	место	Ценность (баллы/%)			рейтинг
				Факт.	Проект.	Динамика	
обруч							
1.	С.Джи (KOR)	18,285	2	2,6	4,0	+1,4(53,8%)	2
2.	М. Станюта (BLR)	17,966	4	3,6	4,7	+1,1(30,6)	3
3.	А.Солдатова (RUS)	18,5	1	2,8	4,3	+1,5(53,6%)	1
4.	К.Минагава (JPN)	17,583	5	1,9	2,9	+1,0(52,6%)	5
5.	Н.Владинова (BUL)	17,416	7-8	1,6	2,6	+1,0(62,5%)	6
6.	С.Пажавя (GEO)	18,016	3	1,8	2,4	+0,6(33,3%)	4
7.	Д.Аверина (RUS)	17,5	6	1,9	2,2	+0,3(15,8%)	8
8.	А.Линой (ISR)	17,416	7-8	2,7	3,3	+0,6(22,2%)	7
	Статистический вывод			p≤0,05			
мяч							
1.	Сон Ян Джи (KOR)	18,383	3	3,4	5,0	+1,6(47,1%)	3-2
2.	Ашрам Линой (ISR)	17,55	6	1,7	2,7	+1,0(58,8%)	6
3.	Маргарита Мамун (RUS)	18,883	1-2	2,4	3,5	+1,1(45,8%)	3-2
4.	Саломе Пажавя (GEO)	17,933	5	3,2	3,6	+0,4(12,5%)	7
5.	Николь Рупхет(AUT)	17,516	7	4,0	5,4	+1,4(35%)	4
6.	Мелитина Станюта (BLR)	18,350	4	2,2	2,5	+0,3(13,6%)	5
7.	Александра Солдатова (RUS)	18,883	1-2	3,9	5,1	+1,2(30,8%)	1
8.	Анастасия Сергюкова (UZB)	17,333	8	4,2	4,8	+0,6(14,3%)	8
	Статистический вывод			p≤0,05			
булавы							
1.	Арина Аверина (RUS)	18,35	2	1,9	2,2	+0,3(15,8%)	6
2.	Нега Ривкин (ISR)	17,966	6	2,4	3,5	+1,1(45,8%)	4
3.	Мелитина Станюта (BLR)	18,316	3	3,6	4,7	+1,1(30,6%)	3
4.	Маргарита Мамун (RUS)	18,95	1	3,3	4,4	+1,1(33,3%)	1
5.	Ашрам Линой (ISR)	17,05	7	1,9	3,2	+1,3(68,4%)	7
6.	Саломе Пажавя (GEO)	18,150	5	2,3	3,2	+0,9(39,1%)	5
7.	Сон Ян Джи (KOR)	18,25	4	2,2	3,6	+1,4(63,6%)	2
8.	Николь Рупхет (AUT)	16,333	8	1,9	2,5	+0,6(31,6%)	8
	Статистический вывод			p≤0,05			
лента							
1.	Мелитина Станюта (BLR)	18,016	4	3,6	4,7	+1,1(30,6%)	3
2.	Кахо Минагава (JPN)	17,25	6	1,3	1,7	+0,4(30,8%)	7
3.	Арина Аверина (RUS)	18,05	3	1,6	1,9	+0,3(18,8%)	4
4.	Саломе Пажавя (GEO)	16,633	8	2,3	3,2	+0,9(39,1%)	8
5.	Екатерина Галкина (BLR)	16,883	7	2,1	3,0	+0,9(42,9%)	6
6.	Сон Ян Джи (KOR)	18,133	2	3,0	4,6	+1,6 (53,3%)	2
7.	Сабина Аширбаева (KAZ)	17,516	5	2,7	3,4	+0,7(25,9%)	5
8.	Александра Солдатова (RUS)	18,333	1	2,7	4,5	+1,8 (66,7%)	1
	Статистический вывод			p≤0,05			



Сравнительный анализ технической ценности прыжков в соответствии с разными подходами к экспертизе исполнительского мастерства гимнасток показал (таблица 64), что положительная динамика сложности в данной структурной группе отсутствует. Это объяснялось, прежде всего, тем, что у большинства гимнасток техническая ценность прыжков в настоящий момент завышается на 0,1 - 0,4 балла (68,7%), а однообразие освоенных элементов данной структурной группы не позволяет улучшить дифференцировку гимнасток по сложности. Только в 6,3% соревновательных композиций техническая ценность прыжков согласно действующим таблицам правил соревнований неправомерно занижалась (на 0,1 балла). В 25% случаев экспертизы техническая ценность не менялась, а все остальные композиции изменили свою ценность на более низкую. Данный факт указывал на негативную тенденцию, наметившуюся в отношении композиционного построения соревновательных программ, выражающуюся в преобладании сложности статических и динамических равновесий над прыжками, а также дисгармоничном проявлении специфических двигательных качеств, необходимых для выполнения элементов основных структурных групп художественной гимнастики.

Однако в целом экспертиза технической ценности прыжков в соответствии с разработанными таблицами изменила рейтинг спортсменок на 25-50% в видах многоборья. Наибольшая динамика наблюдалась в упражнениях с обручем и булавами, а стабильность - в упражнении с мячом. При этом наивысшая индивидуальная техническая ценность прыжков была зафиксирована в упражнении с обручем (у спортсменки из Израиля Ашрам Линой), и она была равна 2,4 балла. Наиболее низкая 0,9 балла - в упражнении с лентой (у спортсменки из Беларуси Екатерины Галкиной). То есть разница в оценках составляла 1,5 балла, хотя обе гимнастки являлись финалистками этапа Кубка мира. Данный факт указывал не только на большие различия в возможностях применения спортсменками элементов данной структурной

группы, но и на неиспользуемые возможности в дифференцировке их по уровню исполнительского мастерства.

Таблица 64 - Экспертная оценка технической ценности прыжков в соответствии с действующими и проектируемыми правилами соревнований

№ п/п	И.Ф. финалиста	Оценка (баллы)	место	Ценность (баллы/%)			рейтинг
				Факт.	Проект.	Динамика	
обруч							
1.	Сон Ян Джи (KOR)	18,285	2	1,7	1,4	-0,3 (17,6%)	3
2.	Мелитина Станюта (BLR)	17,966	4	1,9	1,6	-0,3(15,8%)	4
3.	Александра Солдатова (RUS)	18,5	1	1,1	1,1	0	1
4.	КахоМинагава (JPN)	17,583	5	1,9	1,7	-0,2(10,5%)	7
5.	НевианаВладинова (BUL)	17,416	7-8	2,2	1,8	-0,4(18,2%)	8
6.	СаломеПажава (GEO)	18,016	3	2,3	2,3	0	2
7.	ДинаАверина (RUS)	17,5	6	1,2	1,1	-0,1(8,3%)	6
8.	АшрамЛиной (ISR)	17,416	7-8	2,3	2,4	+0,1(4,3%)	5
Статистический вывод				p>0,05			
мяч							
1.	Сон Ян Джи (KOR)	18,383	3	1,5	1,3	-0,2(13,3%)	3
2.	Ашрам Линой (ISR)	17,55	6	2,3	2,3	0	6
3.	Маргарита Мамун (RUS)	18,883	1-2	2,4	2,2	-0,2(8,3%)	2
4.	Саломе Пажава (GEO)	17,933	5	1,5	1,2	-0,3(20%)	5
5.	Николь Рупхет(AUT)	17,516	7	1,0	1,0	0	7
6.	Мелитина Станюта (BLR)	18,350	4	1,7	1,4	-0,3(17,6%)	4
7.	Александра Солдатова (RUS)	18,883	1-2	1,0	1,0	0	1
8.	Анастасия Сергюкова (UZB)	17,333	8	1,2	1,1	-0,1(8,3%)	8
Статистический вывод				p>0,05			
булавы							
1.	Арина Аверина (RUS)	18,35	2	1,4	1,2	-0,2(14,3%)	2-4
2.	Нета Ривкин (ISR)	17,966	6	1,2	1,0	-0,2(16,7%)	6
3.	Мелитина Станюта (BLR)	18,316	3	1,8	1,5	-0,3(16,7%)	5
4.	Маргарита Мамун (RUS)	18,95	1	2,1	2,1	0	1
5.	Ашрам Линой (ISR)	17,05	7	2,1	2,1	0	7
6.	Саломе Пажава (GEO)	18,150	5	2,3	2,3	0	2-4
7.	Сон Ян Джи (KOR)	18,25	4	1,4	1,3	-0,1(7,1%)	2-4
8.	Николь Рупхет (AUT)	16,333	8	1,2	1,0	-0,2(16,7%)	8
Статистический вывод				p>0,05			
лента							
1.	Мелитина Станюта (BLR)	18,016	4	1,8	1,6	-0,2(11,1%)	3
2.	Кахо Минагава (JPN)	17,25	6	2,7	2,3	-0,4(14,8%)	6
3.	Арина Аверина (RUS)	18,05	3	2,2	1,9	-0,3(13,6%)	4
4.	Саломе Пажава (GEO)	16,633	8	2,5	2,2	-0,3(22%)	8
5.	Екатерина Галкина (BLR)	16,883	7	0,9	0,8	- 0,1(11,1%)	7
6.	Сон Ян Джи (KOR)	18,133	2	1,8	1,7	- 0,1 (5,6%)	2
7.	Сабина Аширбаева (KAZ)	17,516	5	0,9	1,0	+0,1(11,1%)	5
8.	Александра Солдатова (RUS)	18,333	1	1,7	1,6	- 0,1 (5,9%)	1
Статистический вывод				p>0,05			

Проведенный сравнительный анализ эффективности экспертной оценки исполнительского мастерства в аспекте технической ценности элементов каждой в отдельности структурной группы позволил дать и обобщенную характеристику качества экспертизы сложности соревновательных композиций по суммарной технической ценности всех элементов (таблица 65).

Наибольшие изменения в технической ценности соревновательных программ гимнасток произошли в упражнениях с обручем и булавами. Приросты в технической ценности согласно разработанным таблицам варьировали в пределах 10% - 37,7%. Однако наибольший прирост в констатирующем эксперименте был зафиксирован за исполнительское мастерство российской гимнастки Солдатовой А. в упражнении с лентой (38%). В соответствии с действующими правилами соревнований данная гимнастка по технической ценности элементов структурных групп занимала лишь 7 место, и смогла победить в данном виде многоборья за счет безошибочного выполнения соревновательного упражнения. В соответствии с примененными матрицами она переместилась на 2 место и стала иметь преимущество над ближайшим соперником (при условии безошибочного выполнения) в 0,4 балла, увеличив его вдвое.

Менее всего в соответствии с проектируемыми таблицами правил соревнований изменилась техническая ценность в упражнении с мячом: приросты составили 5% - 27%. Однако в процессе статистической обработки были выявлены достоверные различия между двумя подходами к определению технической ценности соревновательных композиций во всех видах многоборья художественной гимнастики. Анализ плотности результатов изучаемых выборок показал, что изменения в технической ценности элементов структурных групп в большей степени подчеркнули разницу в уровне мастерства гимнасток. Вариативность экспертных оценок финалисток в видах многоборья увеличилась на 1,0% - 2,1%, что в условиях высокой конкуренции позволяло более качественно осуществлять дифференцировку спортсменок по уровню их исполнительского мастерства.

Таблица 65 - Экспертная оценка технической ценности композиций в соответствии с действующими и проектируемыми таблицами правил соревнований по художественной гимнастике

№ п/п	И.Ф. финалиста	оценка	место	Ценность			Проект. оценка	Проект место
				Факт.	Проект.	Динамика		
<b>обруч</b>								
1.	С.Джи (KOR)	18,285	2	5,0	6,3	+1,3(26%)	19,585	2
2.	М. Станюта (BLR)	17,966	4	6,4	7,5	+1,1(17,2%)	19,066	3
3.	А.Солдатова (RUS)	18,5	1	5,3	7,3	+2,0(37,7%)	20,5	1
4.	К.Минагава (JPN)	17,583	5	4,3	5,3	+1,0(23,6%)	18,583	5
5.	Н.Владинова (BUL)	17,416	7-8	4,3	5,2	+0,9(20,9%)	18,316	6
6.	С.Пажава (GEO)	18,016	3	4,9	5,7	+0,8(16,3)	18,816	4
7.	Д.Аверина (RUS)	17,5	6	4,6	5,2	+0,6(13,0%)	18,1	8
8.	А.Линой (ISR)	17,416	7-8	6,0	6,8	+0,8(13,3%)	18,216	7
	V(%)	2,34		15,04	15,42		4,34	
Статистический вывод				p≤0,05				
<b>мяч</b>								
1.	С.Джи (KOR)	18,383	3	5,9	7,5	+1,6(27%)	19,983	3
2.	А.Линой (ISR)	17,55	6	5,0	6,1	+1,1(22%)	18,650	5-6
3.	М. Мамун (RUS)	18,883	1-2	5,8	7,1	+1,3(22%)	20,183	2
4.	С.Пажава (GEO)	17,933	5	5,6	5,9	+0,3(5%)	18,233	7-8
5.	Н. Рупхет(AUT)	17,516	7	6,6	8,2	+1,6(24%)	19,116	4
6.	М. Станюта (BLR)	18,350	4	4,8	5,1	+0,3(6%)	18,650	5-6
7.	А. Солдатова (RUS)	18,883	1-2	7,0	8,7	+1,7(24%)	20,583	1
8.	А. Сергюкова (UZB)	17,333	8	6,8	7,7	+0,9(13%)	18,233	7-8
	V(%)	3,38		13,68	17,57		4,81	
Статистический вывод				p≤0,05				
<b>булавы</b>								
1.	А.Аверина (RUS)	18,35	2	4,9	5,4	+0,5(10%)	18,85	6
2.	Н.Ривкин (ISR)	17,966	6	5,7	7,0	+1,3(23%)	19,266	5
3.	М.Станюта (BLR)	18,316	3	6,3	7,4	+1,1(18%)	19,416	4
4.	М. Мамун (RUS)	18,95	1	6,0	7,3	+1,3(22%)	20,25	1
5.	А. Линой (ISR)	17,05	7	5,3	6,7	+1,4(26%)	18,45	7
6.	С. Пажава (GEO)	18,150	5	5,4	7,0	+1,6(30%)	19,75	3
7.	С. Джи (KOR)	18,25	4	4,4	6,0	+1,6(36%)	19,85	2
8.	Н. Рупхет (AUT)	16,333	8	4,8	5,4	+0,6(13%)	16,933	8
	V(%)	4,64		11,95	12,50		5,66	
Статистический вывод				p≤0,05				
<b>лента</b>								
1.	М.Станюта (BLR)	18,016	4	5,8	7,0	+1,2(21%)	19,216	3
2.	К.Минагава (JPN)	17,25	6	5,5	5,8	+0,3(6%)	17,55	7
3.	А.Аверина (RUS)	18,05	3	5,4	5,8	+0,4(7%)	18,45	5
4.	С.Пажава (GEO)	16,633	8	5,7	6,5	+0,8(14%)	17,433	8
5.	Е. Галкина (BLR)	16,883	7	4,7	5,9	+1,2(26%)	18,083	6
6.	С. Джи (KOR)	18,133	2	5,6	7,4	+1,8(32%)	19,933	2
7.	С.Аширбаева (KAZ)	17,516	5	5,8	7,1	+1,3(22%)	18,816	4
8.	А.Солдатова (RUS)	18,333	1	5,3	7,3	+2,0(38%)	20,333	1
	V(%)	3,58					5,65	
Статистический вывод				p≤0,05				

Доказательством этому служат изменения, произошедшие в рейтингах гимнасток: динамика занимаемых ими мест составила 62,5% - 87,5%. Однако победители в видах многоборья остались прежними, а их «отрыв» от ближайших преследователей только увеличился (на 0,2 - 0,7 балла). При чем, исчезли случаи, когда гимнастки делили призовые места.

Таким образом, была подтверждена возможность более объективного определения технической ценности и повышения эффективности экспертизы исполнительского мастерства гимнасток на основе научно-обоснованной дифференцировки уровня сложности их соревновательных композиций.

На заключительном этапе констатирующего эксперимента был осуществлен анализ эффективности влияния спроектированных таблиц технической ценности элементов на качество композиционного построения соревновательных программ мастеров спорта по художественной гимнастике.

В процессе тренировочных занятий было предложено осуществить коррекцию или полностью изменить содержание элементов, имеющих техническую ценность в соответствии с разработанными таблицами. Содержание и сложность композиций зависели от индивидуальных особенностей каждой гимнастки и не имели ограничения по количеству технических элементов. Однако при определении технической ценности соревновательных программ учитывались только девять наиболее сложных элементов, выполненных на соответствующем уровне качества.

Экспертная оценка представленных в конце эксперимента соревновательных программ 12-ти гимнасток показала, что достоверно изменились, как техническая ценность, так и качественные характеристики композиций. Показатели сложности соревновательных программ, выраженные в технической ценности, изменились в среднем на 0,2 балла за каждый вид и на 0,8 балла в многоборье. Статистический анализ не выявил достоверных различий в оценках за техническую ценность в отдельном виде многоборья, но этого было достаточно, чтобы наиболее подготовленные гимнастки смогли увеличить и продемонстрировать свое преимущество. Так в многоборье

разница между призерами составила в среднем 1,6 балла, что было в 2 раза больше, чем в начале эксперимента при ранжировании спортсменок. Качественная оценка композиции свидетельствовала об улучшении эстетического компонента всех соревновательных программ испытуемых и отсутствии типового подхода к определению набора «элементов трудности». Каждая спортсменка изменила содержание элементов программы в среднем на  $1/3$ , что позволило придать композиции большую индивидуальность.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, было экспериментально доказано, что в основу разработки критериев оценки исполнительского мастерства спортсменок в художественной гимнастике и, в частности, технической ценности соревновательных программ, должны быть положены объективные факторы координационной сложности элементов структурных групп данного вида спорта. Научное обоснование данных факторов учитывает не только кинематические и динамические характеристики сложности элементов, но и их логические взаимосвязи, являясь необходимым условием совершенствования правил соревнований международной федерации гимнастики и объективизации оценки технической ценности соревновательных программ спортсменок.

Установленные объективные факторы сложности позволили классифицировать элементы структурных групп по их реальной технической ценности посредством разработанных алгоритмов, матриц и таблиц для правил соревнований по художественной гимнастике. Таблицы технической ценности объективизируют экспертную оценку, добавляя к визуальному и субъективному анализу внешних параметров движений содержательную и объективную составляющую координационной сложности. Это не только технологизирует процесс определения технической ценности имеющихся элементов структурных групп, но и упрощает процесс конструирования новых с заданной сложностью. Алгоритмы определения технической ценности

элементов структурных групп позволяют прогнозировать и проектировать уровень сложности соревновательных программ, а также выстраивать траекторию ее освоения на основе современных тенденций развития художественной гимнастики.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенного исследования можно сформулировать следующие **выводы**:

1. Проблема объективизации экспертной оценки касается всех этапов развития художественной гимнастики. Членами Технического комитета по художественной гимнастике Международной федерации предпринимались попытки совершенствования правил соревнований. Они заключались в:

- регламентации уровня и объема сложности в соревновательном упражнении (волнообразная динамика);
- повышению требований к разнообразию элементов;
- гармонизации композиции соревновательных упражнений посредством повышения требований к компоненту исполнительского мастерства «Артистизм»;
- увеличению количества экспертов;
- вычленению из общей оценки отдельных компонентов исполнительского мастерства и применение бригад судей для их изолированной оценки;
- изменению величин максимально возможных оценок за каждый компонент исполнительского мастерства;
- протоколированию соревновательных программ и повышению скорости экспертной оценки.

Однако в этих положениях была велика доля субъективизма, и они не решали главной задачи правил соревнований - оценки исполнительского мастерства спортсменок на основе учета объективных характеристик.

2. Негативная тенденция экспертной оценки в художественной гимнастике выражается в требованиях правил соревнований, которые искусственно сдерживают развитие координационной сложности соревновательных программ; приводят к сокращению количества элементов, оцениваемых правилами соревнований; отсутствию адекватных критериев определения технической ценности. Об этом свидетельствуют:



- ограничение шкалы для оценки сложности элементов структурных групп упражнений художественной гимнастики;
- исключения из содержания вида спорта целого ряда оригинальных и зрелищных элементов;
- нивелирование ценности элементов посредством их объединения одинаковую группу сложности;
- отсутствие в правилах соревнований критериев оценки, основанных на объективных характеристиках.

3. Анализ эффективности экспертной оценки исполнительского мастерства спортсменок в художественной гимнастике последних четырёх олимпийских циклов указывает на отсутствие объективного ранжирования спортсменок согласно уровню их исполнительского мастерства. Данный факт подтверждают недостоверные различия в оценках призеров и финалистов Чемпионатов мира и Европы и наличие одинаковых экспертных оценок. Высокие показатели плотности результатов спортсменок в финале индивидуального многоборья по художественной гимнастике на Играх Олимпиад подтверждают низкое качество применяемой квалиметрии: 2004 год – 3,4%; 2008 год – 3,3%; 2012 год – 2,3%; 2016 год -3,3%.

4. Анализ содержания соревновательных программ сильнейших спортсменок олимпийского цикла 2013-2016 г.г. позволил установить, что в основе большинства композиций (85%) лежит одинаковый набор элементов (3-5) структурной группы и однотипная работа предметом. Это указывает на необходимость:

- стимулирования сложности, разнообразия и индивидуальности соревновательных программ на основе объективизации технической ценности элементов;
- дифференцированной градации всех элементов с учетом биомеханических характеристик, позволяющей без ограничений демонстрировать компоненты исполнительского мастерства.

5. Кинематическими характеристиками элементов структурных групп художественной гимнастики, позволяющими визуально дифференцировать их по сложности, являются:

1) в структурной группе «Равновесия»: межзвенные углы свободной и опорной ноги, величины длины траекторий перемещения и направления движений звеньев тела (нога, туловище, голова, руки);

2) в структурной группе «Повороты»: межзвенные углы свободной и опорной ноги, количество вращений и количество осей вращения;

3) в структурной группе «Прыжки»: межзвенные углы, определяющие форму прыжка, длины траекторий перемещений звеньев тела, наличие или отсутствие изменений в направлении движений звеньев тела в полетной фазе.

6. Динамическими характеристиками элементов структурных групп художественной гимнастики, обуславливающих их сложность, являются:

- количественные показатели максимальной амплитуды турнов электрической активности мышц, отвечающие за принятие формы;

- реципрокность мышц, обуславливающая пространственную точность фиксации поз в соответствии с двигательными задачами;

- показатели интегрированной биоэлектроактивности основных групп мышц в процессе сохранения формы в соответствии с двигательной задачей.

7. В основе технической ценности элементов структурных групп упражнений художественной гимнастики лежат логические связи биомеханических характеристик, обуславливающие сложность движений.

Корреляционный анализ позволил установить, что биомеханическими факторами, предопределяющими сложность выполнения элементов структурных групп художественной гимнастики являются:

1) в структурной группе «Равновесия»:

- площадь и характер опоры;

- длина плеча рычага отводимого звена;

- амплитуда движений в межзвенных суставах;

- количество одновременно демонстрируемых максимальных амплитуд движений или степеней свободы в межзвенных суставах;

- направление движения ноги на максимальной амплитуде;
- степень и количество одновременно активируемых мышц;
- наличие и направление наклона туловища;
- наличие наклона головы назад;
- наличие (полу) приседа на уменьшенной опоре;
- наличие асимметрии в положении звеньев тела;

2) в структурной группе «Повороты»:

- длина плеча рычага отводимого звена;
- амплитуда движений в межзвенных суставах;
- направление движения ноги;
- степень и количество одновременно активируемых мышц;
- количество одновременно демонстрируемых максимальных амплитуд

движений или степеней свободы в межзвенных суставах;

- наличие и направление наклона туловища;
- наличие наклона головы назад;
- наличие (полу)приседа;
- режим работы мышц опорной ноги в повороте (уступающий или

преодолевающий);

- степень комбинирования осей вращения;
- наличие поворота туловища в повороте;
- наличие амплитудных «переводов» свободной ноги;
- количество вращений.

3) в структурной группе «Прыжки»:

- характер отталкивания (с одной или с двух);
- длина плеча рычага маховой ноги;
- наличие или отсутствие момента инерции (без или с разбегом, без или

с наскоком);

- амплитуда движений в межзвенных суставах;

- количество одновременно демонстрируемых максимальных амплитуд движений или степеней свободы в межзвенных суставах;
- направление движения маховых звеньев тела;
- наличие смены направлений движений звеньев в без опорной фазе;
- наличие контр-движений ногами;
- наличие поворота туловища или всего тела в безопорном положении;
- необходимость глобального или многократного проявления силовых способностей;
- степень комбинирования осей вращения;
- наличие вращательного момента и его направление на приземлении.

Корреляционный анализ позволил выявить объективные факторы, ранее не учитываемые в практике оценки технической ценности элементов. Ими являются:

- направление движений звеньев тела (головы, туловища, ног);
- степень активации мышц;
- реципрокность мышц.

8. В основе проектирования таблиц технической ценности правил соревнований по художественной гимнастике лежит классификация элементов в соответствии со структурой двигательного действия, алгоритмы определения технической ценности, учитывающие биомеханические факторы сложности элементов. Логические шаги по траекториям алгоритма соответствующей структурной группы позволили классифицировать элементы по технической ценности и определить место каждого в общей иерархии сложности. Установлено, что для алгоритма каждой структурной группы существуют основные траектории определения сложности, трансформирующие и изменяющие техническую ценность элемента:

- для структурной группы «Равновесия» - 29 траекторий;
- для структурной группы «Повороты» - 37 траекторий;
- для структурной группы «Прыжки» - 35 траекторий.

Алгоритмы определения технической ценности элементов структурных групп позволили установить несоответствие между применяемыми в соответствии с действующими правилами соревнований таблицами ценности элементов и их реальной сложностью на 45%, а также разработать обоснованные матрицы технической ценности элементов, являющиеся содержательной основой объективизации таблиц правил соревнований по художественной гимнастике. На основе матриц были внесены изменения в ранжирование элементов структурных групп «Равновесия», «Повороты», «Прыжки» по технической ценности в таблицы правил соревнований FIG. Последовательное применение алгоритма, матрицы и таблицы позволяет определять техническую ценность элементов, уже выполняемых спортсменками, и проектировать новую.

9. Экспериментальная проверка эффективности применения разработанных таблиц технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики в процессе экспертной оценки соревновательных программ высококвалифицированных гимнасток доказала возможность коррекции рейтинга спортсменок и улучшения дифференцировки спортсменок, как по технической ценности элементов, так и по исполнительскому мастерству в целом.

Изменения в экспертных оценках за техническую ценность элементов составили:

- в структурной группе «Равновесия»: от + 7,7% до + 87,5%;
- в структурной группе «Повороты»: от + 12,5% до + 68,4%;
- в структурной группе «Прыжки»: от – 22% до +11,1%.

Плотность экспертных оценок за исполнительское мастерство в отдельных видах многоборья уменьшилась:

- в упражнении с обручем: на 2,0 %;
- в упражнении с мячом: на 1,4 %;
- в упражнении с булавами: на 1,0%;
- в упражнении с лентой: на 2,1%.

Соревновательный рейтинг спортсменок высокой квалификации изменился на 62,5%-87,5% (различия достоверны,  $p \leq 0,05$ ). Разница между сильнейшей гимнасткой в виде многоборья и серебряным призером увеличилась с 0 - 0,6 балла до 0,4 - 0,915 балла. Данный факт указывал на объективизацию экспертной оценки исполнительского мастерства на основе применения научно-обоснованного подхода к определению технической ценности элементов структурных групп художественной гимнастики и верность сформулированной рабочей гипотезы.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Современные композиции в своей основе должны иметь не только сложные, но и разнообразные движения. В связи с этим для создания высокохудожественных композиций видов многоборья, отвечающих современным требованиям художественной гимнастики, высококвалифицированным гимнасткам необходимо владеть и использовать широкий арсенал элементов структурных групп данного вида спорта. Такой подход к конструированию соревновательных композиций позволит решать задачу демонстрации двигательной индивидуальности каждой гимнастки, и предоставит возможность судьям дифференцировать спортсменок по уровню их исполнительского мастерства.

2. Решение задачи дифференцировки спортсменок по уровню исполнительского мастерства должно быть основано на всеобъемлющей, качественной и объективной оценке сложности выполняемых упражнений, представляющей собой суммарную техническую ценность определенного гимнасткой и тренером набора элементов.

3. Выбор элементов структурных групп художественной гимнастики для создания соревновательной программы должен быть обусловлен только возможностями гимнастки, видом многоборья и создаваемым двигательным

образом. Любые другие ограничения, в том числе таблицами технической ценности правил соревнований, сдерживают развитие, как каждой в отдельности спортсменки, так и вида спорта в целом.

4. Судьям, приступая к оценке исполнительского мастерства, очень важно дифференцировать понятия «сложность» и «трудность» элементов художественной гимнастики, так как именно точность формулировок предопределяет предмет, направленность и качество экспертизы. Учитывая, что «сложность» – это независимая биомеханическая характеристика элемента, которая объективно отражает его принципиальные свойства, независимые от исполнителя, «трудность», как субъективная, относительная характеристика, определяющая отношение сложности элемента к уровню готовности исполнителя, не может влиять и определять оценку технической ценности соревновательной композиции спортсменки.

5. Уровень технической ценности соревновательных композиций гимнасток является объектом деятельности экспертов, качественными критериями которой должны являться неизменные и независимые характеристики, демонстрируемые абсолютно всеми спортсменками, и определяющими сложность упражнений.

6. Применяемая экспертиза мастерства спортсменки должна базироваться, прежде всего, на сопоставлении визуального восприятия внешних параметров движений и виртуальной модели требуемого правилами соревнований исполнения. При этом проблему объективности оценки можно решить не столько за счет оптимизации процедуры переработки получаемой информации, сколько предоставлением экспертам возможности производить адекватную оценку сложности элементов структурных групп, имеющих научно-обоснованную техническую ценность и обозначенных в таблице правил соревнований художественной гимнастики.

7. Ориентиром и руководством в определении технической ценности всех существующих и не существующих элементов структурных групп художественной гимнастики должны быть объективные биомеханические закономерности, обуславливающие факторы их сложности. Их знание и учет

позволяют не только скорректировать основной фонд оценочных средств судьи (таблицы правил соревнований), но и вооружить эксперта инструментом предвидения, прогнозирования и готовности к оценке сложности, оригинальности и виртуозности будущих соревновательных программ художественной гимнастики.

8. Технология экспертизы исполнительского мастерства, базирующаяся на применении существующей таблицы ценности элементов правил соревнований, должна быть скорректирована с учетом научно-обоснованной информации, раскрывающей специфику техники выполнения элементов и факторов их сложности.

В таблицы технической ценности правил соревнований рекомендуется внести следующие изменения относительно сложности каждой из структурных групп упражнений художественной гимнастики.

#### 8.1 Структурная группа «Равновесия»

Техническая ценность каждого равновесия художественной гимнастики должна быть производной, полученной на основе учета следующих факторов: площадь опоры; длина рычага отводимой ноги; величина угла отведения ноги; наличие комбинирования амплитудных движений; направление отведения ног; интегрированная биоэлектроактивность мышц; наличие, направление и амплитуда наклона туловища; наличие наклона головы назад; наличие опоры на согнутой ноге; наличие асимметрии в положении частей тела.

#### 8.2 Структурная группа «Повороты»

Техническая ценность каждого поворота художественной гимнастики должна быть производной, полученной на основе учета следующих факторов: площадь опоры; рычаг отводимой ноги; угол отведения ноги; направление отведения ноги; интегрированная биоэлектроактивность мышц; наличие, направление и амплитуда наклона туловища; наличие наклона головы назад; наличие согнутой опорной ноги; наличие изменений форме тела; наличие контр-вращения в повороте; наличие подъема или приседания повороте; наличие комбинирования осей вращения.



### 8.3 Структурная группа «Прыжки»

Техническая ценность каждого прыжка художественной гимнастики должна быть производной, полученной на основе учета следующих факторов: наличие разбега; способ отталкивания; длина рычага отведенной(ых) ног(и); угол отведения ног(и); широта локализации и комбинирование амплитуд движений; количество степеней свободы в одном суставе (ах); направление движений ног(и) или туловища; наличие смены направления движения ноги или контр-движение ногами; наличие поворота туловища или всего тела; интегрированная биоэлектроактивность мышц; вращательный момент и его направление на приземлении; способ приземления.

9. Разработанные алгоритмы определения сложности элементов структурных групп художественной гимнастики должны быть положены в основу проектирования спортивной многолетней подготовки спортсменок. Их рекомендуется учитывать при определении индивидуальных траекторий технической подготовки гимнасток.

10. Системный подход к анализу сложности элементов структурных групп художественной гимнастики с применением современных аппаратных методик, впервые апробированный в диссертационном исследовании, может быть использован в других технико-эстетических видах спорта не только с целью определения технической ценности применяемых соревновательных упражнений, но и для проверки эффективности двигательных действий спортсменов.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертационной работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

Сложность – объективная характеристика упражнения, которая отражает его принципиальные свойства, не зависящие от исполнителя.

Трудность – субъективная характеристика, которая может быть определена как отношение сложности элемента к уровню готовности исполнителя.

Поверхностная электромиография – регистрация и анализ потенциалов действия, возникающих в скелетных мышцах при различных типах мышечных сокращений посредством наложения накожных электродов в состоянии покоя.

Амплитуда турна электрической активности мышц – величина мембранного потенциала действия от максимального негативного пика до максимального позитивного пика (мкВ, мВ).

Частота турна электрической активности мышц – количество мембранных потенциалов действия в единицу времени (мВ/с).

Коэффициент реципрокности мышц – отношение мышц системы «агонист – антагонист», выраженное в процентах.

Средняя скорость перемещения центра давления (мм/с) - среднее амплитудное значение скорости перемещения центра давления в процессе выполнения равновесия.

Среднее направление колебаний (мм) - основное направление колебаний тела испытуемой.

Площадь эллипса ( $S_{\text{элл}}$ , мм<sup>2</sup>) - это основная часть площади, занимаемой стабилотаммой без петель и случайных выбросов, характеризующая рабочую площадь опоры испытуемой.

Оценка движения (OD, рад/с) - показатель, характеризующий степень контроля устойчивости испытуемой.

Коэффициент кривизны (рад/мм) - Чем круче повороты описывает траектория ЦД испытуемой, имеются тремороподобные колебания, тем больше были значения этого показателя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверкович, Э.П. Композиция упражнений в художественной гимнастике : методические рекомендации / Э.П. Аверкович. – Москва : НИДВНИИФК, 1989. – 23 с.
2. Авсенеv, Е.В. Ошибки гимнастов и судей / Е.В. Авсенеv // Гимнастика. – 1982. – № 1. – С. 62–63.
3. Андреев, Ю.М. Двигательная деятельность как объект системного анализа теории физической культуры / Ю.М. Андреев // Теория и практика физической культуры. – 1978. – № 11. – С. 52–56.
4. Анохин, П.К. Очерки по физиологии функциональных систем / П.К. Анохин ; АМН СССР. – Москва : Медицина, 1975. – 447 с. : ил., портр.
5. Анохин, П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы / П.К. Анохин. – Москва : Наука, 1980. – 197 с.
6. Аркаев, Л.Я. Интегральная подготовка гимнастов (на примере сборной команды страны) : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Аркаев Леонид Яковлевич. – Санкт-Петербург, 1994. – 43 с.
7. Аркаев, Л.Я. Как готовить чемпионов / Л.Я. Аркаев, Н.Г. Сучилин. – Москва : Физкультура и спорт, 2004. – 350 с.
8. Аркаев, Л.Я. Методологические основы современной подготовки гимнастов высшего класса / Л.Я. Аркаев, Н.Г. Сучилин // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 11. – С. 17–26.
9. Артемьева, Ж.С. Начальное обучение упражнениям без предмета в художественной гимнастике : учебно-методическое пособие / Ж.С. Артемьева ; Нац. гос. ун-т физ. культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург : [б.и.], 2008. – 77 с. – Библиогр.: с. 42–46.
10. Артемьева, Ж.С. Соревновательная надежность в художественной гимнастике / Ж.С. Артемьева ; С.-Петерб. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта // Проблемы физкультурно-спортивной деятельности и подготовки физкультурных кадров : сб. науч. тр. каф. педагогики. Вып. 5 / Под ред. М.В.

Прохоровой ; С.-Петербур. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф.Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2002. – С. 14–21.

11. Архипова, Ю.А. Базовая подготовка юных гимнасток в упражнениях с предметами : дис. ... канд. пед. наук / Ю.А. Архипова ; С.-Петербур. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 1998. – 169 с.

12. Архипова, Ю.А. О проявлении специализированных восприятий «чувства предмета» в художественной гимнастике / Ю.А. Архипова // Гимнастика : сб. науч. тр. Вып. VI / С.-Петербур. гос. ун-т физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2008. – С. 65–68.

13. Ашмарин, Б.А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании / Б.А. Ашмарин. – Москва : Физкультура и спорт, 1978. – 223 с.

14. Базаров, В.Г. Рефлекторные взаимосвязи вестибулярного анализатора с сенсорными системами и возможности их применения / В.Г. Базаров // Актуальные вопросы клинической лабиринтологии : тез. докл. – Киев, 1987. – С. 3–4.

15. Бакулина, Е.Д. Взаимосвязь изменений правил соревнований и исполнения элементов в композициях художественной гимнастики : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Е.Д. Бакулина. – Москва, 2006. – 22 с.

16. Бакулина, Е.Д. Правила судейства соревнований и критерии мастерства в процессе формирования и развития художественной гимнастики / Е.Д. Бакулина // Вестник спортивной науки. – 2006. – № 4. – С. 62–64.

17. Баландин, В.И. Прогнозирование в спорте / В.И. Баландин, Ю.М. Блудов, В.А. Плахтиенко. – Москва : Физкультура и спорт, 1986. – 191 с.

18. Батуев, А.С. Центральные механизмы сенсорной организации движений / А.С. Батуев // Сенсорная организация движений. – Ленинград : Наука, 1975. – С. 23–31.

19. Беркинблит, М.Б. Двигательные задачи и работа параллельных программ / М.Б. Беркинблит, И.М. Гельфанд, А.Г. Фельдман //

Интеллектуальные процессы и их моделирование. Организация движения : сб. науч. тр. – Москва : Наука, 1991. – С. 37–54.

20. Бернштейн, Н.А. Биомеханика и физиология движений : избранные психологические труды / Н.А. Бернштейн ; Рос. акад. образования ; Моск. психол.-соц. ин-т ; под ред. В.П. Зинченко. – 2-е изд. – Москва ; Воронеж : МПСИ : НПО МОДЭК, 2004. – 687 с. : ил.

21. Бернштейн, Н.А. Избранные труды по биомеханике и кибернетике : учебное пособие для студентов высших и средних специальных учебных заведений / Н.А. Бернштейн. – Москва : СпортАкадемПресс, 2001. – 295 с.

22. Бернштейн, Н.А. О построении движений / Н.А. Бернштейн. – Москва : Медгиз, 1947. – 254 с.

23. Бернштейн, Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности / Н.А. Берштейн. – Москва : Медицина, 1966. – 349 с.

24. Бернштейн, Н.А. Физиология движений и активности / Н.А. Бернштейн. – Москва : Медицина, 1990. – 396 с.

25. Берталанфи, Л. Общая теория систем – обзор проблем и результатов / Л. Берталанфи // Системные исследования. – Москва : Наука, 1969. – С. 7–29.

26. Биленко, А.Г. Биомеханика вертикальной устойчивости и оценка ее в спорте : автореф. дис. ... канд. пед. наук / А.Г. Биленко. – Майкоп, 2008. – 24 с.

27. Биленко, А.Г. Основы спортивной метрологии : учебное пособие / А.Г. Биленко, Л.П. Говорков ; С.-Петербург. гос. ун-т физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2005. – 138 с.

28. Бирин, В.Б. Основы физиологии человека : учебник для вузов : в 2-х т. Т. 1 / В.Б. Бирин ; под ред. Б.И. Ткаченко. - Санкт-Петербург : Междунар. фонд истории науки, 1994. – 567 с. : ил.

29. Бирюк, Е.В. Педагогические аспекты возникновения художественной гимнастики как специфической системы физического воспитания / Е.В. Бирюк, Н.А. Овчинникова. – Киев : КГИФК, 1990. – 29 с.

30. Бирюк, Е.В. Педагогические перспективы достижения надежности исполнения программ в художественной гимнастике / Е.В. Бирюк, Н.А. Овчинникова. – Москва : Просвещение, 1990. – 287 с.

31. Бирюк, Е.В. Характеристика динамического равновесия у спортсменок, занимающихся художественной гимнастикой / Е.В. Бирюк, В.Н. Болобан // Теория и практика физической культуры. – 1972. – № 6. – С. 17–21.

32. Блауберг, И.В. Становление и сущность системного подхода / И.В. Блауберг, Э.Г. Юдин. – Москва : Наука, 1973. – 270 с.

33. Бойко, Е.И. Время реакции человека / Е.И. Бойко. – Москва : Медицина, 1964. – 439 с.

34. Болобан, В.Н. Система обучения движениям в сложных условиях поддержания статодинамической устойчивости : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / В.Н. Болобан. – Киев, 1990. – 45 с.

35. Бордовская, Н.В. Диалектика педагогического исследования: логико-методологические проблемы / Н.В. Бордовская. – Санкт-Петербург : РХГИ, 2001. – 512 с.

36. Борзенков, В.Г. Методологические основания комплексного изучения человека / В.Г. Борзенков, Н.Н. Авдеева, И.И. Ашмарин // Многомерный образ человека: Комплекс междисциплинарных исследований человека. – Москва : Наука, 2001. – С. 17–31.

37. Борисенко, С.И. Повышение исполнительского мастерства гимнасток на основе совершенствования хореографической подготовки : автореф. дис. ... канд. пед. наук / С.И. Борисенко. – Санкт-Петербург, 2000. – 21 с.

38. Борисенко, С.И. Совершенствование исполнительского мастерства гимнасток / С.И. Борисенко // Гимнастический мир Санкт-Петербурга. – 2004. – № 6. – С. 20.

39. Ботяев, В.Л. Взаимосвязь координационных способностей с показателями технического мастерства в гимнастике на различных этапах спортивной тренировки (на примере спортивной и художественной

гимнастики) / В.Л. Ботяев // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 11. – С. 71–75.

40. Бочаров, А.Ф. Биомеханика : учебное пособие / А.Ф. Бочаров, Г.П. Иванова, В.П. Муравьев ; С.-Петербург. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург : [б.и.], 2000. – 75 с.

41. Брыкин, А. Подготовка судей по гимнастике / А. Брыкин, Ю. Ипполитов, В. Кологномос. – Москва : Физкультура и спорт, 1963. – 190 с.

42. Брэтэз, К. Устойчивость равновесия тела человека : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / К. Брэтэз. – Киев, 1997. – 41 с.

43. Бучацкая, И.Н. Особенности регуляции биоэлектрической активности мышц при выполнении движений разной координационной сложности : автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.Н. Бучацкая. – Ярославль, 2005. – 18 с.

44. Васильков, А.А. Теория и методика спорта : учебник / А.А. Васильков. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. – 379 с.

45. Вашила, В.В. Влияние вращательных нагрузок на состояние и взаимоотношение некоторых вегетативных и соматических функций у детей 4-13 лет : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В.В. Вашила. – Вильнюс, 1970. – 25 с.

46. Верхошанский, Ю.В. Влияние силовых нагрузок на организм / Ю.В. Верхошанский. – Москва : Физкультура и спорт, 1989. – 264 с.

47. Верхошанский, Ю.В. На пути к научной теории и методологии спортивной тренировки / Ю.В. Верхошанский // Теория и практика физической культуры. – 1998. – № 2. – С. 21–26; 39–42.

48. Верхошанский, Ю.В. Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю.В. Верхошанский. – Москва : Физкультура и спорт, 1988. – 331 с.

49. Верхошанский, Ю.В. Теория и методология спортивной подготовки: блоковая система тренировки спортсменов высокого класса / Ю.В.

Верхошанский // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 4. – С. 2–4.

50. Вершинина, Л.П. Системный анализ для гуманитариев : учебное пособие / Л.П. Вершинина. – Санкт-Петербург : СПбГУКИ, 2007. – С. 23.

51. Ветошкина, Э.В. Совершенствование технического мастерства в прыжковых упражнениях художественной гимнастики : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Э.В. Ветошкина ; ГЦОЛИФК. – Москва, 1981. – 23 с.

52. Винер, И.А. К вопросу об экспертной оценке исполнительского мастерства в художественной гимнастике / И.А. Винер // Материалы научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Л.П. Орлова. – Санкт-Петербург, 2001. – С. 102–104.

53. Винер, И.А. Подготовка высококвалифицированных спортсменок в художественной гимнастике : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / И.А. Винер. – Санкт-Петербург, 2003. – 120 с.

54. Винер, И.А. Система, определяющая соотношение сил в художественной гимнастике на мировом уровне / И.А. Винер, Р.Н. Терехина // Ученые записки ун-та имени П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 4 (62). – С. 15–18.

55. Винер-Усманова, И.А. Интегральная подготовка в художественной гимнастике : дис. ... д-ра пед. наук / И.А. Винер-Усманова. – Санкт-Петербург, 2013. – 205 с.

56. Воронов, А.И. Основы координационной подготовки спортсменов / А.И. Воронов, М.Я. Годик, А.М. Пидоря. – Омск : РИО, 1992. – 76 с.

57. Выдрин, В.М. Теория физической культуры: (Культуроведческий аспект) : учебное пособие / В.М. Выдрин. – Ленинград : [б. и.], 1988. – 43 с.

58. Гавердовский, Ю.К. Адаптация обучающего упражнения в гимнастике / Ю.К. Гавердовский, В.И. Мамзин // Актуальные проблемы физической культуры и спорта : тез. докл. обл. науч.-практ. конф. – Волгоград, 1996. – С. 56.



59. Гавердовский, Ю.К. Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика, методология, дидактика / Ю.К. Гавердовский. – Москва : Физкультура и спорт, 2007. – 930 с.

60. Гавердовский, Ю.К. Сложные гимнастические упражнения и обучение им : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Ю.К. Гавердовский. – Москва, 1986. – 33 с.

61. Гавердовский, Ю.К. Техника гимнастических упражнений : популярное учебное пособие / Ю.К. Гавердовский. – Москва : Terra-Спорт, 2002. – 512 с.

62. Газеев, А.А. Соотношение латентных периодов и параметров моторной фазы ответа в разных условиях осуществления простой двигательной реакции : автореф. дис. ... канд. пед. наук / А.А. Газеев. – Москва, 1983. – 21 с.

63. Герасимова, Л.И. Возрастные особенности турн амплитудных характеристик электромиограммы при дозированном изометрическом сокращении / Л.И. Герасимова, Т.В. Варламова, Е.Г. Антонен // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 3. – С. 119–125.

64. Голомазов, С.В. Точность двигательных действий человека / С.В. Голомазов ; Гос. центр. ордена Ленина ин-т физ. культуры. – Москва, 1989. – 16 с.

65. Городничев, Р.М. Спортивная электронейромиография / Р.М. Городничев. – Великие Луки : ВЛГАФК, 2005. – 230 с.

66. Городничева, Л.Р. Особенности биоэлектрической активности мышц у лиц, адаптированных к сложнокоординированной двигательной деятельности : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Л.Р. Городничева. – Санкт-Петербург, 2005. – 18 с.

67. Григорьев, Ю.Г. Вестибулярные реакции (Методы исследования и влияния различных факторов внешней среды) / Ю.Г. Григорьев, Ю.В. Фарбер, Н.А. Волохова. – Москва : Медицина, 1970. – 196 с.

68. Губа, В.П. Основы спортивной подготовки: методы оценки и прогнозирования (морфобиомеханический поход) / В.П. Губа. – Москва : Советский спорт, 2011. – 384 с.

69. Гугин, А.А. Совершенствование функции равновесия / А.А. Гугин // Физическая культура в школе. – 2000. – № 1. – С. 43–45.

70. Гурфинкель, В.С. Регуляция позы человека / В.С. Гурфинкель, Я.М. Коц, М.Л. Шик ; АН СССР ; Ин-т биол. физики. – Москва : Наука, 1965. – 256 с.

71. Гурфинкель, В.С. Концепция схемы тела и моторный контроль. Схема тела в управлении позными автоматизмами / В.С. Гурфинкель, Ю.С. Левик, М.А. Лебедев // Интеллектуальные процессы и их моделирование. Пространственно-временная организация / под ред. А.В. Чернавского. – Москва, 1991. – С. 24–53.

72. Гурфинкель, В.С. Система внутреннего представления и управление движениями / В.С. Гурфинкель, Ю.С. Левик // Вестник РАН. – 1995. – Т. 65, № 1. – С. 29–32.

73. Гурфинкель, В.С. Физиология двигательной системы / Д.С. Гурфинкель // Успехи физиологических наук. – 1994. – № 2. – Т. 25. – С. 83–88.

74. Данилова, Н.Н. Психофизиология : учебник для вузов / Н.Н. Данилова. – Москва : АспектПресс, 2000. – 373 с.

75. Двейрина, О.А. Развитие и взаимодействие координационных способностей спортсмена / О.А. Двейрина // Спорт и здоровье. Первый междунар. науч. конгресс : матер. конгресса / С.-Петербур. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2003. – Т. 1. – С. 34–35.

76. Дмитриев, С.В. Двигательное действие спортсмена как предмет обучения и технологического моделирования в деятельности педагога-тренера : методическое пособие для инструкторов по физической культуре и спорту / С.В. Дмитриев. – Нижний Новгород, 1992. – 131 с.

77. Донской, Д.Д. Биомеханика физических упражнений / Д.Д. Донской. – 2-е изд. – Москва : Физкультура и спорт, 1960. – 20 с.
78. Донской, Д.Д. Двигательная задача в спортивных действиях / Д.Д. Донской, С.В. Дмитриев // Теория и практика физической культуры. – 1994. – № 11. – С. 40–43.
79. Донской, Д.Д. Сохранение и изменение положения тела / Д.Д. Донской, В.М. Зациорский // Биомеханика : учебник для ин-тов физ. культуры. – Москва, 1979. – С. 154–172.
80. Донской, Д.Д. Теория строения движения / Д.Д. Донской // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 3. – С. 9–13.
81. Доценко, В.И. О новых направлениях инструментальной неврологической диагностики / В.И. Доценко, В.И. Усачев // Неврология : медлайн-экспресс. – 2008. – № 1 (195). – С 61–65.
82. Доценко, В.И. Об актуальности и ведущих аспектах исследования позной регуляции методом компьютерной статокинезиметрии (стабилометрии) в клинической практике / В.И. Доценко // Поликлиника. – 2008. – № 2. – С. 37–39.
83. Дьячков, В.М. Совершенствование технического мастерства спортсменов. Педагогические проблемы управления / В.М. Дьячков. – Москва : Физкультура и спорт, 1972. – 231 с.
84. Евланов, А.В. Экспертные оценки в управлении / А.В. Евланов, В.А. Кутузов. – Москва : Экономика, 1978. – 120 с.
85. Железняк, Ю.Д. Основы научно-методической деятельности в физической культуре и спорте: учеб. пособие для студ. высш. пед. учебн. завед. / Ю.Д. Железняк, П.К. Петров. – М.: Академия, 2002. – 264 с.
86. Жмарев, Н.В. Системный подход и целевое управление в спорте / Н.В. Жмарев. – Киев : Здоров'я, 1984. – 143 с.
87. Журавин, М.Л. Методические рекомендации по организации работы секретариата на соревнованиях по спортивной гимнастике / М.Л. Журавин ; ЛГПИ. – Ленинград, 1978. – 55 с.

88. Зайцев, А.А. Теория и практика тренировки устойчивости человека к укачиванию : монография / Ф.Ф. Зайцев. – Калининград : КГТУ, 1999. – 118 с.

89. Зациорский, В.М. Биомеханические аспекты сохранения равновесия человеком при внешних возмущающих воздействиях : методические рекомендации для студентов ГЦОЛИФК / В.М. Зациорский, Б.И. Прилуцкий. – Москва : ГЦОЛИФК, 1984. – 49 с.

90. Земсков, Е.А. Основы методики судейства соревнований по гимнастике : методическая разработка для студентов ГЦОЛИФКа / Е.А. Земсков, Е.С. Белов, Т.В. Козеева. – Москва : [б.и.], 1990. – 45 с.

91. Зенков, Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней : руководство для врачей / Л.Р. Зенков, М.А. Ронкин. – Москва : МЕДпресс-информ, 2004. – 488 с.

92. Зимкин, Ю.В. Физиология высшей нервной деятельности и анализаторов : лекции для слушателей ин-тов / Ю.В. Зимкин, Я.Б. Лехтман, А.И. Яроцкий ; под ред. Зимкина Н.В. – Ленинград, 1953. – 160 с.

93. Иванов, К.М. Классификация, нумерация и оценка трудности опорных прыжков мужчин и женщин (к проекту международных правил судейства по спортивной гимнастике) : [монография] / К.М. Иванов ; С.-Петербург. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф.Лесгафта. – Санкт-Петербург : [б.и.], 1998. – 85 с. : ил. – ISBN 5-7065-416-4.

94. Ипполитов, Ю.И. Судейство соревнований по гимнастике / Ю.И. Ипполитов, В. Кологномос. – Москва : Физкультура и спорт, 1972. – 272 с.

95. Кабаева, А.М. Артистичность и музыка в художественной гимнастике / А.М. Кабаева // Гимнастика : сб. науч. тр. / Нац. гос. ун-т физ. культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2011. – Вып. X. – С. 52–54.

96. Кабаева, А.М. Эстетический компонент соревновательных программ гимнастов / А.М. Кабаева, М.А. Плеханова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2009. – № 4 (50). – С. 54–57.

97. Каган, М.С. Человеческая деятельность : (Опыт системного анализа) / М.С. Каган. – Москва : Политиздат, 1974. – 328 с.

98. Каль, М. Воспитание функции равновесия / М. Каль // Теория и практика физической культуры. – 2005. – № 3. – С. 62–63.

99. Каменская, В.Г. Характеристика функционального состояния мозга по корреляционным связям параметров медленных потенциалов при решении сенсомоторных задач / В.Г. Каменская, Л.В. Томанов, Н.И. Несмелова // Программирующая деятельность мозга человека : межвуз. сб. / Под ред. А.С. Батуева, В.А. Дорошенко. – Санкт-Петербург, 1992. – Вып. 31. – С. 96–107.

100. Карпенко, Л.А. Компоненты спортивного мастерства и ос новы обучения упражнениям художественной гимнастики : учебно-методическое пособие / Л.А. Карпенко ; С.-Петерб. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург : [б.и.], 2002. – 40 с.

101. Карпенко, Л.А. О выразительности, артистизме и эмоциональности в гимнастике / Л.А. Карпенко, О.Г. Румба // Термины и понятия в сфере физической культуры / С.-Петерб. гос. ун-т физ. культуры им. П.Ф.Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2007. – С.104–105.

102. Карпенко, Л.А. Основы спортивной подготовки в художественной гимнастике : учебное пособие / Л.А. Карпенко ; С.-Петерб. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург : [б.и.], 2000. – 40 с.

103. Карпенко, Л.А. Сравнительный анализ сложности соревновательных композиций гимнасток России и зарубежных стран / Л.А. Карпенко, Е.Г. Груздева // Гимнастика : сб. науч. тр. / Нац. гос. ун-т физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2009. – Вып. VII. – С. 36–41.

104. Келлер, В.С. Система спортивных соревнований и соревнова- тельная деятельность спортсменов / В.С. Келлер // Теория спорта : учебник для ин-тов физ. культуры / под общ. ред. В.Н. Платонова. – Киев : Выща школа, 1987. – С. 66–101.

105. Ким, Дзи Хи. Модельные характеристики трудности индивидуальных композиций как фактор планирования технической подготовленности в художественной гимнастике : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Ким Дзи Хи ; Рос. гос. акад. физ. культура. – Москва, 1997. – 23 с.

106. Ким, Н.В. Подготовка высококвалифицированных судей по спортивной гимнастике : дис. ... канд. пед. наук / Н.В. Ким. – Санкт-Петербург, 2011. – 125 с.

107. Ким, Н.В. Совершенствование подготовки судей по спортивной гимнастике / Н.В. Ким // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2011. – № 10 (80). – С. 121–125.

108. Кирьяланис, П. Реакция сердечно-сосудистой системы на раздражение вестибулярного аппарата у представителей спортивной гимнастики / П. Кирьяланис, К. Лапаридис, Н. Сафиадис // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 6. – С. 20–24.

109. Кичайкина, Н.Б. Биомеханика физических упражнений : учебное пособие / И. Козлов, Я. Коблев, А. Самсонова. – Майкоп : Изд-во Адыгейского гос. ун-та, 2000. – С. 4–5, 41–42.

110. Козлов, И.М. Программирование и время реакции в биомеханической структуре двигательного действия / И.М. Козлов, Н.А. Орлова // Человек в мире спорта : Тез. докл. Междунар. конгр. – Москва, 1998. – С. 26–27.

111. Команцев, В.Н. Методические основы клинической электронеромиографии : руководство для врачей / В.Н. Команцев, В.А. Заболотных. – Санкт-Петербург : Лань, 2001. – 218 с.

112. Коренберг, В.Б. Двигательные задачи в гимнастике и их решение / В.Б. Коренберг. – Малаховка, 1983. – 55 с.

113. Коренберг, В.Б. Объективизация оценок: реальность и иллюзии / В.Б. Коренберг // Гимнастика. – 1981. – Вып. 1. – С. 61–64.

114. Коренберг, В.Б. Основы качественного биомеханического анализа / В.Б. Коренберг. – Москва : Физкультура и спорт, 1979. – 208 с.

115. Коренев, Г.В. Цель и приспособляемость движения / Г.В. Коренев. – Москва : Наука, 1974. – 528 с.

116. Коряк, Ю.А. Функциональные свойства нервно-мышечного аппарата у спортсменов разных специализаций / Ю.А. Коряк // Физиология человека. – 1993. – Т. 19, № 5. – С. 95–104.

117. Котикова, Е.А. Стойки / Е.А. Котикова // Биомеханика физических упражнений / Под ред. Е.А. Котиковой. – Москва : Физкультура и спорт, 1993. – С. 67–72.

118. Коханович, К. Контроль за функцией вестибулярного аппарата гимнастов детского возраста / К. Коханович // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 1998. – № 1. – С. 55.

119. Коц, Я.М. Композиция мышц и размеры мышечных волокон у бегунов на средние дистанции и не спортсменов / Я.М. Коц, С.А. Кузнецова, Б.С. Шейман // Научно-спортивный вестник. – 1990. – № 2. – С. 23–25.

120. Коц, Я.М. Организация произвольного движения / Я.М. Коц. Москва : Наука, 1975. – 248 с.

121. Красников, А.А. Проблемы общей теории спортивных соревнований : монография / А.А. Красников. – Москва : СпортАкадемПресс, 2003. – 324 с.

122. Креативный коучинг в художественной гимнастике : учебное пособие / В.И. Григорьев, Е.И. Логунова, М.А. Поплавская, Е.А. Смирнова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "С.-Петерб. гос. экономический ун-т", Каф. физ. воспитания. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГЭУ, 2014. – 144 с. : ил. – Библиогр.: с. 133–137.

123. Крестовников, А.Н. Очерки по физиологии физических упражнений / А.Н. Крестовников. – Москва : Физкультура и спорт, 1951. – 532 с.

124. Курамшин, Ю.Ф. Акмеология спортивных достижений: теоретические и прикладные аспекты / Ю.Ф. Курамшин. – Санкт-Петербург, 2002. – 80 с.

125. Курамшин, Ю.Ф. Высшие спортивные достижения как объект системного анализа : монография / Ю.Ф. Курамшин. – Санкт-Петербург : [Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена], 2002. – 147 с.

126. Курамшин, Ю.Ф. Спортивная рекордология: теория, методология, практика / Ю.Ф. Курамшин. – Москва : Советский спорт, 2005. – 408 с.

127. Курьеров, Н.А. О профильных движениях при обучении упражнениям на гимнастических снарядах / Н.А. Курьеров // Теория и практика физической культуры. – 1971. – № 12. – С. 23–26.

128. Лазаренко, Т.П. Количественная оценка качественных показателей прыжковой подготовленности в художественной гимнастике : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Т.П. Лазаренко. – Москва, 1991. – 23 с.

129. Лапутин, А.Н. Олимпийскому спорту – высокие технологии / А.Н. Лапутин, В.И. Боровик. – Киев : Знания, 1999. – 164 с.

130. Лисицкая, Т.С. Управление тренировочными нагрузками соревновательного периода гимнасток высокой спортивной квалификации в художественной гимнастике : методические разработки для специализ. по художественной гимнастике / Т.С. Лисицкая, Н.И. Царькова. – Москва : ГЦОЛИФК, 1981. – 28 с.

131. Лопаткина, Ю.Г. Критерии оценки и пути повышения надежности соревновательной деятельности акробатов высокой квалификации : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Ю.Г. Лопаткина. – Краснодар, 2005. – 27 с.

132. Лях, В.И. Важнейшие для различных видов спорта координационные способности и их значимость в техническом и технико-тактическом совершенствовании / В.И. Лях // Теория и практика физической культуры. – 1988. – № 2. – С. 56–59.

133. Макарова, Г.Я. Исследование путей повышения эффективности прыжков в художественной гимнастике : автореф. дис. ... канд. пед. наук /



Г.Я. Макарова ; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т физ. культуры. – Москва, 1976. – 27 с.

134. Мамзин, В.И. Базовые упражнения – основа технической подготовки гимнастов / В.И. Мамзин. – Волгоград, 1992. – С. 20–27.

135. Марченко, Ю.П. Анализ и синтез композиционной последовательности гимнастических упражнений / Ю.П. Марченко, О.А. Омелянчик, Л.Н. Шлепаков // Труды межд. науч. конгресса «Современный олимпийский спорт». – Киев : Олимпийская литература, 1997. – С. 270–271.

136. Марченко, Ю.П. Информационная оценка композиционного построения гимнастических упражнений / Ю.П. Марченко, О.А. Омелянчик, Л.Н. Шлепаков // Наука в олимпийском спорте. – 2002. – № 1. – С. 17–22.

137. Матвеев, Л.П. К теории построения спортивной тренировки / Л.П. Матвеев // Теория и практика физической культуры. – 1991. – № 12. – С. 11–21.

138. Матвеев, Л.П. Общая теория спорта : учебник для завершающих уровней высшего физкультурного образования / Л.П. Матвеев. – Москва : [4-й фил. Воениздата], 1997. – 304 с.

139. Матвеев, Л.П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов / Л.П. Матвеев. – Киев : Олимпийская литература, 1999. – 318 с.

140. Матвеев, Л.П. Основы спортивной тренировки / Л.П. Матвеев. – Москва : Физкультура и спорт, 1977. – 280 с.

141. Матвеев, Л.П. Теория и методика физической культуры : учебник для институтов физической культуры / Л.П. Матвеев. – Москва : Физкультура и спорт, 1991. – 542 с.

142. Медведев, В.Г. Интегративный подход к изучению и оценке технического мастерства спортсменов : автореф. дис. ... канд. пед. наук / В.Г. Медведев. – Москва, 2013. – 25 с.

143. Медведева, Е.Н. Коррекция нагрузок в ударном микроцикле на основе оперативного контроля функционального состояния гимнасток высокой квалификации / Е.Н. Медведева, Р.Н. Терехина, Т.К. Сахарнова, А.С.

Мальнева, М.В. Петракова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 8 (114). – С. 132–137.

144. Медведева, Е.Н. Особенности внутримышечной деятельности фехтовальщиков-рапиристов при выполнении технических приёмов / Е.Н. Медведева, Г.Б. Шустиков, А.В. Деев, А.М. Пухов // Учёные записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2014. – № 1(107). – С. 109–114.

145. Медведева, Е.Н. Факторы, предопределяющие синхронность исполнения прыжков в групповых упражнениях художественной гимнастики / Е.Н. Медведева, Е.С. Крючек, А.М. Пухов, А.А. Супрун, Н.Е. Чепаква // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2014. – № 5 (111). – С. 102–106.

146. Менхин, А.В. Особенности проявления скоростно-силовых способностей юными гимнастками и акробатками / А.В. Менхин, Е.К. Савенкова // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2005. – № 2. – С. 28.

147. Менхин, Ю.В. Физическая подготовка к высшим достижениям в видах спорта со сложной координацией действий : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Ю.В. Менхин. – Москва, 1990. – 48 с.

148. Менхин, Ю.В. Физическая подготовка спортсмена (методологические основы) : учебное пособие / Ю.В. Менхин. – Москва : МГАФК, Малаховка, 1997. – 85 с.

149. Механизмы управления мышечной активностью : Норма и патология / [М.А. Айзерман, Е.А. Андреева, Э.И. Кандель, Л.А. Тененбаум] ; АН СССР. М-во приборостроения, средств автоматизации и систем управления. Ин-т проблем управления. – Москва : Наука, 1974. – 166 с. : ил. – Список лит.: с. 162–164 (65 назв.).

150. Моисеев, С.А. Влияние напряженной мышечной деятельности на характеристики сложнокоординационного двигательного действия / С.А. Моисеев, Р.Ж. Городничев // Вестник Тверского государственного ун-та. Сер. «Биология и экология». – 2009. – № 11. – С.15–22.

151. Моисеев, С.А. Влияние напряженной мышечной деятельности на электромиографические характеристики сложнокоординационного двигательного действия / С.А. Моисеев // Сборник статей Всерос. конф., с междунар. участием / под ред. д.б.н. Р.М. Городничева. – Великие Луки, 2009. – С. 459–465.

152. Морчукова, Л.В. Динамика изменения требований, предъявляемых правилами соревнований к трудностям произвольных комбинаций / Л.В. Морчукова // Образование, спорт, здоровье. Современные направления оздоровительной и спортивной тренировки : сб. науч. трудов. – Смоленск, 2009. – С.74–77.

153. Морчукова, Л.В. Сравнительный анализ функции равновесия с результатами соревнований юных гимнасток художниц 10-14 лет / Л.В. Морчукова, Е.В. Апраксина // Дети, спорт, здоровье : междунар. сб. науч. трудов по проблемам интегратив. и спортив. антропологии. – Смоленск, 2009. – Вып. 5. – С. 173–175.

154. Муравьев, В.П. Техническая подготовка в беге на короткие дистанции с учетом особенностей формирования двигательных программ : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / В.П. Муравьев. – Ленинград, 1991. – 164 с.

155. Назаренко, Л.Д. Примерная классификация базовых двигательных координаций по ряду общих и специфических признаков и структурных элементов / Л.Д. Назаренко // Теория и практика физической культуры. – 2003. – № 8. – С. 19–21.

156. Назаренко, Л.Д. Содержание и структура равновесия как двигательного-координационного качества / Л.Д. Назаренко // Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 1. – С. 54–58.

157. Назаренко, Л.Д. Эффективность вращательных нагрузок при совершенствовании равновесия в спортивных единоборствах / Л.Д. Назаренко, И.Р. Чехалин // Теория и практика физической культуры. – 2004. – № 7. – С. 52–55.

158. Начинская, С.В. Спортивная метрология : учебное пособие для студентов вузов по специальности «Физическая культура» МО РФ / С.В. Начинская. – Москва : Академия, 2005. – 240 с.

159. Никитин, С.Н. Ловкость – история, проблемы, перспективы : монография / С.Н. Никитин ; С.-Петерб. гос. акад. физ. культуры им. П. Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2005. – 160 с.

160. Никитин, С.Н. Управление двигательными действиями в спорте с учетом функционирования анализаторных систем (на примере спортивной борьбы) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / С.Н. Никитин. – Санкт-Петербург, 2006. – 52 с.

161. Николаев, Ю.М. Теория физической культуры: современные подходы : учебно-методическое пособие / Ю.М. Николаев. – Санкт-Петербург : Олимп-СПб., 2010. – 120 с.

162. Объективизация судейства в гимнастике как проблема спортивной метрологии / Э.П. Аверкович, Ю.А. Попов, Ю.А. Резников, Б.А. Суслаков // Теория и практика физической культуры. – 1979. – № 7. – С. 47–49.

163. Овчинникова, Н.А. Комплексный подход к устранению ошибок в технике движений при выполнении упражнений с предметами у гимнасток высших разрядов : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Овчинникова Наталья Анатольевна ; Киевский гос. ин-т физ. культуры. – Киев, 1985. – 23 с.

164. Озолин, Н.Г. Настольная книга тренера: Наука побеждать / Н.Г. Озолин. – Москва : Астрель ; Аст, 2002. – 864 с.

165. Орлов, А.И. Теория принятия решений : учебное пособие / А.И. Орлов. – Москва : Март, 2004. – 656 с.

166. Павлова, Е.В. Совершенствование системы спортивного отбора в художественной гимнастике на основе показателей развития координационных способностей : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Е.В. Павлова. – Сургут, 2008. – 24 с.

167. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и её практические приложения / В.Н. Платонов. – Киев : Олимпийская литература, 2004. – 808 с.

168. Платонов, В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте / В.Н. Платонов. – Москва : Советский спорт, 2005. – 820 с.

169. Платонов, В.Н. Современная спортивная тренировка / В.Н. Платонов. – Киев : Здоровья, 1980. – 336 с.

170. Платонов, В.Н. Теория спорта / В.Н. Платонов. – Киев : Выща школа, 1987. – 490 с.

171. Плеханова, М.А. Многофакторная структура показателей технического совершенства движений и эстетичности их проявления / М.А. Плеханова, А.М. Кабаева // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 5 (63). – С. 77–80.

172. Плеханова, М.Э. Комплексная оценка эстетических компонентов исполнительского мастерства в гимнастических видах спорта / М.Э. Плеханова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2010. – № 6 (64). – С. 65–68.

173. Плеханова, М.Э. Содержание свойств эстетического исполнения упражнений соревнующихся спортсменов в гимнастических видах спорта / М.Э. Плеханова ; Нац. гос. ун-т физ. культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург // Гимнастический мир Санкт-Петербурга. – 2007. – № 9. – С. 22–25.

174. Плеханова, М.Э. Эстетические аспекты спортивно-технического мастерства в сложнокоординационных видах спорта (художественная, спортивная, эстетическая, аэробическая гимнастика) : монография / М.Э. Плеханова ; Всерос. науч.-исслед. ин-т физ. культуры и спорта. – Москва : [б.и.], 2006. – 168 с. : ил. – Библиогр.: с. 156–168.

175. Плешкань, А.В. Актуальные проблемы современной системы подготовки в художественной гимнастике : учебное пособие / А.В. Плешкань. – Краснодар, 2010. – 87с.

176. Полякова, М.В. Роль ассоциативных систем мозга человека в подготовке двигательных реакций / М.В. Полякова // Программирующая деятельность мозга человека : межвуз. сб. / под ред. А.С. Батуева, В.А. Дорошенко. – Санкт-Петербург, 1992. – Вып. 31. – С. 144–158.

177. Пономарев, Н.И. О системном подходе в использовании проблем физической культуры и спорта / Н.И. Пономарев // Теория и практика физической культуры. – 1976. – № 7. – С. 5–8.

178. Пономарев, Н.И. Физическая культура как элемент культуры общества и человека / Н.И. Пономарев. – Санкт-Петербург : [б. и.], 1996. – 281 с.

179. Попов, Г.И. Биомеханика : учебник для студентов высших учебных заведений / Г.И. Попов. – Москва : Академия, 2005. – 256 с.

180. Попов, Г.И. Научно-методическая деятельность в спорте: учебник для студ. учреждений высш. образования / Г.И. Попов. – М.: Издательский дом «Академия», 2015. – 192 с.

181. Попова, Т.В. Центральные механизмы утомления при локальной мышечной деятельности статического характера / Т.В. Попова, Ю.И. Корюкалов, Д.А. Марокко // Физиология человека. – 2007. – Т.33, № 4. – С. 95–100.

182. Правила соревнований по художественной гимнастике. – Москва : Физкультура и спорт, 1997, 2000-2004, 2005-2008.

183. Прусс, Г. Тренированность равновесия у женщин разного возраста / Г. Прусс // Теория и практика физической культуры. – 1999. – № 2. – С. 48–50.

184. Садовски, Е. Попытка определения координационной сложности, объема и интенсивности упражнений в тренировке высококвалифицированных кикбоксеров и таэквондистов / Е. Садовски, В. Лях, В. Клещев // Человек в мире спорта: Новые идеи, технологии, перспективы : Тез. докл. Междунар. конгр. – Москва, 1998. – Т. 1. – С. 268–269.

185. Садовски, Е. Регуляция позы юных спортсменов при решении двигательных задач на устойчивость тела в равновесии / Е. Садовски // Теория и практика физической культуры. – 2011. – № 8. – С. 37–42.

186. Садовский, В.М. Обоснование общей теории систем / В.М. Садовский. – Москва : Наука, 1974. – 277 с.

187. Самсонова, А.В. Биомеханика мышц : учебно-методическое пособие / А.В. Самсонова, Е.Н. Комиссарова ; С.-Петерб. гос. ун-т физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2008. – 127 с.

188. Самсонова, А.В. Гипертрофия скелетных мышц человека : монография / А.В. Самсонова ; Нац. гос. ун-т физ. культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта. – 2-е изд. испр. – Санкт-Петербург : [б.и.], 2012. – 203 с. : ил.

189. Самсонов, Г.А. Коррекция техники жима штанги лежа пауэрлифтеров высокой квалификации с целью преодоления "мертвых зон" : дис. ... канд. пед. наук / Г.А. Самсонов. - Санкт-Петербург, 2016. – 196 с.

190. Семенов, Д.В. Технология подготовки гимнастов на этапе начальной спортивной специализации на примере освоения профилирующих гимнастических упражнений : дис. ... канд. пед. наук / Д.В. Семенов. – Великие Луки, 2010. – 158 с.

191. Сепсяков, В.А. Время реакции как критерий оценки формирования и реализации двигательной программы при броске камня в кёрлинге / В.А. Сепсяков // Вестник Балтийской академии. Вып. 24: Актуальные проблемы психопедагогики образовательной и воспитательной деятельности : сб. науч. тр. – Санкт-Петербург, 1998. – С. 40–45.

192. Сергушенкова, С.А. Количественные характеристики содержания соревновательных программ лучших гимнасток мира / С.А. Сергушенкова // Вестник Балтийской Педагогической Академии. Вып. 64: Теория и практика управления образованием и учебным процессом: педагогические, социальные и психологические проблемы / Балтийская пед. акад., Секция управленческой деятельности. – Санкт-Петербург, 2006. – С. 186–187.

193. Сибгатулина, Ф.Р. Прыжковая подготовка спортсменок в художественной гимнастике : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Сибгатулина Фаиля Равильевна ; Моск. гос. акад. физ. культуры. – Малаховка, 2004. – 25 с.

194. Скаткин, М.Н. Методология и методика педагогических исследований / М.Н. Скаткин. – Москва : Педагогика, 1986. – 150 с.

195. Скворцов, Д.В. Стабилометрия – функциональная диагностика функции равновесия, опорно-двигательной системы и сенсорной системы / Д.В. Скворцов // Функциональная диагностика. – 2004. – № 3. – С. 78–84.

196. Смирнов, Ю.И. Спортивная метрология / Ю.И. Смирнов, М.М. Полевщиков. – Москва : Академия, 2000. – 232 с.

197. Смирнов, Ю.И. Эстетические аспекты спортивно-технического мастерства : учебное пособие / Ю.И. Смирнов. – Москва : Петит, 1990. – 45 с.

198. Смолевский, В.М. Гимнастика в трех измерениях / В.М. Смолевский, Ю. Менхин, В.И. Силин. – Москва : Физкультура и спорт, 1979. – 248 с.

199. Смолевский, В.М. Спортивная гимнастика / В.М. Смолевский, Ю.К. Гавердовский. – Киев : Олимпийская литература, 1999. – 462 с.

200. Сологуб, Е.Б. Общие физиологические закономерности роста и развития организма человека / Е.Б. Сологуб // Физиологические особенности организма людей разного возраста и их адаптация к физическим нагрузкам (Избранные разделы возрастной физиологии) : учеб. пособие / Под ред. А.С. Солодкова ; С.-Петербург. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 1998. – С. 7–18.

201. Солодков, А.С. Адаптация к мышечной деятельности - механизмы и закономерности / А.С. Солодков // Физиология в высших учебных заведениях России и СНГ. – Санкт-Петербург, 1998. – С.75–77.

202. Солодков, А.С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – Москва : Terra-Спорт: Олимпия Пресс, 2001. – 520 с.



203. Сомкин, А.А. Классификация упражнений и основные компоненты подготовки высококвалифицированных гимнастов в спортивной аэробике : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.04 / Сомкин Алексей Альбертович. – Санкт-Петербург, 2003. – 54 с.

204. Сосина, В.Ю. Обучение упражнениям с предметами в художественной гимнастике с учетом билатерального регулирования : автореф. дис. ... канд. пед. наук / В.Ю. Сосина ; ГЦОЛИФК. – Москва, 1984. – 21 с.

205. Степанов, В.В. Исследование биомеханической структуры движений с целью повышения эффективности управления тренировочным процессом бегунов на короткие дистанции : дис. ... канд. пед. наук / В.В. Степанов. – Ленинград, 1977. – 152 с.

206. Стрелец, В.Г. Теория и практика управления вестибуломоторикой человека в спорте и профессиональной деятельности / В.Г. Стрелец, А.А. Горелов // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 5. – С. 13–16.

207. Супрун, А.А. Технологический подход к процессу профилирующей подготовки в художественной гимнастике на основе учета индивидуальных особенностей : дис. ... канд. пед. наук / А.А. Супрун. – Санкт-Петербург, 2013. – 297 с.

208. Сурков, Е.Н. Психомоторика спортсмена / Е.Н. Сурков. – Москва : Физкультура и спорт, 1984. – 126 с.

209. Сучилин, Н.Г. Биомеханические основы спортивной техники / Н.Г. Сучилин, А.Ф. Родионенко, Ю.В. Шевчук // Гимнастика: теория и практика : метод. прил. к журналу «Гимнастика». – Москва, 2011. – Вып. 2. – С. 5–28.

210. Сучилин, Н.Г. Основы перспективно-прогностического программирования технического мастерства / Н.Г. Сучилин // Гимнастика : ежегодник. – 1980. – Вып. 2. – С. 42–48.

211. Сучилин, Н.Г. Педагогико-биомеханический анализ техники спортивных движений на основе программно-аппаратного видеокomплекса /

Н.Г. Сучилин, Л.Я. Аркаев, В.С. Савельев // Теория и практика физической культуры. – 1996. – № 4. – С. 12–20.

212. Сучилин, Н.Г. Техническая структура сложнейших действий как основа оптимизации процесса освоения движений прогрессирующей сложности / Н.Г. Сучилин // Проблемы резервных возможностей человека : сб. науч. тр. – Москва, 1980. – С. 24–43.

213. Таймазов, В.А. Развитие системного подхода к изучению деятельности человека / В.А. Таймазов, С.Е. Бакулев // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2007. – Вып. 1 (23). – С. 68–75.

214. Тарханов, И.В. Сравнительный анализ техники танцевальных шагов назад по биомеханическим (кинематическим) показателям / И.В. Тарханов, Е.А. Лукунина, А.А. Шалманов // Теория и практика физической культуры. – 2012. – № 7. – С. 78–80.

215. Терехина, Р.Н. Анализ результатов чемпионата Европы по художественной гимнастике в Баку / Р.Н. Терехина, Е.С. Крючек, Е.Н. Медведева, И.А. Винер-Усманова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2014. – Вып. 7 (113). – С. 164–168.

216. Терехина, Р.Н. Анализ результатов чемпионата мира по художественной гимнастике в Киеве / Р.Н. Терехина, И.А. Винер-Усманова, Е.С. Крючек, Т.К. Сахарнова, Е.А. Пирожкова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2013. – Вып. 10 (104). – С. 167–170.

217. Терехина, Р.Н. Анализ результатов Чемпионата мира по художественной гимнастике в Измире / Р.Н. Терехина, Е.С. Крючек, Е.Н. Медведева, И.А. Винер-Усманова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2014. – Вып. 10 (116). – С. 128–132.

218. Терехина, Р.Н. Компоненты профессиональной деятельности судьи по спортивной гимнастике / Р.Н. Терехина, Н.В. Ким // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2011. – Вып. 9 (79). – С. 144–147.

219. Терехина, Р.Н. Методы экспертной оценки исполнительского мастерства гимнастов : методическое пособие / Р.Н. Терехина, Ю.Е. Титов, Л.И. Турищева. – Санкт-Петербург : ГМУ им. Павлова, 1991. – 32 с.

220. Терехина, Р.Н. Модельные характеристики компонентов исполнительского мастерства гимнасток индивидуальной программы, выступающих в многоборье / Р.Н. Терехина, Е.С. Крючек, Е.Н. Медведева, Г.Р. Айзятуллова Н.И. Кузьмина // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – Вып. 1 (119). – С. 109–113.

221. Терехина, Р.Н. Обоснование подхода к определению сложности элементов художественной гимнастики и их технической ценности / Р.Н. Терехина, Е.Н. Медведева, А.А. Супрун, А.С. Мальнева, Н.И. Кузьмина // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – Вып. 3 (121). – С. 146–149.

222. Терехина, Р.Н. Особенности профессиональной деятельности судьи по гимнастике / Р.Н. Терехина, Е.С. Крючек, Н.В. Ким // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2011. – Вып. 8 (78). – С. 183–187.

223. Терехина, Р.Н. Проблемы судейства в спортивной гимнастике / Р.Н. Терехина // Теория и практика физической культуры. – 1997. – № 11. – С. 58–61.

224. Терехина, Р.Н. Результаты чемпионата мира по художественной гимнастике в Штутгарте / Р.Н. Терехина, Е.С. Крючек, Е.Н. Медведева, И.А. Винер-Усманова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – Вып. 10 (128). – С. 195–199.

225. Терехина, Р.Н. Сложность соревновательных программ гимнасток / Р.Н. Терехина, Л.В. Бурда-Андрианова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2008. – Вып. 7 (41). – С. 92–94.

226. Терехина, Р.Н. Совершенствование исполнительского мастерства гимнасток в спортивной гимнастике / Р.Н. Терехина, С.И. Борисенко // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2006. – Вып. 20. – С. 80–83.

227. Терехина, Р.Н. Современный подход к процессу постановки соревновательных композиций в художественной гимнастике / Р.Н. Терехина, Е.С., Крючек, Е.Н. Медведева, И.Б. Зеновка // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2014. – Вып. 8 (114). – С. 180–185 .

228. Терехина, Р.Н. Соотношение сил в художественной гимнастике на европейском помосте-2015 / Р.Н. Терехина, Е.С. Крючек, Е.Н. Медведева, И.А. Винер-Усманова // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2015. – Вып. 7 (125). – С. 160–164.

229. Терехина, Р.Н. Экспертная оценка исполнительского мастерства гимнасток на мировом помосте / Р.Н. Терехина, Л.В. Бурда-Андрианова, Добрева Цветана, Донди Оливия // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2008. – Вып. 8 (42). – С. 99–102.

230. Титов, Ю.Е. Гимнастика на всех континентах / Ю.Е. Титов // Гимнастика. – Москва, 1989. – С. 5–9.

231. Титов, Ю.Е. Итоги и перспективы / Ю.Е. Титов // Спортивная гимнастика. – Киев, 1977. – С. 8–15.

232. Титов, Ю.Е. Методы совершенствования системы объективизации судейства в гимнастике : дис. ... канд. пед. наук / Ю.Е. Титов. – Киев, 1988. – 106 с.

233. Туманян, Г.С. Стратегия подготовки чемпионов : настольная книга тренера / Г.С. Туманян. – Москва : Советский спорт, 2006. – 494 с.

234. Тупицына, Е.Г. Трудности выполнения смешанных групп сложности в художественной гимнастике / Е.Г. Тупицына // Сборник науч. тр. молодых ученых / Смол. гос. ин-т физ. культуры ; Под ред. В.В. Ермакова. – Смоленск, 2002. – Вып. IX. – С. 7–9.

235. Турищева, Л.И. Компоненты исполнительского мастерства гимнасток и методы их оценки : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Л.И. Турищева. – Ленинград, 1986. – 18 с.

236. Турищева, Л.И. От элементов техники к элементам творчества / Л.И. Турищева. – Ленинград, 1986. – 18 с.

237. Турищева, Л.И. От элементов техники к элементам творчества / Л.И. Турищева // Гимнастика : сб. ст. / сост. В.М. Смолевский ; редкол. Ю.К. Гавердовский и др. – Москва, 1983. – Вып. 2. – С. 65–68.

238. Укран, М.Л. Методика тренировки гимнастов / М.Л. Укран. – Москва : Физкультура и спорт, 1971. – 279 с.

239. Ухтомский, А.А. Физиология двигательного аппарата / А.А. Ухтомский. – Ленинград : ЛГУ, 1951. – 167 с.

240. Факторы, предопределяющие успешность освоения и выполнения равновесий в художественной гимнастике / Ирина Александровна Винер [и др.] ; Федерации художественной гимнастики России; Великолукская государственная академии физической культуры и спорта, Нац. гос. ун-т физ. культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург (НГУ им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург) // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2012. – № 6 (88). – С. 16–21. – Библиогр.: с. 20–21.

241. Фарфель, В.С. Управление движениями в спорте / В.С. Фарфель. – Москва : Физкультура и спорт, 1975. – 206 с.

242. Фомин, Н.А. Физиологические основы двигательной активности / Н.А. Фомин, Ю.Н. Вавилов. – Москва : Физкультура и спорт, 1991. – 224 с.

243. Холодов, Ж.К. Теория и методика физического воспитания и спорта : учебное пособие для вузов физической культуры / Ж.К. Холодов, В.С. Кузнецов. – Москва : Академия, 2000. – 476 с.

244. Художественная гимнастика: история, состояние и перспективы развития : учебное пособие для образовательной программы по направлению 49.04.01 - "Физическая культура" / И.А. Винер-Усманова [и др.] ; Нац. гос. ун-т физ. культуры, спорта и здоровья им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург. – Москва : Человек, 2014. – 198 с. : ил., [8] л. ил. – Библиогр.: с. 120–121.

245. Художественная гимнастика : правила соревнований / Федерация художественной гимнастики. – Москва : Физкультура и спорт, 1997. – 143 с.

246. Художественная гимнастика : правила соревнований / Федерация художественной гимнастики. – Москва : Физкультура и спорт, 2001. – 162 с.

247. Цепелевич, И.В. Сравнительный анализ уровня трудности элементов без предмета в соревновательных комбинациях по художественной гимнастике согласно правилам соревнований 2001 и 2005 годов / И.В. Цепелевич, И.А. Степанова // Гимнастика : сб. науч. тр. / С.-Петербург. гос. акад. физ. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Санкт-Петербург, 2005. – Вып. 3, Ч. 2. – С. 95–97.

248. Шалманов, А.А. Методологические основы изучения двигательных действий в спортивной биомеханике : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / А.А. Шалманов. – Москва, 2002. – 47 с.

249. Шалманов, А.А. Методы исследования двигательных действий и технического мастерства спортсменов в спортивной биомеханике / А.А. Шалманов, Е.А. Лукунина, В.Г. Медведев // Наука о спорте : энциклопедия систем жизнеобеспечения. – Москва : ЮНЕСКО, 2011. – С. 165–178.

250. Шишковска, М. Оценка компонентов исполнительского мастерства в художественной гимнастике : дис. ... канд. пед. наук / М. Шишковска. – Санкт-Петербург, 2011. – 160 с.

251. Шмидт, Р. Двигательные системы / Р. Шмидт, М. Визендангер // Физиология человека : учебник в 3-х томах. Т. 1 / Под ред. Р. Шмидта, Г. Тевса. – Москва, 1996. – С. 88–127.

252. Шулико, Н.М. Специально-подготовительные упражнения для овладения юными гимнастками техникой сложных упражнений с мячом : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Н.М. Шулико. – Ленинград, 1984. – 18 с.

253. Шустин, Б.Н. Моделирование в спорте: (теоретические основы и практическая реализация) : автореф. дис. ... д-ра пед. наук / Б.Н. Шустин ; ВНИИФК. – Москва, 1995. – 82 с.

254. Шутенкова, Е.В. Состояние тонуса мышц спортсменов в различных видах спорта / Е.В. Шутенкова // Научное обоснование физического воспитания, спортивной тренировки и подготовки кадров по физической культуре и спорту / Белорус. гос. ун-т физ. культура. – Минск, 2004. – С. 158–159.

255. Энока, Р.М. Основы кинезиологии / Р.М. Энока. – Киев : Олимпийская литература, 1998. – 398 с.
256. Юдин, Э.Г. Системный подход и принцип деятельности / Э.Г. Юдин. – Москва : Наука, 1978. – 392 с.
257. Яхонтов, Е.Р. Методология спортивно-педагогических исследований : курс лекций / Е.Р. Яхонтов. – Санкт-Петербург : [б. и.], 2006. – 187 с.
258. 1<sup>st</sup> Youth Olympic Games in Singapore, Singapore. Rhythmic Gymnastics Individual All-around Final / Federation International de Gymnastique // World of Gymnastics. – 2010. – № 61. – P. 6–36.
259. 7<sup>th</sup> Rhythmic Gymnastics World Cup Final in Togliatti, Russia / Federation International de Gymnastique // World of Gymnastics. – 2009. – № 56. – P. 50–56.
260. 29<sup>th</sup> Rhythmic Gymnastics World Championships in Mie, Japan / Federation International de Gymnastique // World of Gymnastics. – 2009. – № 57. – P. 36–38.
261. 31<sup>st</sup> Rhythmic Gymnastics World Championships in Montpellier (FRA) / Federation International de Gymnastique // World of Gymnastics. – 2011. – № 63. – P. 26–28.
262. Arampatzis, A. The effect of falling height on muscle activity and foot motion during landings / A. Arampatzis, G. Morey-Klapsing, G.P. Brüggemann // Journal of Electromyography & Kinesiology. – 2003. – Dec. (239). – 13 (6). – P. 533–544.
263. Bradshaw, E. Target-directed running in gymnastics: a preliminary exploration of vaulting / E. Bradshaw // Sports Biomechanics. – 2004. – № 3 (1). – P. 125–144.
264. Brüggemann, G.P. Biomechanics of gymnastic techniques / G.P. Brüggemann, R. Nelson & V. Zatsiorsky // Sport Science Review. – 1994. – Vol. 3. – P. 79–120.

265. Brüggemann, G.P. Performance Analysis in Elite Sports: a Biomechanical Perspective / G.P. Brüggemann // Book of abstracts of World Congress of Performance Analysis of Sport VIII / edited by Peter O'Donoghue and Anita Hökelmann. – 2008. – P. 18.

266. Code of Points Rhythmic Gymnastics 2005-2008 [Электронный ресурс] / Federation International de Gymnastiqui. – URL: <http://www.fig-gymnastics>. – 2005. – (Дата обращения 15.02.2007).

267. Code of Points Rhythmic Gymnastics 2009-2012 [Электронный ресурс] / Federation International de Gymnastiqui. – URL: <http://www.fig-gymnastics>. 2009. – (Дата обращения 21.03.2009).

268. Code of Points Rhythmic Gymnastics 2013-2016 [Электронный ресурс] / Federation International de Gymnastiqui. – URL: <http://www.fig-gymnastics>. 2013. – (Дата обращения 10.01.2013).

269. Contakos, J. The modeling of a gymnastics flight element on the women's uneven parallel bars / J. Contakos, B. Thompson, R. Suddaby, L.G. Carlton // Sport Biomechanics. – 2008. – May. – 40 (5). – Supplement 1. – P. 80–81.

270. Coventry, E. Hitting the vault board: implications for vaulting take-off—a preliminary investigation / E. Coventry, W.A. Sands, S.L. Smith // Sports Biomechanics. – 2006. – Jan. – 5 (1). – P. 63–75.

271. Dutoit, C.-L. Music, Movement, Therapy / C.-L. Dutoit. – London, 1977. – P. 14–32.

272. Gandevia, S.C. Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue / S.C. Gandevia // Physiological Review. – 2001. – V. 81, № 4. – P. 1725–1789.

273. Glencross, D.J. Latency and response complexity / D.J. Glencross // J. Mot. Behav. – 1972. – V. 4. – P. 241–256.

274. Glencross, D.J. The effects of changes in task condition on the temporal organization of a repetitive speed skill / D.J. Glencross // Ergonomics. – 1975. – V. 18. – P. 17–28.



275. Grassi, G.P. Body movements on the men's competition mushroom: a three dimensional analysis of circular swings / G.P Grassi, T. Santini // *British Journal of Sports Medicine*. – 2005. – Aug. – 39 (8). – P. 489–492.

276. Harrison, A.J. Functional data analysis of joint coordination in the development of vertical jump performance / A.J. Harrison, W. Ryan, K. Hayes // *Sports Biomechanics*. – 2007. – May. – 6 (2). – P.199–214.

277. Hiley, M.J. Maximal dismounts from high bar / M.J. Hiley, M.R. Yeadon // *Journal of Biomechanics*. – 2005. – Nov. – 38 (11). – P. 2221–2227.

278. Irwin, G. Biomechanical similarities of progressions for the longswing on high bar / G. Irwin, D.G. Kerwin // *Sports Biomechanics*. – 2005. – Jul. – 4 (2). – P. 163–178.

279. Jaques-Dalcroze, E. Rhythm, Music & Education / E. Jaques-Dalcroze. – London, 1980. – P. 3–18.

280. Keer, B. Task factors that influence selection and preparation of voluntary movements / B. Keer // *Information processing in motor control and learning* / Ed. G.E. Stelmach. – New York - San. Francisco - London : Academic Press, 1978. – P. 55–69.

281. King, M.A. Maximising somersault rotation in tumbling / M.A. King, M.R. Yeadon // *Journal of Biomechanics*. – 2004. – Apr. – № 37 (4). – P. 471–477.

282. Klapp, S.T. Relation between programming time and duration of response being programmed / S.T. Klapp, J. Erwin // *J. Exp. Psychol.: Human Percept. and Perform.* – 1976. – V. 2. – P. 591–598.

283. Krug, J. Computer aided feedbacking technique training / J. Krug // *Book of abstracts of World Congress of Performance Analysis of Sport VIII* Edited by Peter O'Donoghue and Anita Hökelmann, 2008. – P. 23.

284. Laszlo, J.I. Task complexity, accuracy and reaction time / J.I. Laszlo, J.P. Livesey // *J. Mot. Behav.* – 1977. – V. 9, № 2. – P. 171–177.

285. Leandro, C. Technical content of elite rhythmic gymnastics / C. Leandro, L. Avila-Carvalho, E. Sierra-Palmeiro, M. Bobo-Arce // *Science of Gymnastics Journal*. - 2016. - V.8, №1. - P. 85-96.

286. Linge, S. Modeling the parallel bars in Men's Artistic Gymnastics / S. Linge, O. Hallingstad, F. Solberg // *Human Movement Science*. – 2006. – Apr. – 25 (2). – P. 221–237.

287. McCaulley, G.O. Mechanical efficiency during repetitive vertical jumping / G.O. McCaulley // *European Journal of Applied Physiology*. – 2007. – Sep. – 101 (1). – P. 115–123.

288. McNeal, J.R. Muscle activation characteristics of tumbling take-offs / J.R. McNeal, W.A. Sands, B.B. Shultz // *Sports Biomechanics*. – 2007. – Sep. (293). – 6 (3). – P. 375–390.

289. Mechanical efficiency during repetitive vertical jumping / G.O. McCaulley, P. Cormie, M.J. Cavill, J.L. Nuzzo, Z.G. Urbiztondo, J.M. McBride // *European Journal of Applied Physiology*. – 2007. – Sep. – 101 (1). – P.115–123.

290. Raczek, J. Kształowanie i diagnozowanie koordynacyjnych zdolności motorycznych: podręcznik dla nauczycieli, trenerów i studentów / J. Raczek, W. Mynarski, W. Ljach. – Wydaw : Akademii Wychowania Fizycznego, 2002. – P. 237.

291. Rudroff, T. Electromyographic measures of muscle activation and changes in muscle architecture in human elbow flexor muscles during fatiguing contractions / T. Rudroff, R. Enoka // *J. Appl. Physiol.* – 2009. – V. 104. – P. 1720–1726.

292. Svobodova, L. Use of the dance pad for the development of rhythmic abilities / L. Svobodova, A. Skotakova, P. Hedbavny, P. Vaculikova, M. Sebera // *Science of Gymnastics Journal*. - 2016. - V.8, №3. - P. 283-293.

293. Szopa, J. Podstawy antropomotoryki / J. Szopa. – Warszawa ; Krakow : PWN, 1996. – 224 s.

294. The modeling of a gymnastics flight element on the women's uneven parallel bars / J. Contakos, B. Thompson, R. Suddaby, L.G. Carlton // *Sport Biomechanics*. – 2008. – May. – 40 (5). – Supplement 1. – P. 80–81.

295. The pursuit of excellence. 29<sup>th</sup> Rhythmic Gymnastics World Championships in Mie, Japan / Federation International de Gymnastique // World of Gymnastics. – 2009. – № 58. – P. 8–25.

296. Uzunov, V. Ideological approach to coaching the front handspring vault / V. Uzunov // Gym Coach. – 2007. – Vol.1. – P. 17–23.

297. Uzunov, V. The basic principles of conditioning / V. Uzunov // Gym Coach. – 2007. – Vol.1. – P.14–17.

## АКТ

внедрения результатов научного исследования в практику

Мы, нижеподписавшиеся, профессор кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», кандидат педагогических наук, профессор Медведева Елена Николаевна, с одной стороны, а также президент Технического комитета Международной федерации гимнастики, кандидат педагогических наук, Заслуженный тренер России Кузьмина Наталья Ивановна - с другой, составили настоящий акт о том, что на основании научно-исследовательской работы Медведевой Е.Н. в Технический комитет Международной федерации художественной гимнастики были внедрены рекомендации по разработке таблиц ценности элементов в художественной гимнастике.

Ф.И.О.	Наименование внедрения	Эффект от внедрения
Медведева Елена Николаевна	Рекомендации по разработке таблиц ценности элементов структурных групп правил соревнований по художественной гимнастике на основе объективных характеристик их технической сложности	Повышение точности экспертизы технической ценности соревновательных композиций и в целом исполнительского мастерства гимнасток различной квалификации.

Представители ФГБОУ ВПО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург»

Профессор кафедры теории и методики гимнастики, к.п.н., профессор

Е.Н. Медведева

Почтовый адрес: 190121 г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д.35.  
Тел/факс (812) 714-43-90 Сайт: <http://www.lesgaft.spb.ru>

Представитель Технического комитета Международной федерации художественной гимнастики:

Президент Технического комитета Международной федерации гимнастики, к.п.н., Заслуженный тренер России

Н.И. Кузьмина

Почтовый адрес: 119992, г.Москва, Лужнецкая набережная, д.8

## АКТ

внедрения результатов научного исследования в практику

г. Санкт-Петербург

30 ноября 2015г.

Мы, нижеподписавшиеся, заведующая кафедрой теории и методики гимнастики ФГБОУ ВПО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», доктор педагогических наук, профессор Терехина Раиса Николаевна, профессор кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВПО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», кандидат педагогических наук, профессор Медведева Елена Николаевна, а также директор Санкт-Петербургского ГБОУ ДОД СДЮСШОР «Центр художественной гимнастики «Жемчужина», Мастер спорта международного класса Колесникова Татьяна Иосифовна составили настоящий акт о том, что на основании научно-исследовательской работы Терехиной Е.Н. и Медведевой Е.Н. в учебный процесс Центра художественной гимнастики «Жемчужина» в 2015 г. были внедрены следующие предложения и рекомендации:

Ф.И.О.	Наименование внедрения	Эффект от внедрения
Терехина Раиса Николаевна Медведева Елена Николаевна	Последовательность и особенности освоения технических элементов на основе учета объективных характеристик ценности трудности упражнений различных структурных групп художественной гимнастики	Повышение эффективности учебно-тренировочного процесса и результативности соревновательной деятельности гимнасток.

Представители ФГБОУ ВПО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург»:

Заведующая кафедрой теории и методики гимнастики, д.п.н., профессор

Р.Н.Терехина

Профессор кафедры теории и методики гимнастики, к.п.н., профессор

Е.Н. Медведева

Почтовый адрес: 190121 г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д.35.

Тел/факс (812) 714-43-90

Сайт: <http://www.lesgaft.spb.ru>Представитель СПб ГБОУ ДОД СДЮСШОР «Центр художественной гимнастики «Жемчужина»:

Директор СПб СДЮСШОР «Центр художественной гимнастики «Жемчужина», Мастер спорта международного класса

Т.И. Колесникова

Почтовый адрес: 197 110; г. Санкт-Петербург, Петровский пр., д.16 литер А;

СПб ГБОУ ДОД СДЮСШОР «Центр художественной гимнастики «Жемчужина»;

Телефон: (812) 230 65 98;

E-mail: [gimnastika.spb.ru](mailto:gimnastika.spb.ru)



## А К Т

внедрения результатов научного исследования в практику

г. Москва

02 декабря 2015

Мы, нижеподписавшиеся, заведующая кафедрой теории и методики гимнастики ФГБОУ ВПО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», доктор педагогических наук, профессор Терехина Раиса Николаевна, профессор кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВПО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», кандидат педагогических наук, профессор Медведева Елена Николаевна, а также президент Всероссийской федерации художественной гимнастики, доктор педагогических наук, профессор Винер-Усманова Ирина Александровна составили настоящий акт о том, что на основании научно-исследовательской работы в систему многолетней подготовки спортсменок в художественной гимнастике в 2015г. были внедрены следующие предложения и рекомендации:

Ф.И.О.	Наименование внедрения	Эффект от внедрения
Терехина Раиса Николаевна Медведева Елена Николаевна	Рекомендации по разработке программы спортивной подготовки по художественной гимнастике на основе объективных характеристик трудности элементов всех структурных групп	Реализация Федерального стандарта спортивной подготовки по художественной гимнастике с учетом современных требований к технической трудности.

Представители ФГБОУ ВПО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург»:

Заведующая кафедрой теории и методики гимнастики, д.п.н., профессор

Р.Н.Терехина

Профессор кафедры теории и методики гимнастики, к.п.н., профессор

Е.Н. Медведева

**Почтовый адрес: 190121 г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д.35.  
Тел/факс (812) 714-43-90 Сайт: <http://www.lesgaft.spb.ru>**

Представитель Всероссийской федерации художественной гимнастики:

Президент Всероссийской федерации художественной гимнастики, д.п.н., профессор



И.А. Винер-Усманова

**Почтовый адрес: 119992, г.Москва, Лужнецкая набережная, д.8**

## А К Т

внедрения результатов научного исследования в практику

г. Великие Луки

06 июня 2016 г.

Мы, нижеподписавшиеся, профессор кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», кандидат педагогических наук, профессор Медведева Елена Николаевна, с одной стороны, а также проректор по учебной работе ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», доктор биологических наук, профессор Андриянова Екатерина Юрьевна и заведующий кафедрой теории и методики гимнастики ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта», кандидат педагогических наук, Семенов Денис Викторович, с другой стороны, составили настоящий акт о том, что на основании научно-исследовательской работы Медведевой Е.Н. в 2015-2016 учебном году лекционный курс дисциплины «Технологии спортивной тренировки в избранном виде спорта» направления подготовки 49.03.01 – «Физическая культура» был дополнен следующим теоретическим материалом:

Ф.И.О.	Наименование внедрения	Эффект от внедрения
Медведева Елена Николаевна	Лекционный курс «Последовательность и особенности освоения элементов структурных групп художественной гимнастики на основе учета объективных характеристик их сложности и технической ценности»	Повышение уровня методической компетентности студентов направления подготовки 49.03.01 – «Физическая культура» профиля «Спортивная тренировка в избранном виде спорта» кафедры теории и методика гимнастики.

Представители ФГБОУ ВПО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург»:

Профессор кафедры теории и методики гимнастики, к.п.н., профессор

Е.Н. Медведева

Почтовый адрес: 190121 г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д.35.  
Тел/факс (812) 714-43-90 Сайт: <http://www.lesgaft.spb.ru>

Представители ФГБОУ ВО «Великолукская государственная академия физической культуры и спорта»:

Проректор по учебной работе, д.п.н., профессор

Е.Ю. Андриянова

Заведующий кафедрой теории и методики гимнастики, к.п.н.

Д.В. Семенов

Почтовый адрес: 192 100; г. Великие Луки, Псковской обл., пл. Юбилейная, д.4;  
Телефон: (811 53) 3-93-88; E-mail: [vlgifc@ellink.ru](mailto:vlgifc@ellink.ru)



## А К Т

внедрения результатов научного исследования в практику

г. Баку (Азербайджан)

07 июня 2016

Мы, нижеподписавшиеся, профессор кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», кандидат педагогических наук, профессор Медведева Елена Николаевна, с одной стороны, а также генеральный секретарь Федерации гимнастики Азербайджана Гаибов Фарид Фазиль оглы - с другой, составили настоящий акт о том, что на основании научно-исследовательской работы Медведевой Е.Н. в систему многолетней подготовки резерва спортивной сборной команды Азербайджана по художественной гимнастике в 2015-2016 г.г. были внедрены следующие предложения и рекомендации:

Ф.И.О.	Наименование внедрения	Эффект от внедрения
Медведева Елена Николаевна	Рекомендации по проектированию технической подготовки спортивного резерва на основе объективных характеристик сложности элементов структурных групп художественной гимнастики.	Реализация программы спортивной подготовки по виду спорта художественная гимнастика с учетом современных требований к технической трудности.

Представитель ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург»:

Профессор кафедры теории и методики гимнастики, к.п.н., профессор



Е.Н. Медведева

Почтовый адрес: 190121 г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д.35.

Тел/факс (812) 714-43-90

Сайт: <http://www.lesgaft.spb.ru>

Представители Федерации гимнастики Азербайджана:

Генеральный секретарь Федерации гимнастики Азербайджана



Ф.Ф. Гаибов

Почтовый адрес: AZ-1000, Баку, ул. У.Гаджибейли, 28

Тел/факс (99412) 4937260, 4936963





**А К Т**

внедрения результатов научного исследования в практику  
г. Великие Луки 06 июня 2016 г.

Мы, нижеподписавшиеся, профессор кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», кандидат педагогических наук, профессор Медведева Елена Николаевна и заведующая кафедрой теории методики гимнастики ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», доктор педагогических наук, профессор Терехина Раиса Николаевна, с одной стороны, а также проректор по учебно-воспитательной работе ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», кандидат психологических наук, доцент Петров Сергей Иванович и проректор по учебно-методическому объединению ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург», кандидат педагогических наук, доцент Щенникова Марина Юрьевна, с другой стороны, составили настоящий акт о том, что на основании научно-исследовательской работы Медведевой Е.Н. в 2015-2016 учебном году содержание дисциплины «Инновационные технологии в избранном виде спорта высших достижений» направления подготовки 49.04.01 – «Физическая культура» было дополнено следующим теоретическим материалом:

Ф.И.О.	Наименование внедрения	Эффект от внедрения
Медведева Елена Николаевна Терехина Раиса Николаевна	Лекционный курс «Инновационные подходы к анализу технической ценности элементов в гимнастических дисциплинах»	Повышение уровня научно-методической компетентности обучающихся по направлению подготовки 49.04.01 – «Физическая культура» профиля «Подготовка высококвалифицированных спортсменов в избранном виде спорта» кафедры теория и методика гимнастики.

Представители кафедры теории и методики гимнастики ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург»:

Профессор кафедры теории и методики гимнастики, к.п.н., профессор

 Е.Н. Медведева

Заведующая кафедрой теории и методики гимнастики, д.п.н., профессор

 Р.Н. Терехина

**Почтовый адрес: 190121 г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д.35.  
Тел/факс (812) 714-41-74 Сайт: <http://www.lesgaft.spb.ru>**

Представители ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф.Лесгафта, Санкт-Петербург»:

Проректор по учебно-воспитательной работе, к.псх.н., доцент

 С.И. Петров

**Почтовый адрес: 190121 г. Санкт-Петербург, ул. Декабристов, д.35.  
Тел/факс (812) 714-43-90 Сайт: <http://www.lesgaft.spb.ru>**





## Приложение К

Протокол анализа соревновательных упражнений с булавами ЧМ по художественной гимнастике в Измире (2014 г.)

№ п/п	И.Ф.	элемент и работа предметом		
		1	2	3
1	M. Staniouta	$\overline{\text{A}} / 0.5 (\Leftrightarrow)$	$\overline{\text{A}} / 0.6 (\infty)$	
2	Son Yeon Jae	$\overline{\text{A}} / 0.6 (\times)$	$\overline{\text{A}} / 0.5 (\infty)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\times)$
3	M. Durunda	$\overline{\text{A}} / 0.6 (\Leftrightarrow)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\circ)$	
4	G. Rizatdinova	$\overline{\text{A}} / 0.6 (\downarrow; \infty)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\times)$	$\overline{\text{A}} / 0.5 (\times)$
5	Y. Kudryavtseva	$\overline{\text{A}} / 0.6 (\infty; \leftrightarrow)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (+)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\infty)$
6	Ks. Moustafaeva	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\circ)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\infty)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\circ)$
7	V.Veiberg Filanovsky	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\Leftrightarrow)$	$\overline{\text{C}} / 0.4 (+)$	
8	N. Rivkin	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\times)$	$\overline{\text{A}} / 0.5 (\infty)$	$\overline{\text{A}} / 0.5 (+)$
9	C. Rodriguez	$\overline{\text{A}} / 0.5 (\Leftrightarrow; \leftrightarrow)$	$\overline{\text{C}} / 0.3 (\times)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\times)$
10	M. Mamun	$\overline{\text{A}} / 0.6 (\infty)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\infty)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\infty)$
11	D. Senyue	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\Leftrightarrow)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\times)$	$\overline{\text{A}} / 0.5 (\circ)$
12	E. Galkina	$\overline{\text{A}} / 0.5 (\Leftrightarrow; \infty; \circ)$	$\overline{\text{A}} / 0.5 (\infty)$	$\overline{\text{B}} / 0.5 (\times)$

Протокол анализа соревновательных упражнений с лентой ЧМ по художественной гимнастике в Измире (2014 г.)

№ п/п	И.Ф.	элемент и работа предметом			
		1	2	3	4
1	M. Staniouta	$\overline{\text{F}} \overline{\text{C}} / 0.6 (\text{○○○○}; \text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\infty)$		
2	Son Yeon Jae	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$	$\overline{\text{C}} \overline{\text{F}} / 0.6 (\text{VV})$		
3	M. Durunda	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\infty)$		
4	G. Rizatdinova	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\infty)$	$\overline{\text{C}} \overline{\text{F}} / 0.6 (\text{VV})$	
5	Y. Kudryavtseva	$\overline{\text{C}} \overline{\text{F}} / 0.6 (\text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$	
6	Ks. Moustafaeva	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○}; \text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$		
7	V.Veiberg Filanovsky	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$	$\overline{\text{F}} / 0.4 (\text{○○○○})$		
8	N. Rivkin	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{VV})$	
9	C. Rodriguez	$\overline{\text{F}} / 0.3 (\text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.3 (\infty)$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{VV})$
10	M. Mamun	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.4 (\text{VV})$	
11	D. Senyue	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{○○○○})$		
12	E. Galkina	$\overline{\text{C}} \overline{\text{F}} / 0.6 (\text{VV})$	$\overline{\text{F}} / 0.5 (\text{VV})$	$\overline{\text{F}} \overline{\text{C}} / 0.6 (\infty)$	



Протокол анализа соревновательных упражнений с мячом ЧМ по художественной гимнастике в Измире (2014 г.)

№ п/п	И.Ф.	элемент и работа предметом		
		1	2	3
1	M. Staniouta	$\overline{F} / 0.6(\text{R}; \text{V})$	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	
2	Son Yeon Jae	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	$\overline{M} / 0.5(\infty)$	$\overline{F} / 0.6(\text{R})$
3	M. Durunda	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	$\overline{F} / 0.6(\text{R}; \text{V})$	
4	G. Rizatdinova	$\overline{F} / 0.6(\text{V})$	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	$\overline{M} / 0.5(\text{R}; \infty)$
5	Y. Kudryavtseva	$\overline{F} / 0.5(\overline{\infty})$	$\overline{F} / 0.6(\text{R})$	$\overline{F} / 0.6(\text{V})$
6	Ks. Moustafaeva	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	$\overline{F} / 0.5(\infty)$	$\overline{M} / 0.5(\infty)$
7	V.Veiberg Filanovsky	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	$\overline{F} / 0.5(\infty)$	$\overline{M} / 0.3(\overline{\infty})$
8	N. Rivkin	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	$\overline{M} / 0.5(\text{R})$	$\overline{M} / 0.5(\infty; \text{V})$
9	C. Rodriguez	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	$\overline{M} / 0.5(\downarrow)$	$\overline{M} / 0.5(\text{R})$
10	M. Mamun	$\overline{F} / 0.6(\text{R}; \text{V})$	$\overline{F} / 0.6(\overline{\infty})$	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$
11	D. Senyue	$\overline{M} / 0.5(\infty)$	$\overline{F} / 0.5(\text{V})$	
12	E. Galkina	$\overline{F} / 0.6(\text{R})$	$\overline{M} / 0.5(\infty)$	$\overline{F} / 0.5(\infty)$

Протокол анализа соревновательных упражнений с обручем ЧМ по художественной гимнастике в Измире (2014 г.)

№ п/п	И.Ф.	элемент и работа предметом			
		1	2	3	4
1	M. Staniouta	$\overline{F} / 0.5(\bigcirc)$	$\overline{M} / 0.5(\Phi)$		
2	Son Yeon Jae	$\overline{M} \overline{R} / 0.6(\rightarrow)$	$\overline{F} / 0.5(\bigcirc)$	$\overline{R} \overline{M} / 0.6(\bigcirc)$	$\overline{F} / 0.5(\infty)$
3	M. Durunda	$\overline{F} / 0.5(\leftrightarrow)$	$\overline{F} \overline{R} / 0.6(\leftrightarrow; \bigcirc)$	$\overline{R} \overline{M} / 0.6(\downarrow)$	
4	G. Rizatdinova	$\overline{M} \overline{R} / 0.6(\Phi)$	$\overline{F} / 0.5(\Phi)$	$\overline{R} \overline{M} / 0.6(\downarrow)$	
5	Y. Kudryavtseva	$\overline{M} / 0.5(\infty)$	$\overline{F} / 0.5(\Phi)$	$\overline{R} \overline{M} / 0.6(\Phi)$	
6	Ks. Moustafaeva	$\overline{F} / 0.5(\infty)$	$\overline{F} / 0.5(\Phi)$	$\overline{M} / 0.5(\bigcirc)$	
7	V.Veiberg Filanovsky	$\overline{R} \overline{M} / 0.6(\bigcirc)$	$\overline{F} / 0.5(\bigcirc)$	$\overline{M} / 0.4(\leftrightarrow)$	
8	N. Rivkin	$\overline{F} / 0.5(\Phi)$	$\overline{M} / 0.5(\infty; \rightarrow)$	$\overline{M} \overline{R} / 0.6(\bigcirc)$	
9	C. Rodriguez	$\overline{F} / 0.3(\Phi)$	$\overline{F} / 0.5(\rightarrow)$	$\overline{F} / 0.6(\Phi)$	$\overline{M} / 0.5(\infty)$
10	M. Mamun	$\overline{F} / 0.5(\infty; \Phi)$	$\overline{R} \overline{M} / 0.6(\downarrow)$	$\overline{M} / 0.5(\nearrow)$	
11	D. Senyue	$\overline{F} / 0.5(\Phi)$	$\overline{M} / 0.5(\infty)$		
12	E. Galkina	$\overline{R} \overline{M} / 0.6(\infty; \infty)$	$\overline{M} / 0.5(\infty)$	$\overline{F} / 0.5(\Phi)$	

**Угловые характеристики равновесий художественной гимнастики различной сложности (град)**

элемент	Стат. показ.	плечевой		локтевой		тазобедренный		коленный		голеностопный	
		пр	лев	пр	лев	пр	лев	пр	лев	пр	лев
<b>Отведение ноги вперед</b>											
1 (N=12)	M	76,25	80,30	164,57	161,04	105,16	172,79	176,56	172,72	154,03	140,25
	m	0,86	1,00	1,56	0,71	0,14	0,62	0,23	0,27	0,20	0,79
	V(%)	4,24	4,64	3,54	1,66	0,51	1,35	0,48	0,58	0,49	2,12
2 (N=12)	M	84,99	120,47	172,20	104,87	51,30	170,53	173,99	175,29	148,34	145,28
	m	0,80	0,86	0,57	2,50	0,24	0,36	0,70	0,24	1,35	0,56
	V(%)	3,53	2,67	1,25	8,92	1,72	0,79	1,50	0,51	3,40	1,43
3 (N=12)	M	74,41	95,41	170,31	161,58	83,73	166,72	176,65	169,77	151,92	137,72
	m	1,62	1,23	0,42	1,08	2,04	1,43	0,05	0,09	0,36	1,10
	V(%)	8,14	4,83	0,91	2,51	9,10	3,20	0,10	0,21	0,89	2,99
4 (N=12)	M	79,05	97,86	172,52	164,38	98,25	136,17	176,84	168,35	150,55	144,58
	m	0,58	1,86	0,43	1,04	1,24	1,11	0,27	0,03	0,49	1,20
	V(%)	2,73	7,12	0,93	2,37	4,73	3,06	0,57	0,06	1,22	3,11
<b>Отведение ноги в сторону</b>											
1 (N=12)	M	82,62	72,68	165,91	161,99	114,68	161,34	57,99	176,90	161,50	134,71
	m	0,22	0,58	0,90	0,63	0,49	0,19	0,21	0,57	0,19	0,18
	V(%)	0,98	2,98	2,04	1,45	1,60	0,45	1,36	1,20	0,44	0,49
2 (N=12)	M	87,47	80,50	161,59	171,64	90,09	157,92	175,59	173,55	153,90	145,19
	m	1,85	0,63	0,32	0,37	0,93	0,52	0,53	0,41	0,17	6,98
	V(%)	7,90	2,92	0,74	0,80	3,88	1,23	1,12	0,89	0,41	17,99
3 (N=12)	M	104,53	95,68	102,67	162,80	25,16	162,60	172,42	175,74	160,41	145,20
	m	0,30	1,20	0,42	0,63	0,17	0,70	0,21	0,06	0,26	0,74
	V(%)	1,09	4,69	1,52	1,44	2,57	1,60	0,45	0,14	0,61	1,90
4 (N=12)	M	83,11	95,95	175,35	164,75	49,48	161,65	177,29	173,28	148,95	142,50
	m	0,89	1,69	0,07	0,60	0,09	0,14	0,45	0,40	0,04	0,17
	V(%)	4,01	6,59	0,16	1,36	0,71	0,33	0,94	0,86	0,11	0,46
5 (N=12)	M	72,79	111,51	169,62	146,68	73,03	127,18	171,51	172,96	153,12	139,07
	m	0,90	1,24	0,70	3,27	0,81	1,80	0,22	1,12	0,52	0,83
	V(%)	4,61	4,15	1,55	8,35	4,13	5,31	0,48	2,42	1,27	2,22
<b>Отведение ноги назад</b>											
1 (N=12)	M	82,74	69,97	164,95	160,12	169,45	126,16	174,9	172,19	141,1	154,67
	m	1,89	0,65	0,32	0,42	0,97	0,52	0,66	0,49	0,17	7,99
	V(%)	8,90	2,96	0,74	0,84	3,86	1,23	2,12	0,91	0,55	19,99
2 (N=12)	M	81,55	68,65	165,00	160,89	168,71	123,29	176,47	170,10	134,27	153,98
	m	1,18	2,11	1,69	1,57	0,70	1,75	0,21	0,63	1,19	0,19
	V(%)	5,40	11,51	3,83	3,65	1,56	5,31	0,44	1,38	3,32	0,46
3 (N=12)	M	59,34	59,71	168,57	164,58	102,64	129,79	162,27	75,98	140,93	28,07
	m	2,45	0,99	0,50	1,46	0,85	0,78	0,66	21,91	1,18	6,49
	V(%)	15,48	6,23	1,10	3,32	3,10	2,26	1,51	107,87	3,12	86,50
4 (N=12)	M	154,16	151,30	146,15	138,69	171,86	56,59	170,17	94,18	133,58	111,46
	m	0,39	0,34	0,32	1,44	0,57	0,37	0,85	11,59	0,81	24,93
	V(%)	0,94	0,84	0,81	3,89	1,25	2,46	1,87	46,07	2,28	83,68
5 (N=12)	M	42,39	60,12	172,19	149,66	96,82	117,29	166,05	50,28	131,83	156,46
	m	0,49	0,83	0,57	0,73	0,90	1,12	0,68	0,18	0,77	0,22
	V(%)	4,30	5,14	1,23	1,84	3,49	3,56	1,54	1,33	2,18	0,53

Примечание: N - количество попыток



## Длина траекторий перемещения точек звеньев тела при выполнении равновесий различной сложности (мм; N=12)

№ эл-та	Стат.пок.	лобная	шейная	Акр. пр.	Акр. лв.	Пл. пр.	Пл. лв.	Шил. пр.	Шил. лв.	ПП. пр.	ПП. лв.	СЛМБК. пр.	СЛМБК. лв.	НББ. пр.	НББ. лв.	Конеч. пр.	Конеч. лв.
1	M	343,01	294,52	286,05	317,55	458,09	493,84	672,38	739,35	305,07	366,49	517,04	333,37	761,06	318,60	907,80	249,76
	m	50,65	29,86	38,89	40,94	72,17	67,65	103,59	103,72	39,97	32,52	63,08	26,67	87,92	3,90	133,10	6,14
	V(%)	20,08	13,66	18,21	16,75	21,39	17,82	22,78	18,27	17,06	11,55	15,85	10,53	17,21	1,61	19,09	3,25
2	M	284,81	182,28	205,64	193,00	302,11	328,13	404,89	364,59	214,64	216,94	263,19	259,88	406,74	319,68	430,84	211,79
	m	75,95	54,64	63,04	63,29	108,50	113,26	128,12	128,02	75,71	72,42	85,65	91,44	103,48	108,65	141,04	42,44
	V(%)	37,92	39,05	40,68	42,62	50,34	45,31	45,37	45,88	46,72	47,44	43,55	50,61	33,06	44,44	42,55	26,75
3	M	293,37	250,94	292,32	253,71	397,92	513,24	616,86	734,22	267,08	277,69	369,79	277,68	634,53	285,96	707,59	221,33
	m	45,14	40,14	70,01	91,01	107,83	254,54	159,14	414,23	92,03	89,81	70,90	58,60	122,43	43,27	138,59	41,64
	V(%)	22,83	23,44	32,33	47,91	35,47	65,48	33,63	74,02	45,84	42,96	26,19	27,47	25,14	19,66	25,46	26,49
4	M	178,62	157,67	163,27	173,30	300,74	407,33	365,68	644,23	292,49	126,11	200,67	144,70	296,77	157,27	348,29	116,77
	m	58,19	54,42	51,60	59,45	138,18	164,55	129,10	256,34	241,39	38,35	98,19	29,48	139,50	30,92	157,99	15,08
	V(%)	47,37	46,98	44,16	48,09	64,53	54,25	48,08	53,39	110,88	42,11	69,05	32,67	67,37	27,57	64,90	18,95
5	M	310,95	270,38	287,30	245,62	496,70	411,38	723,06	560,60	255,20	360,04	320,47	340,22	359,34	299,14	359,11	218,84
	m	22,82	9,29	42,43	48,92	83,18	76,73	106,78	123,66	11,98	18,26	56,83	42,18	39,35	58,83	25,89	35,65
	V(%)	10,07	5,01	19,48	26,05	23,44	25,03	20,88	29,48	6,34	7,19	23,96	18,02	15,71	25,55	9,90	22,64
6	M	273,34	253,89	263,34	223,49	431,20	413,63	634,53	601,65	210,68	253,15	256,47	235,76	351,23	232,04	400,15	182,04
	m	36,68	32,57	28,27	22,90	23,86	24,52	34,62	39,01	36,02	29,14	43,56	38,39	41,51	20,76	46,91	16,88
	V(%)	20,01	18,72	14,12	15,31	7,21	7,87	7,11	9,19	24,21	14,97	22,65	21,45	16,91	11,80	15,89	12,79
7	M	191,44	165,90	123,34	150,46	154,52	246,31	217,49	356,52	143,04	553,42	102,38	199,80	117,11	201,99	252,83	171,33
	m	87,80	95,00	45,40	78,69	32,83	73,51	42,74	146,40	53,86	388,42	27,04	80,10	39,52	61,84	66,18	59,51
	V(%)	62,01	75,83	54,37	70,73	31,05	42,93	26,10	56,61	49,55	95,99	37,47	54,60	47,73	40,91	38,01	45,12
8	M	216,76	218,40	172,34	192,59	233,22	305,50	273,23	411,87	167,83	1250,67	124,91	672,82	336,80	315,22	401,96	219,42
	m	3,91	3,15	3,14	8,19	30,28	9,38	0,96	12,67	13,96	929,99	9,06	171,19	31,79	39,72	61,90	27,47
	V(%)	2,71	1,97	2,65	6,38	19,48	4,61	0,53	4,62	12,47	96,88	10,26	38,16	14,16	18,90	23,10	18,78
9	M	316,30	332,17	227,83	314,79	261,74	679,16	358,48	993,52	134,28	198,36	193,31	296,79	321,08	268,18	457,64	195,23
	m	65,40	98,25	34,59	62,09	22,35	99,31	51,89	152,42	17,08	32,91	25,49	37,92	46,11	33,95	68,27	42,26
	V(%)	29,01	38,76	19,73	26,40	11,42	19,06	18,94	19,97	16,64	21,73	17,16	18,75	20,69	17,02	19,49	29,35
10	M	550,39	1025,99	328,38	345,72	385,21	484,97	462,62	709,78	387,15	357,54	493,51	658,44	443,19	968,89	293,21	1311,89
	m	129,58	699,12	10,57	2,03	38,96	17,98	51,65	39,05	6,20	39,65	26,65	80,84	16,38	5,24	38,61	26,36
	V(%)	33,29	96,37	4,55	0,83	14,30	5,24	15,79	7,78	2,26	15,68	7,64	17,36	5,23	0,76	18,62	2,84
11	M	298,78	191,15	199,77	236,88	290,65	310,02	340,65	347,08	244,85	309,14	303,26	240,99	318,38	6257,25	229,10	410,97
	m	19,00	28,66	39,17	57,77	41,14	37,53	23,84	22,19	37,67	149,07	29,77	11,26	21,59	7864,70	14,89	71,58
	V(%)	8,57	19,49	25,60	32,90	20,11	15,89	10,27	9,07	20,23	62,71	13,05	6,24	9,01	163,28	8,87	22,94
12	M	849,87	2651,52	540,17	520,75	697,87	670,78	909,70	938,15	479,63	1390,77	599,24	1001,96	548,46	1573,91	351,49	1874,72
	m	129,92	635,02	202,19	188,51	219,02	172,71	239,59	228,73	229,52	1020,11	269,68	353,85	273,64	388,42	159,52	416,03
	V(%)	22,11	31,80	48,79	47,20	41,46	33,78	37,21	31,68	62,44	97,11	58,56	46,14	64,81	32,06	59,19	28,85
13	M	376,06	362,10	358,87	423,89	500,49	441,13	711,97	701,23	558,24	2930,13	1027,73	396,03	492,42	16485,94	296,87	4695,82
	m	42,32	1,05	48,96	17,97	32,80	63,69	50,36	128,66	211,02	2806,57	927,22	42,40	192,93	11440,64	116,19	1973,64
	V(%)	16,07	2,00	18,91	6,11	9,10	18,81	10,42	25,48	49,47	125,60	117,21	15,45	52,46	92,19	54,23	56,69
14	M	268,20	254,00	240,79	236,43	328,05	287,59	536,16	421,83	262,47	699,61	300,23	286,17	322,22	364,98	218,08	348,73
	m	26,73	0,00	24,82	20,71	18,04	38,10	52,72	56,68	54,91	338,64	91,97	27,01	106,60	134,92	74,67	45,59
	V(%)	13,02	0	13,40	13,12	7,16	18,53	13,32	19,61	28,84	65,14	45,09	12,53	45,98	48,31	47,05	17,14

## Показатели стабиллографии при выполнении равновесий с наклонами головы

№п/п	Показатели стабиллографии	M	m	$\delta$	V(%)
1 (N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	11,31	1,61	3,59	31,72
	Среднее направление колебаний	-44,33	12,17	27,21	-61,37
	Площадь эллипса	147,82	50,78	113,55	76,82
	Оценка движения	52,77	8,13	18,18	34,45
	Коэффициент кривизны	0,95	0,51	1,14	119,95
2(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	44,66	3,62	8,10	18,14
	Среднее направление колебаний	-21,33	14,41	32,23	-151,10
	Площадь эллипса	689,23	303,80	679,31	98,56
	Оценка движения	106,75	13,13	29,35	27,50
	Коэффициент кривизны	-0,49	0,64	1,42	-287,49
3(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	66,64	13,09	29,26	43,90
	Среднее направление колебаний	-23,67	6,61	14,77	-62,42
	Площадь эллипса	2481,85	1075,95	2405,83	96,94
	Оценка движения	100,3	14,77	33,03	33,02
	Коэффициент кривизны	0,29	0,17	0,38	131,09
4(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	45,59	4,15	9,29	20,38
	Среднее направление колебаний	-18,50	19,80	44,28	-239,33
	Площадь эллипса	653,48	239,54	535,62	81,96
	Оценка движения	110,22	8,08	18,06	16,38
	Коэффициент кривизны	0,26	0,47	1,04	393,11
5(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	54,90	9,49	21,23	38,68
	Среднее направление колебаний	-9,17	16,60	37,11	-404,87
	Площадь эллипса	673,52	183,52	410,37	60,93
	Оценка движения	112,79	12,09	27,04	23,97
	Коэффициент кривизны	0,66	0,57	1,28	194,66
6(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	84,29	9,22	20,62	24,47
	Среднее направление колебаний	-16,33	18,66	41,73	-255,50
	Площадь эллипса	3506,28	2357,17	5270,79	150,32
	Оценка движения	117,73	13,19	29,50	25,05
	Коэффициент кривизны	0,07	0,31	0,70	1055,63
7(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	61,77	6,49	14,52	23,50
	Среднее направление колебаний	-6,50	21,75	48,64	-748,32
	Площадь эллипса	860,72	90,33	201,99	23,47
	Оценка движения	102,87	12,64	28,27	27,49
	Коэффициент кривизны	0,04	0,63	1,40	3239,61
8(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	60,06	8,11	18,14	30,20
	Среднее направление колебаний	-14,50	14,40	32,19	-222,01
	Площадь эллипса	563,93	253,32	566,43	100,44
	Оценка движения	159,52	17,46	39,05	24,48
	Коэффициент кривизны	0,34	0,19	0,42	121,47
9(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	77,21	8,27	18,49	23,95
	Среднее направление колебаний	-10,17	13,95	31,20	-306,87
	Площадь эллипса	1102,17	311,62	696,80	63,22
	Оценка движения	131,50	8,59	19,21	14,61
	Коэффициент кривизны	0,13	0,73	1,63	1237,32

## Продолжение приложения С

10(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	65,64	6,31	14,11	21,50
	Среднее направление колебаний	-19,50	13,33	29,80	-152,84
	Площадь эллипса	732,18	203,06	454,05	62,01
	Оценка движения	144,91	17,48	39,09	26,97
	Коэффициент кривизны	0,15	0,20	0,44	301,33
11(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	66,71	17,77	17,38	26,05
	Среднее направление колебаний	-21,17	15,87	35,49	-167,68
	Площадь эллипса	782,17	266,13	595,08	76,08
	Оценка движения	133,35	7,51	16,80	12,60
	Коэффициент кривизны	-0,14	0,23	0,51	-367,23
12(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	77,61	17,62	17,05	21,96
	Среднее направление колебаний	-17,67	10,39	23,23	-131,47
	Площадь эллипса	1047,45	232,56	723,51	69,07
	Оценка движения	147,23	14,40	32,20	21,87
	Коэффициент кривизны	0,11	0,16	0,35	320,90
13(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	66,35	6,98	15,61	23,52
	Среднее направление колебаний	-9,33	13,51	30,20	-323,61
	Площадь эллипса	801,42	204,78	457,91	57,14
	Оценка движения	139,29	18,67	41,75	29,97
	Коэффициент кривизны	0,37	0,27	0,61	164,29
14(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	74,09	7,42	16,59	22,39
	Среднее направление колебаний	-19,67	21,41	47,88	-243,47
	Площадь эллипса	693,32	384,90	860,66	124,14
	Оценка движения	201,57	33,43	74,75	37,08
	Коэффициент кривизны	0,06	0,24	0,54	905,60
15(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	88,88	18,24	40,78	45,88
	Среднее направление колебаний	7,83	24,79	55,44	707,72
	Площадь эллипса	953,08	556,66	1244,73	130,60
	Оценка движения	200,54	20,24	45,25	22,56
	Коэффициент кривизны	1,20	1,65	3,70	307,98
16(N=12)	Средняя скорость перемещения ЦД	76,80	8,57	19,17	24,96
	Среднее направление колебаний	-9,83	21,01	46,99	-477,83
	Площадь эллипса	561,73	320,97	717,70	127,77
	Оценка движения	286,73	109,80	245,53	85,63
	Коэффициент кривизны	0,06	0,24	0,53	914,82

Примечания: 1-о.ст.; 2-ст. на носках с наклоном головы вперед; 3-ст. на носках с наклоном головы назад; 4-ст. на носках с наклоном головы в сторону; 5-ст. на одной другая согнута вперед с наклоном головы вперед; 6-ст. на одной другая согнута вперед с наклоном головы назад; 7-ст. на одной другая согнута вперед с наклоном головы в сторону; 8-ст. на одной другая в сторону - вниз с наклоном головы вперед; 9- ст. на одной другая в сторону - вниз с наклоном головы назад; 10-ст. на одной другая в сторону - вниз с наклоном головы в сторону; 11-ст. на одной другая назад - вниз с наклоном головы вперед; 12-ст. на одной другая назад - вниз с наклоном головы назад; 13-ст. на одной другая назад - вниз с наклоном головы в сторону; 14-профилирующее равновесие нога вперед; 15-профилирующее равновесие нога в сторону; 16-профилирующее равновесие нога назад.

## Максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении равновесий (мкВ; N=12)

№эл-та	Ст.пок.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	M	526	474	213,67	1793,3	1054	1904,33	767	542	180,33	317,67	547,33	279,33	2231	3390	268,33	771,33
	m	28,80	2,14	25,82	397,24	58,37	48,28	15,51	27,40	18,22	28,30	60,71	27,13	125,63	130,41	21,39	117,06
	V(%)	20,49	1,69	45,21	82,88	20,72	9,49	7,57	18,92	37,79	33,33	41,50	36,34	21,07	8,16	29,83	56,78
2	M	291,67	239	1413,33	239,67	1214	2436	807,67	645	171,33	541	1112	382	3345,0	3390,11	410,67	992,67
	m	4,45	14,03	31,92	14,44	50,59	63,99	11,34	20,26	9,42	115,04	44,29	87,86	164,82	122,13	22,15	41,08
	V(%)	5,71	21,97	8,45	22,54	15,59	9,83	5,25	11,76	20,56	79,56	14,90	86,05	10,22	8,43	20,18	15,48
3	M	229,33	288,67	120,67	51,67	886,67	1 466,33	736,33	401,33	75,67	278,00	375,33	157,33	353,00	860,00	135,67	599,67
	m	19,70	58,81	18,87	9,34	20,91	28,03	16,98	58,83	8,50	47,00	74,03	6,57	46,37	37,98	15,11	98,71
	V(%)	32,14	76,23	58,52	67,67	8,82	7,15	8,63	54,85	42,01	63,26	73,80	15,62	49,15	16,53	41,66	61,59
4	M	196,50	116,00	926,50	202,50	1 023,00	1 771,50	793,50	374,50	130,50	249,50	1 986,00	691,00	475,00	3 123,0	247,00	556,50
	m	8,50	2,65	99,97	8,88	33,26	104,89	77,67	75,03	7,75	30,05	142,11	23,06	40,44	324,26	15,87	81,07
	V(%)	16,19	8,53	40,37	16,41	12,17	22,15	36,63	74,96	22,22	45,06	26,77	12,48	31,86	22,65	24,05	54,51
5	M	421,33	376,00	377,33	282,67	942,00	1 921,00	79,33	1 051,00	2 377,00	1 017,00	1 410,67	170,33	2 786,33	3 495,0	482,33	932,67
	m	38,11	46,14	28,73	33,25	23,38	63,62	6,08	50,38	519,85	46,99	150,60	19,53	169,64	99,32	25,64	47,37
	V(%)	33,84	45,92	28,48	44,01	9,29	12,39	28,67	17,94	81,83	17,29	39,94	42,90	22,78	4,55	19,89	19,00
6	M	295,33	775,33	1 698,00	1 700,00	1 024,00	1 559,33	931,00	1 010,67	3 250,0	400,00	533,33	576,67	3 122,0	3 480,0	484,67	689,67
	m	12,60	160,01	72,78	433,78	32,82	82,02	56,16	4,78	189,0	14,68	48,14	34,35	256,89	49,67	56,20	111,97
	V(%)	15,97	77,22	16,04	95,47	11,99	19,68	22,57	1,77	6,18	13,74	33,77	22,29	18,93	4,22	43,38	60,75
7	M	212,67	946,00	35,67	121,33	922,33	1 372,00	726,33	215,33	438,33	92,00	368,67	342,67	295,33	2 268,33	289,67	1 059,67
	m	14,53	220,54	7,33	38,37	21,84	44,56	12,38	17,45	75,68	1,87	5,89	47,17	21,55	194,80	11,40	120,64
	V(%)	25,57	87,23	76,90	118,33	8,86	12,15	6,38	30,32	64,60	7,61	5,98	51,51	27,30	32,13	14,73	42,60
8	M	180,00	234,00	1 574,33	213,67	1 086,33	1 838,33	807,00	624,00	3 400,0	204,00	1 512,00	1 080,00	2 397,00	3 366,0	479,67	774,33
	m	10,34	62,98	68,94	2,02	41,68	59,12	62,22	116,61	64,32	6,49	273,27	72,12	478,55	99,42	28,59	126,60
	V(%)	21,50	100,70	16,39	3,54	14,36	12,03	28,85	69,92	4,67	11,90	67,63	24,99	74,70	6,87	22,30	61,18
9	M	175,00	337,50	1 011,00	152,75	926,50	1 355,50	891,50	156,25	3 450,0	235,25	2 715,75	1 788,00	868,00	3 295,25	500,75	697,75
	m	16,44	88,63	51,53	6,89	35,45	88,17	49,85	7,73	54,78	3,18	162,25	285,93	37,99	109,44	36,51	105,48
	V(%)	35,14	98,25	19,07	16,87	14,32	24,34	20,92	18,51	3,67	5,06	22,35	59,84	16,38	12,43	27,28	56,56
10	M	938,00	1 991,50	562,00	2 009,00	193,50	1 278,00	700,50	826,00	2 308,50	1 400,00	49,00	117,50	3 1860,0	3 440,0	397,00	427,50
	m	23,43	99,59	34,39	563,55	17,95	160,63	64,06	0,38	450,34	18,14	2,27	5,10	354,28	68,46	4,16	96,95
	V(%)	9,35	18,71	22,90	104,96	34,72	47,03	34,22	0,17	72,99	4,85	17,32	16,25	28,43	5,99	3,92	84,85
11	M	1 290,0	2 252,33	867,67	683,00	199,67	968,33	592,33	901,67	3 380,0	1 256,33	211,67	508,00	3 480,0	3 496,00	443,67	423,00
	m	197,89	171,22	54,59	91,06	17,05	70,34	7,64	19,94	125,80	7,43	24,96	61,74	36,82	1,85	12,29	17,63
	V(%)	57,40	28,44	23,54	49,88	31,95	27,18	4,83	8,27	8,15	2,21	44,12	45,47	2,34	0,20	10,36	15,59
12	M	855,33	2 027,67	234,00	185,67	192,33	1 303,00	860,33	792,67	3 328,0	1 492,00	87,00	135,33	2 720,67	683,33	2 095,67	789,00
	m	49,81	17,35	0,93	6,68	22,88	42,08	55,15	61,31	165,42	77,59	10,10	5,89	94,61	149,29	295,98	78,45
	V(%)	21,79	3,20	1,48	13,47	44,50	12,08	23,99	28,94	12,24	19,46	43,45	16,28	13,01	81,74	52,84	37,20
13	M	808,00	1 689,00	50,00	672,50	192,00	101,00	349,00	136,00	3 478,0	123,00	35,50	103,00	561,50	825,50	104,50	133,50
	m	15,87	77,48	3,02	10,39	6,05	1,51	4,16	18,52	44,22	12,47	1,32	1,51	33,07	55,37	2,08	1,70
	V(%)	7,35	17,16	22,63	5,78	11,79	5,60	4,46	50,95	08,24	37,94	13,94	5,49	22,04	25,10	7,44	4,77
14	M	815,33	1 802,33	76,67	191,00	323,33	336,33	45,67	1 400,67	2 983,33	1 913,67	87,67	110,67	2 829,33	279,00	2 205,00	763,00
	m	30,02	49,14	6,87	12,27	14,84	40,89	2,27	102,44	239,17	42,07	4,33	5,67	165,62	6,94	90,81	40,99
	V(%)	13,78	10,20	33,52	24,03	17,17	45,49	18,62	27,37	30,00	8,23	18,48	19,15	21,90	9,31	15,41	20,10

## Угловые характеристики техники выполнения поворотов художественной гимнастики различной сложности (град)

элемент	Стат. показ.	правая сторона					левая сторона				
		Плечевой	Локтевой	Тазобедр.	Коленный	Голеност.	Плечевой	Локтевой	Тазобедр.	Коленный	Голеност.
На 720° нога вперед (N=12)	M	137,26	137,48	159,50	160,76	120,95	132,12	150,96	99,37	173,79	148,94
	m	2,82	2,49	0,40	1,08	1,04	2,02	1,42	1,14	0,05	0,38
	V(%)	7,69	6,79	0,94	2,53	3,22	5,73	3,51	4,30	0,10	0,95
Нога кверху (N=12)	M	56,72	153,83	166,28	161,31	151,92	39,44	141,44	97,21	159,59	145,32
	m	6,50	1,35	0,57	0,86	1,47	0,59	2,35	2,63	2,64	0,34
	V(%)	42,91	3,28	1,29	2,00	3,62	5,62	6,22	10,11	6,19	0,88
На 720° нога назад (N=12)	M	135,18	139,73	167,06	170,13	128,51	121,24	159,18	120,72	159,54	151,45
	m	2,00	1,51	0,80	0,89	4,77	0,98	1,01	2,79	1,56	1,26
	V(%)	5,54	4,04	1,80	1,96	13,88	3,03	2,38	8,66	3,66	3,11
На 720° нога в захват сзади (N=12)	M	91,75	134,73	135,07	174,98	130,09	112,15	109,89	88,33	84,14	161,44
	m	17,67	2,29	16,10	0,39	0,63	3,98	2,46	16,69	16,66	3,32
	V(%)	72,05	6,37	44,61	0,82	1,81	13,29	8,38	70,70	74,07	7,69
Нога назад в шпагат с наклоном (N=12)	M	51,03	160,29	94,58	171,38	104,65	79,56	155,81	145,64	157,58	158,72
	m	1,68	1,13	1,30	0,33	0,45	2,59	1,23	0,98	1,51	0,42
	V(%)	12,30	2,65	5,13	0,73	1,62	12,18	2,94	2,53	3,58	0,99
2 Фуэте (N=12)	M	84,05	111,69	168,75	175,99	141,79	84,09	83,15	88,98	62,81	157,54
	m	0,66	5,59	0,18	0,35	1,72	2,35	4,20	1,30	0,88	0,26
	V(%)	2,94	18,74	0,39	0,74	4,55	10,44	18,92	5,45	5,24	0,62
С захватом в сторону - вверх (N=12)	M	147,27	140,20	172,90	156,06	134,60	84,48	121,72	43,73	165,16	149,64
	m	2,31	1,80	0,45	0,36	2,07	0,98	1,13	0,70	0,23	0,65
	V(%)	5,87	4,79	0,97	0,85	5,76	4,34	3,47	5,96	0,52	1,63
«Циркуль» (N=12)	M	90,85	103,39	76,57	173,40	111,64	61,55	166,80	125,98	175,05	124,25
	m	3,18	4,34	2,76	0,09	0,55	1,81	0,23	1,53	0,30	3,97
	V(%)	13,11	15,70	13,48	0,19	1,84	10,99	0,52	4,53	0,65	11,96

Ускорения точек звеньев тела при выполнении поворотов различной сложности (рад/с<sup>2</sup>)

№ эл-та	Стат. показ.	лобая	шейная	Акр. пр.	Акр. лв.	ПЛ. пр.	ПЛ. лв.	Шил. пр.	Шил. лв.	ПП. пр.	ПП. лв.	СЛМБК. пр.	СЛМБК. лв.	НББ. пр.	НББ. лв.	Конеч. пр.	Конеч. лв.
1 N=12)	М	152,71	132,46	201,16	150,16	153,30	135,94	147,21	156,27	218,93	143,40	165,03	144,95	142,12	146,76	143,61	144,93
	m	3,63	2,77	2,39	2,00	1,34	0,85	5,16	3,91	15,85	4,05	1,22	0,21	0,70	3,82	2,48	1,76
	V(%)	8,90	7,83	4,44	4,99	3,27	2,34	13,12	9,37	27,08	10,56	2,78	0,55	1,84	9,75	6,46	4,54
2 N=12)	М	135,63	109,36	126,10	128,81	144,58	138,41	138,50	142,08	168,88	136,27	126,86	128,31	140,31	144,30	144,49	163,90
	m	7,56	1,92	9,16	1,16	7,12	4,27	5,12	1,01	10,04	10,81	1,29	2,97	3,54	3,66	11,79	3,69
	V(%)	20,85	6,57	27,19	3,37	18,43	11,54	13,84	2,66	22,25	29,68	3,81	8,65	9,45	9,48	30,53	8,41
3 N=12)	М	135,63	109,36	126,10	128,81	144,58	138,41	138,50	142,08	168,88	136,27	126,86	128,31	140,31	144,30	144,49	163,90
	m	7,56	1,92	9,16	1,16	7,12	4,27	5,12	1,01	10,04	10,81	1,29	2,97	3,54	3,66	11,79	3,69
	V(%)	20,85	6,57	27,19	3,37	18,43	11,54	13,84	2,66	22,25	29,68	3,81	8,65	9,45	9,48	30,53	8,41
4 N=12)	М	165,72	8 064,76	4 925,08	4 777,18	138,71	158,87	140,50	137,14	161,15	168,22	189,58	4 194,17	137,56	146,30	115,47	146,24
	m	4,53	1 835,42	1 108,56	1 191,98	4,44	4,54	0,38	1,40	3,81	5,84	2,82	1 005,13	3,28	3,66	2,61	2,68
	V(%)	10,23	85,15	84,22	93,36	11,96	10,68	1,02	3,81	8,84	13,00	5,56	89,67	8,92	9,36	8,44	6,85
5 N=12)	М	147,15	11 012,68	138,42	7 672,13	153,81	136,02	137,77	157,34	146,31	148,34	224,01	148,22	132,98	146,11	149,25	148,84
	m	2,12	1 330,62	1,28	662,84	5,19	2,47	3,74	0,82	3,13	5,58	7,67	3,80	1,31	2,01	5,63	2,20
	V(%)	5,38	45,21	3,46	32,33	12,62	6,79	10,16	1,95	8,01	14,08	12,81	9,58	3,69	5,15	14,11	5,53
6 N=12)	М	124,60	144,19	127,63	138,22	136,45	148,14	158,97	137,46	146,88	134,23	152,24	144,24	174,69	138,44	152,35	145,36
	m	1,01	3,21	4,95	6,01	3,49	3,70	2,45	1,78	3,29	6,20	5,36	1,55	5,73	5,86	2,46	9,66
	V(%)	3,04	8,32	14,51	16,26	9,58	9,35	5,77	4,85	8,38	17,27	13,18	4,02	12,27	15,83	6,03	24,88
7 N=12)	М	169,33	144,72	155,84	171,95	3 346,67	129,39	174,45	138,50	194,04	141,71	172,86	144,47	163,34	125,38	148,41	120,34
	m	4,33	6,58	4,47	3,00	1 467,43	8,05	9,46	2,51	9,25	8,91	3,91	3,67	2,79	1,64	1,50	9,16
	V(%)	9,58	17,02	10,73	6,52	164,06	23,28	20,29	6,78	17,83	23,52	8,46	9,51	6,39	4,89	3,79	28,48
8 N=12)	М	171,86	142,75	162,62	184,47	140,90	147,30	149,82	206,01	129,40	139,68	149,42	135,24	101,40	142,53	68,45	164,02
	m	3,02	2,53	0,45	6,97	2,28	2,12	4,60	1,69	3,87	6,52	12,18	0,90	1,00	3,34	3,39	3,42
	V(%)	6,58	6,63	1,03	14,13	6,04	5,39	11,50	3,07	11,19	17,48	30,50	2,49	3,70	8,78	18,54	7,81

## Максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении поворотов различной сложности (мкВ)

элемент	Стат. покат	Трапецевидная пр.	Трапецевидная лв.	Широкая спины пр.	Широкая спины лв.	Прямая живота пр.	Прямая живота лв.	Ягодичная пр.	Ягодичная лв.	Прямая бедра пр.	Двуглавая бедра пр.	Передняя б/берцовая пр.	Икроножная пр.	Прямая бедра лв.	Двуглавая бедра лв.	Передняя б/берцовая лв.	Икроножная лв.
нога вперед (N=12)	M	2288,0	3235,0	420,67	340,33	2385,67	2 777,0	1 690,0	310,0	717,33	2 235,0	1571,33	2 904,0	3 447,0	344,0	729,0	650,33
	m	116,12	122,67	25,68	2,86	305,72	198,28	26,90	9,54	83,46	109,81	36,06	186,80	35,0	63,96	13,01	175,21
	V(%)	18,99	14,19	22,84	3,14	47,95	26,72	5,95	11,51	43,53	18,38	8,59	24,07	4,03	69,57	6,68	100,8
нога кверху (N=12)	M	1 618,00	2 268,00	417,33	865,67	2 888,33	1 054,00	1 194,67	1 386,67	2 220,00	204,00	682,33	237,33	614,33	1 303,67	1 334,33	1 859,33
	m	31,55	224,72	12,32	66,73	141,60	94,81	55,71	51,08	296,68	17,40	6,60	36,57	74,10	136,26	137,59	48,74
	V(%)	7,30	37,07	11,05	28,84	18,34	33,66	17,45	13,78	50,00	31,91	3,62	57,65	45,13	39,11	38,58	9,81
нога назад (N=12)	M	1255,67	1439,33	204,67	215,00	122,00	302,33	386,33	671,00	274,00	471,33	1010,0	1522,0	1645,33	439,67	701,00	1120,0
	m	278,73	372,57	23,56	35,00	11,47	39,20	41,07	134,28	40,15	93,45	61,48	96,17	362,57	39,22	28,44	72,72
	V(%)	83,06	96,85	43,08	60,91	35,19	48,52	39,77	74,88	54,82	74,18	22,77	23,64	82,45	33,37	15,18	24,30
в кольцо с захватом (N=12)	M	1173,0	2 285,0	1123,33	303,67	694,33	1 008,33	504,67	691,0	578,33	822,0	1 315,67	1 918,67	1 504,33	438,33	1 140,33	379,33
	m	163,26	88,19	65,90	24,65	58,09	80,15	52,47	13,35	123,54	39,33	10,47	67,67	193,47	98,34	61,60	7,78
	V(%)	52,08	14,44	21,95	30,37	31,30	29,74	38,90	7,23	79,93	17,90	2,98	13,20	48,12	83,94	20,21	7,67
назад кверху с наклоном (N=12)	M	2 049,0	2 677,0	1 459,75	1 781,5	132,25	200,0	921,25	1 003,75	425,0	756,0	1 193,25	2 123,75	1 015,00	2 503,75	1 365,0	1 781,0
	m	99,17	127,50	58,63	90,70	9,17	17,57	29,96	29,93	127,9	63,32	83,29	77,53	268,42	169,73	44,46	85,64
	V(%)	18,11	17,82	15,03	19,05	25,94	32,87	12,17	11,16	112,60	31,34	26,12	13,66	98,95	25,37	12,19	17,99
Фуэте (N=12)	M	1 519,67	880,33	444,00	1 927,00	1 483,00	925,67	1 091,33	739,67	721,00	480,67	652,67	761,33	1 549,00	948,00	1 555,00	1 236,33
	m	126,80	102,19	49,22	280,60	373,03	210,99	74,85	43,09	209,98	66,60	66,27	36,62	130,80	139,58	73,51	59,98
	V(%)	31,22	43,43	41,48	54,48	94,12	85,28	25,66	21,80	108,97	51,84	37,99	18,00	31,60	55,09	17,69	18,15
в сторону кверху захватом (N=12)	M	2 901,00	2 948,67	625,33	680,33	1 534,33	1 418,00	1 264,67	1 559,33	327,67	188,33	752,33	1 135,67	2 696,00	1 148,33	1 556,33	1 866,00
	m	110,33	16,24	36,30	101,94	232,17	393,70	33,57	97,40	94,28	37,23	74,37	311,18	96,67	102,61	11,50	108,90
	V(%)	14,23	2,06	21,72	56,06	56,62	103,89	9,93	23,37	107,66	73,97	36,99	102,52	13,42	33,43	2,76	21,84
"Циркуль" (N=12)	M	1 291,00	801,67	1 041,67	1 052,67	1 790,67	716,67	435,00	736,00	2950,00	318,00	1 006,67	1 423,33	165,67	1 146,67	881,00	729,00
	m	67,45	80,81	57,10	10,06	256,74	146,68	72,53	56,53	259,55	67,70	111,05	286,58	16,85	118,44	48,75	35,92
	V(%)	19,55	37,72	20,51	3,58	53,65	76,58	62,38	28,74	33,80	79,65	41,28	75,34	38,06	38,65	20,70	18,44

## Угловые характеристики техники выполнения прыжков художественной гимнастики различной сложности (град)

элемент	Стат. показ.	правая сторона					левая сторона				
		Плечевой	Локтевой	Тазобедр.	Коленный	Голеност.	Плечевой	Локтевой	Тазобедр.	Коленный	Голеност.
Шагом в шпагат (N=12)	M	111,10	138,19	144,19	155,22	117,77	77,25	133,29	130,38	162,66	124,45
	m	1,85	0,91	5,25	2,79	2,46	13,61	5,56	3,39	2,41	8,07
	V%	6,22	2,46	13,63	6,74	7,81	65,94	15,62	9,74	5,54	24,27
Шагом в шпагат прогнувшись (N=12)	M	46,40	138,33	162,79	154,43	121,52	72,76	162,65	115,41	165,74	121,41
	m	0,61	2,80	0,59	0,73	2,80	1,15	0,10	0,74	0,52	0,48
	V%	4,95	7,58	1,36	1,78	8,63	5,91	0,23	2,40	1,18	1,49
Жете ан турнан в шпагат (N=12)	M	102,43	146,62	156,42	143,12	101,76	92,31	160,07	108,73	172,27	124,75
	m	1,94	2,70	0,35	2,21	1,40	2,02	1,06	1,78	0,17	11,95
	V%	7,10	6,89	0,83	5,78	5,15	8,18	2,47	6,13	0,38	35,84
Перекидной (N=12)	M	74,48	156,10	146,86	150,78	116,93	125,60	162,48	105,68	157,89	150,25
	m	1,93	0,88	1,99	3,34	2,48	3,38	1,61	1,00	1,07	0,45
	V%	9,68	2,12	5,06	8,28	7,92	10,07	3,70	3,56	2,53	1,13
С поворотом в шпагате (N=12)	M	71,24	118,22	131,08	107,25	70,20	71,86	104,50	82,38	147,55	141,94
	m	4,92	9,21	3,30	13,70	10,47	4,94	8,60	1,50	6,89	2,74
	V%	25,85	29,14	9,41	47,80	55,83	25,71	30,79	6,80	17,46	7,22
В кольцо двумя ногами (N=12)	M	105,76	146,81	123,58	62,10	164,72	121,56	160,70	116,19	73,45	168,58
	m	4,85	2,60	1,89	2,19	0,11	3,59	0,50	1,33	0,87	0,35
	V%	17,15	6,63	5,72	13,17	0,25	11,04	1,17	4,27	4,43	0,77
Со сменой положения ног в шпагат (N=12)	M	61,30	151,84	144,68	140,47	95,78	60,09	164,39	128,00	167,12	123,09
	m	6,22	2,22	1,64	0,96	2,65	1,93	1,13	1,07	1,50	0,19
	V%	37,95	5,47	4,23	2,57	10,34	12,03	2,57	3,12	3,36	0,58
В поп. шпагат с наклоном (N=12)	M	63,23	117,03	136,59	129,43	106,56	75,33	139,18	141,15	142,91	115,52
	m	10,26	11,99	4,46	4,75	5,99	13,55	6,78	2,85	4,72	7,27
	V%	60,70	38,34	12,22	13,73	21,03	67,32	18,23	7,55	12,36	23,54



## Приложение Ч

Максимальная амплитуда турнов электрической активности мышц при выполнении прыжков художественной гимнастики различной сложности (мкВ; N=12)

элемент	Статист. показ.	Трапециевидная пр.	Трапециевидная лв.	Широчайшая спины пр.	Широчайшая спины лв.	Прямая живота пр.	Прямая живота лв.	Ягодичная пр.	Ягодичная лв.	Прямая бедра пр.	Двуглавая бедра пр.	Передняя б/берцовая пр.	Икроножная пр.	Прямая бедра лв.	Двуглавая бедра лв.	Передняя б/берцовая лв.	Икроножная лв.
1.	М	2 808,67	2 417,33	699,67	670,00	2 666,00	2 689,67	1 588,67	951,67	2 705,00	921,67	1 198,67	2 493,67	851,33	1 545,00	952,67	931,67
	m	162,45	101,36	28,70	32,76	87,24	163,66	183,54	39,33	252,00	36,14	48,37	121,32	89,02	94,22	35,01	70,64
	V%	21,64	15,69	15,35	18,30	12,24	22,77	43,23	15,46	34,86	14,67	15,10	18,20	39,13	22,82	13,75	28,37
2.	М	1 844,00	2 538,33	1 002,33	1 091,67	2 625,00	3 254,00	629,67	1 046,33	1 960,33	714,00	1 089,00	1 899,00	1 945,67	1 437,00	820,00	1 194,33
	m	80,19	210,08	23,00	39,18	285,98	46,64	25,70	46,33	176,63	35,33	62,68	142,46	26,55	60,41	11,11	157,31
	V%	16,27	30,97	8,58	13,43	40,76	5,36	15,27	16,57	33,71	18,51	21,54	28,07	5,11	15,73	5,07	49,28
3.	М	2 058,33	2 205,00	1 655,00	928,67	2 196,33	1 981,33	1 577,00	1 242,67	1 929,67	1 050,00	1 201,67	2 482,00	1 826,00	1 409,00	1 130,00	1 349,33
	m	364,46	168,11	429,40	162,63	242,12	50,27	134,56	82,98	112,68	75,91	51,29	210,22	217,99	93,99	41,45	100,49
	V%	66,25	28,53	97,08	65,52	41,25	9,49	31,93	24,98	21,85	27,05	15,97	31,69	44,67	24,96	13,72	27,86
4.	М	2 075,33	3 246,00	641,00	698,00	691,00	495,00	1 331,33	872,67	1 226,67	868,67	1 145,00	2 272,00	426,67	1 853,00	959,67	1 408,67
	m	92,26	87,60	51,97	65,35	112,14	158,32	143,31	10,87	72,80	77,77	35,45	129,93	20,52	104,21	22,40	79,89
	V%	16,63	10,10	30,34	35,03	60,72	119,67	40,28	4,66	22,21	33,50	11,58	21,40	17,99	21,04	8,73	21,22
5.	М	1 845,00	2 790,00	1 043,67	1 425,33	2 230,67	2 980,67	1 135,67	886,00	2 702,00	921,67	1 282,33	2 033,67	2 975,00	515,00	936,67	1 276,67
	m	175,62	131,66	117,34	351,13	296,85	240,40	44,49	69,01	369,40	73,00	39,20	88,85	230,19	60,66	49,78	6,52
	V%	35,62	17,66	42,07	92,17	49,79	30,18	14,66	29,14	51,15	29,63	11,44	16,35	28,95	44,07	19,89	1,91
6.	М	2 109,00	3 170,33	785,67	1 133,00	1 395,33	2 105,67	324,67	565,33	3 450,00	1 323,33	1 037,67	984,00	1 209,67	1 485,67	991,00	787,33
	m	135,03	80,98	75,71	128,86	249,93	111,66	27,60	27,27	65,13	110,38	35,06	123,73	40,75	118,90	83,11	51,06
	V%	23,96	9,56	36,06	42,56	67,02	19,84	31,81	18,05	4,05	31,21	12,64	47,05	12,61	29,94	31,38	24,26
7.	М	1 374,67	2 223,67	927,33	975,00	1 843,33	948,67	408,00	845,33	1 176,00	894,00	1 070,00	1 115,67	290,67	1 110,33	1 172,33	1 382,00
	m	43,40	152,41	49,41	70,57	151,12	111,09	13,06	70,22	24,91	99,63	25,47	166,08	37,46	32,38	123,39	85,35
	V%	11,81	25,65	19,94	27,08	30,67	43,82	11,98	31,08	7,93	41,70	8,91	55,70	48,22	10,91	39,38	23,11
8.	М	1 595,33	2 310,67	748,00	878,67	3 423,67	3 340,00	1 287,33	1 099,33	3 047,67	637,00	1 351,33	1 854,33	3 075,00	1 107,33	1 090,00	1 782,00
	m	110,01	100,03	11,57	45,80	35,34	95,42	65,59	1,37	209,39	38,43	79,52	80,57	45,31	52,15	68,97	272,82
	V%	25,80	16,20	5,79	19,50	3,86	6,67	19,06	0,47	25,71	22,57	22,02	16,26	5,51	17,62	23,68	57,28