

На правах рукописи

ВИНОГРАДОВА Валентина Ивановна

БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМ УПРАЖНЕНИЯМ
(НА ПРИМЕРЕ ФИГУРНОГО КАТАНИЯ НА КОНЬКАХ)

Специальности:

13.00.08 – Теория и методика профессионального образования
01.02.08 – Биомеханика

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора педагогических наук

Санкт–Петербург
2003

Работа выполнена в Московском государственном техническом университете
“МАМИ”.

Официальные оппоненты: заслуженный работник высшей школы,
 доктор биологических наук,
 кандидат педагогических наук,
 профессор Зинковский Анатолий Викторович.

 член-корреспондент РАО,
 доктор биологических наук,
 кандидат педагогических наук,
 профессор Бальсевич Вадим Константинович.

 доктор педагогических наук,
 профессор Грозовский Григорий Львович.

Ведущая организация: Военный институт физической культуры

Защита состоится 29 октября 2003 г. в 16 часов на заседании
диссертационного совета Д212.229.28 в Санкт-Петербургском
государственном политехническом университете по адресу: 195220, Санкт-
Петербург, Гражданский пр., д. 28, ауд. 328.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского
государственного политехнического университета.

Автореферат разослан “ _____ “ _____ “ 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Г.И.Кутузова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Диссертация посвящена разработке биомеханических основ индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям на примере фигурного катания на коньках.

Профессиональное образование направлено на специальную подготовку человека к конкретной деятельности, становящейся основной в его трудовой и спортивной работе. Физическая культура и спорт как ее составляющая являются обязательным компонентом профессионального образования в российских вузах. Достижение высоких результатов в обучении исполнению физических упражнений возможно только при скоординированной деятельности преподавателя (тренера) и учащегося (спортсмена) на основе учета индивидуальных биомеханических особенностей учащегося. Выполненные в работе исследования позволили заложить биомеханические основы индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям.

Объектом исследования является совместная деятельность преподавателя (тренера) и учащегося (спортсмена), направленная на построение индивидуализированных образовательных, учебно-тренировочных и соревновательных программ, а также на выбор и использование технических средств повышения их эффективности в фигурном катании на коньках на основе биомеханики двигательных действий.

Предметом исследования являются построенные автором механико-математические модели спортсмена и его двигательных действий как теоретическое средство передачи знаний учащимся, которые используются для построения научно обоснованного индивидуально специализированного процесса обучения эффективному исполнению профессиональных физических упражнений, в том числе и в спорте высших достижений.

Методологией исследования являются принципы, законы и теоремы классической теоретической биомеханики, теория Н.А.Бернштейна о построении движений и теория А.Н.Крестовникова о двигательном навыке.

Концепцией выполненных исследований и разработки биомеханических основ индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям является

- выбор из бесконечного числа профессиональных физических упражнений только тех, по которым, главным образом, судят о мастерстве их исполнителя, например, о мастерстве спортсмена в рассматриваемом виде спорта;
- построение антропоморфных механизмов для изучения выбранных физических упражнений;
- построение математических моделей движений антропоморфных механизмов для выбранных физических упражнений;
- анализ количественного влияния антропометрических характеристик человека и параметров его двигательных действий на индивидуализацию профессионального обучения физическим упражнениям.

Концепция реализована в процессе индивидуализированного обучения физическим упражнениям на примере одноопорного скольжения и исполнения прыжков в фигурном катании на коньках.

Некоторые авторы (например, Эххард Майнберг и др.) педагогику физической культуры называют наукой о действии. При этом синонимом науки является теория, а действие - иное определение практики. В настоящее время наука о действии находится на эмпирической стадии своего развития, так как ее состояние характеризуется наблюдениями экспериментов, обработкой совокупности опытных данных, представляющих собой конечное число наблюдений, обобщение опыта при переходе от конечного числа членов данной выборки к бесконечному. Построение науки на наблюдениях является субъективным и не позволяет разобраться в сущности быстро протекающих двигательных действий спортсмена.

В.Н.Селуянов и Аиед Берхман в учебном пособии для студентов и слушателей Российской государственная академия физической культуры (Москва-1997) указывают, что наука о действии получила существенное ускорение развития в работах Брауне и Фишера, Н.А.Бернштейна, Д.Д.Донского, Д.Хейя. Брауне и Фишер оценили действующие силы при движении человека на основе ньютоновской механики (1889, 1906). Н.А.Бернштейн один из первых поставил вопрос об управлении опорно-двигательным аппаратом человека как основе теории двигательных действий. Д.Д.Донской и его последователи Х.Х.Гросс, В.Б.Коренберг, С.В.Дмитриев внесли свой вклад в теорию двигательных действий на основе педагогических наблюдений. Так пишут авторы указанного учебного пособия РГАФКа.

Однако, авторы учебного пособия, по которому обучают студентов, не упоминают о фундаментальных работах наших соотечественников в области теоретической биомеханики двигательных действий человека.

Наибольших успехов в создании теоретических основ науки о действии достигли С.Ю.Алешинский, Д.Г.Арсеньев, А.В.Зинковский, В.А.Шолуха. Они построили математические модели движений антропоморфных механизмов в дифференциальной форме. Модели оказались сложными, и результат удалось получить численным интегрированием только для движений спортсменов в сагиттальной плоскости.

Общий фундаментальный подход при построении теории обучения профессиональным физическим упражнениям, позволяющий формулировать педагогические рекомендации с количественным обоснованием для бесконечного числа движений, реализовать до настоящего времени не удалось. До сих пор в биомеханике не существует общей теории управления движениями.

На основании вышеизложенного построение биомеханических основ индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям является актуальной проблемой. Часть этой проблемы решается в выполненной работе на примере фигурного катания на коньках.

Фигурное катание на коньках является одним из наиболее сложных видов спорта, так как движения спортсмена в фигурном катании пространственные

и выполняются при одноопорном и двухопорном скольжении, а также без опоры при исполнении прыжков и зависят как от антропометрических характеристик спортсмена, так и от параметров его двигательных действий.

В литературе описывается только качественная сторона исполнения элементов фигурного катания на коньках.

Однако, качественные количественно не обоснованные результаты не дают полного представления о путях дальнейшего развития профессиональных физических упражнений, в том числе и в фигурном катании на коньках, из-за субъективизма выводов на основе наблюдений почти мгновенно протекающих двигательных действий и из-за ограниченности экспериментальных исследований в силу их технической сложности, трудоемкости и, как следствие, высокой стоимости. Требуются научно обоснованные представления о возможных путях дальнейшего развития профессиональных физических упражнений. В работе они формируются на примере фигурного катания на коньках для определения дальнейших усилий тренеров и спортсменов в организации индивидуально- специализированного процесса обучения фигурному катанию и технике достижения рекордных результатов.

Наиболее важными элементами в фигурном катании являются прыжки. Они являются наиболее сложными как в исполнении, так и в изучении их сущности.

Построение биомеханической теории исполнения прыжков и одноопорного скольжения по дуге как важнейших элементов фигурного катания, по исполнению которых судят о мастерстве фигуристов, может стать основой педагогической теории в этом виде спорта. Теоретические основы одноопорного скольжения по дуге и исполнения прыжков, которые изложены в диссертации, по своей сути являются новой базой для дальнейшего развития фигурного катания на коньках.

В широком смысле можно утверждать, что качественные методы профессионального обучения, традиционно раскрывающие совокупность свойств с помощью описания признаков, развиваются успешно. До последнего времени педагогическая наука остается, главным образом, на качественном уровне и содержит богатейший материал наблюдений и теоретические обобщения, завершающие и систематизацию материала. Однако, пока нет другой части, характеризующей развитую науку, - математической. Дополняя качественные представления формализованными обобщениями, педагогическая теория приобретает необходимую строгость.

Преобразующим средством педагогических исследований становится моделирование. Моделирование - это метод создания и исследования моделей. Главное преимущество моделирования - целостность представления информации. Сотни лет педагогика развивалась главным образом за счет анализа - расчленения целостного на части; синтезом как таковым пренебрегали. Моделирование основывается на синтезе, когда вычленяются целые системы и исследуется их функционирование.

В работе развивается научное направление, актуальность которого определяется Приказом В.В.Путина № 578 от 30.03.02г. “Перечень критических технологий РФ”. Раздел “Компьютерное моделирование”:

- теоретические основы и инструментарий для проведения математического моделирования и вычислительного эксперимента, включая *новые математические модели для естественных и гуманитарных наук*.

Целью работы является разработка биомеханических основ индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям на примере фигурного катания на коньках с использованием механико-математического моделирования фигуриста и его двигательных действий при одноопорном скольжении и в прыжках, с использованием количественной оценки влияния антропометрических параметров фигуриста, параметров его двигательных действий и с использованием технических параметров коньков для повышения эффективности одноопорного скольжения и увеличения многооборотности прыжков.

Научная гипотеза. Предполагалось, что классическая теоретическая механика позволит разработать биомеханические основы индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям на примере фигурного катания на коньках и с использованием простейших и многосвязных систем позволит построить биомеханические модели фигуриста и математические модели их двигательных действий, которые связывают антропометрические и динамические параметры единой зависимостью, позволит определить количественное влияние этих параметров на одноопорное скольжение по дуге и создание начального вращения в прыжках и станет основой индивидуализации обучения одноопорного скольжения и прыжкам с поворотами, по которым судят о мастерстве в спорте высших достижений.

Научную новизну составляют:

- концепция разработки биомеханических основ индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям, которая заключается в выборе из бесконечного числа только части физических упражнений, определяющих, например, мастерство спортсмена; в построении для выбранных физических упражнений антропоморфных механизмов и математических моделей их двигательных действий; в анализе количественного влияния антропометрических параметров человека и параметров его двигательных действий на эффективность обучения физическим упражнениям;

- построение технологии обучения спортсмена двигательным действиям в фигурном катании на коньках на основе принципов, законов и теорем классической теоретической механики;

- профессиональные средства повышения квалификации преподавателя и обучения ученика для индивидуализации тренировочного процесса и построения соревновательных программ в виде математических моделей двигательных действий при выполнении основных физических упражнений в фигурном катании на коньках;

- количественная оценка влияния антропометрических параметров фигуриста и динамических параметров его двигательных действий на одноопорное скольжение по дуге;

- количественная оценка влияния антропометрических параметров фигуриста и параметров его двигательных действий на создание начального вращения во всех известных прыжках всеми известными способами, которая используется для индивидуализации обучения с учетом возрастных изменений масс-инерционных характеристик спортсмена;

- определение роли настильной траектории полета фигуриста в создании художественного эффекта при исполнении прыжков;

- разработка методик совершенствования кинематической структуры одноопорного скольжения и прыжков с оборотами;

- обоснование эффективности использования упругих элементов в коньках для увеличения многооборотности прыжков;

- теоретическое обоснование педагогического резерва обучения фигуриста увеличению многооборотности прыжков в фигурном катании на коньках;

- механико-математические модели человека и его двигательных действий и количественные результаты параметрического анализа для построения научно обоснованных индивидуально специализированных программ обучения фигуриста технике исполнения сложнейших физических упражнений и для построения соревновательных программ.

Практическая значимость. Педагогическая польза построенных биомеханических основ исполнения профессиональных физических упражнений на примере фигурного катания на коньках состоит в возможности индивидуализации обучения, так как:

- определены скрытые от наблюдения биомеханические силы инерции, которые являются причиной срыва исполнения прыжка “Сальхов” и определены оптимальные двигательные действия с учетом сил инерции во время исполнения одноопорного скольжения по дуге и многооборотных прыжков;

- даны объективные оценки количественного влияния антропометрических параметров человека и его двигательных действий на одноопорное скольжение и увеличение многооборотности прыжков, которые позволяют управлять индивидуальным процессом обучения мастерству катания во время тренировок путем отбора и установления очередности исполнения прыжков в зависимости от возрастных изменений масс-инерционных характеристик ученика;

- получены математические модели одноопорного скольжения по дуге и исполнения всех известных прыжков всеми известными способами и их сочетаниями, которые просты и доступны для повышения квалификации преподавателей и для образования и самообразования учащихся;

- предложены конструкции коньков с упругими элементами, которые можно эффективно использовать для совершенствования техники исполнения основных физически упражнений в фигурном катании на коньках;

- результаты работы в совокупности позволяют индивидуализировать процесс обучения физическим упражнениям с учетом возрастных изменений масс-инерционных характеристик человека по научно обоснованным индивидуально специализированным тренировочным программам и строить соревновательные программы с оптимально подобранным числом и составом многооборотных прыжков.

Достоверность результатов работы обеспечивается применением совокупности методов классической теоретической механики, ее принципов, законов и теорем, анализом влияния полученных количественных результатов на эффективность обучения физическим упражнениям и успешной практикой их внедрения в учебные и тренировочные процессы.

Организация исследования. Педагогические наблюдения, формирование концепции исследования, построение биомеханической теории двигательных действий при исполнении основных физических упражнений в фигурном катании на коньках и использование результатов в педагогической практике проводились в период работы с фигуристами и преподавателем физической культуры и спорта в вузе.

В период работы

- 1964 - 1966 г.г. тренером сборной команды по фигурному катанию Московский областной совет добровольного спортивного общества “Труд” при подготовке спортсменов КМС и МС;

- 1966 - 1967 г.г. старшим тренером Детско-юношеской спортивной школы по фигурному катанию треста “Мосстрой 13” с группами начальной подготовки;

- 1975 - 1979 г.г. тренером ДЮСШ по фигурному катанию Балашихинского литейно-механического завода с учебно-тренировочными группами спортсменов 2-го и 1-го разрядов;

- 1979 - 1981 г.г. тренером по фигурному катанию ДЮСШ Московского городского совета “Зенит” с учебно-тренировочными группами спортсменов 1-го разряда и КМС

на основании педагогических наблюдений сформировалась гипотеза об эффективности оснащения коньков упругими элементами с целью повышения высоты прыжка и, следовательно, эффективности обучения учеников многооборотным прыжкам. Предложенные конструкции коньков с упругими элементами защищены авторскими свидетельствами.

В период работы

- 1981 - 1987 г.г. тренером по фигурному катанию сборной команды СССР Центрального Совета ВДФСО “Труд” с олимпийским контингентом на централизованных учебно-тренировочных сборах для кандидатов в основной, молодежный, юношеский и резервный составы сборной команды СССР ВДФСО “Труд”;

- 1987 - 1991 г.г. тренером по фигурному катанию МГС ВДФСО профсоюзов с олимпийским резервом и спецгруппой одиночников по разряду КМС и МС;

- со сборными страны и ведущими тренерами Г.Змиевской, Т.Москвиной, А.Мишиным, Э.Плинером, Т.Тарасовой и др., стала очевидной необходимость индивидуализации учебно-тренировочного процесса обучения с учетом антропометрических параметров спортсмена и его двигательных возможностей, вызванная трудностями увеличения многооборотности прыжков, особенно у женщин. Это был трудный период освоения исполнения прыжков в 3,5 оборота для мужчин и 2,5 оборота для женщин.

Задача, которая ставилась практикой учебно-тренировочного процесса, решалась автором работы на основании концепции, вытекающей из опыта педагогической работы с высококвалифицированными спортсменами.

Внедрение результатов работы. Результаты работы внедрены в процесс обучения:

- студентов Российской государственной академии физической культуры в виде учебного пособия "Биомеханика. Одноопорное скольжение фигуриста";

- студентов Московской государственной академии физической культуры по курсу теории и методики фигурного катания на коньках;

- учащихся и спортсменов ДЮСШ стадиона "Авангард" с целью индивидуализации учебно-тренировочного процесса обучения прыжкам и совершенствования исполнительского мастерства.

Основные положения, выносимые на защиту:

- концепция исследования, в основе которой лежит принцип выделения и изучения важнейших физических упражнений для индивидуализации профессионального обучения;

- теоретическая биомеханика как основа индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям и индивидуализации построения соревновательных научно обоснованных программ на примере фигурного катания на коньках;

- построенные механико-математические модели фигуриста и его двигательных действий как средство повышения квалификации тренеров и индивидуализации обучения спортсменов технике исполнения профессиональных физических упражнений спорта высших достижений;

- организация учебного процесса на основе индивидуализированных методик, разработанных с учетом антропометрических и морфологических особенностей спортсменов;

- технология индивидуализированного профессионального обучения физическим упражнениям на примере одноопорного скольжения на коньках и многооборотным прыжкам;

- технические средства для повышения эффективности индивидуального обучения многооборотным прыжкам в фигурном катании на коньках.

Объем и структура диссертации.

Работа изложена на 300 страницах машинописного текста, содержит 60 таблиц и 57 рисунков. Она состоит из введения, 10 глав, обобщения резуль-

татов, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложения. Список аннотированной литературы представлен 221 работами отечественных и 20 работами зарубежных авторов. Приложение содержит акты о внедрении результатов научных исследований в практику и 5 авторских свидетельств на изобретения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении изложена характеристика работы. Обосновывается актуальность рассматриваемой проблемы, формулируется цель исследования, излагается научная новизна работы и основные положения, которые выносятся на защиту. Показывается достоверность результатов исследования и его практическая ценность.

Обзор исследований других авторов, который приводится во введении, доказывает необходимость построения биомеханической теории для индивидуализации профессионального обучения физическим упражнениям на примере фигурного катания на коньках.

Глава 1. Биомеханические основы обучения одноопорному скольжению по дуге

В первой главе изложена техника и технология обучения одноопорному скольжению фигуриста по дуге.

Рассматривается биомеханика одноопорного скольжения фигуриста при малых углах отклонения его тела от нормали к поверхности льда.

При этом обосновывается допущение, что массу фигуриста можно сосредоточить в его центре масс. В результате определяется закон движения фигуриста под действием силы его веса P , силы F трения его конька о лед и реакции опоры N (льда). Показано, что величина силы F трения конька о лед зависит от скорости v скольжения фигуриста, радиуса R кривизны траектории скольжения и, естественно, от массы M фигуриста. Закон скольжения позволяет определить время и пройденный путь до остановки фигуриста, которые учитываются при составлении тренировочных программ.

При моделировании фигуриста стержнем, длина которого равна росту фигуриста, а масса равна массе фигуриста, определяются геометрические параметры равновесного скольжения фигуриста по дуге. Показано, что часто принимаемое в научных работах и учебниках допущение о прохождении реакции опоры N через центр тяжести фигуриста не соответствует действительности. В наших исследованиях эта ошибка исправлена. Если угол α отклонения оси тела фигуриста от нормали к поверхности льда велик, то равновесное скольжение фигуриста по дуге описывается нелинейным уравнением

$$\frac{\omega^2}{3g} \left(R - \frac{l}{2} \sin \alpha \right) \frac{3R - 2l \sin \alpha}{2R - l \sin \alpha} \cos \alpha - \frac{\sin \alpha}{2} = 0 . \quad (1)$$

Результаты численного решения этого уравнения представлены в виде графиков на рис. 1 и рис. 2 для фигуриста, рост которого $l=1,7$ метра.

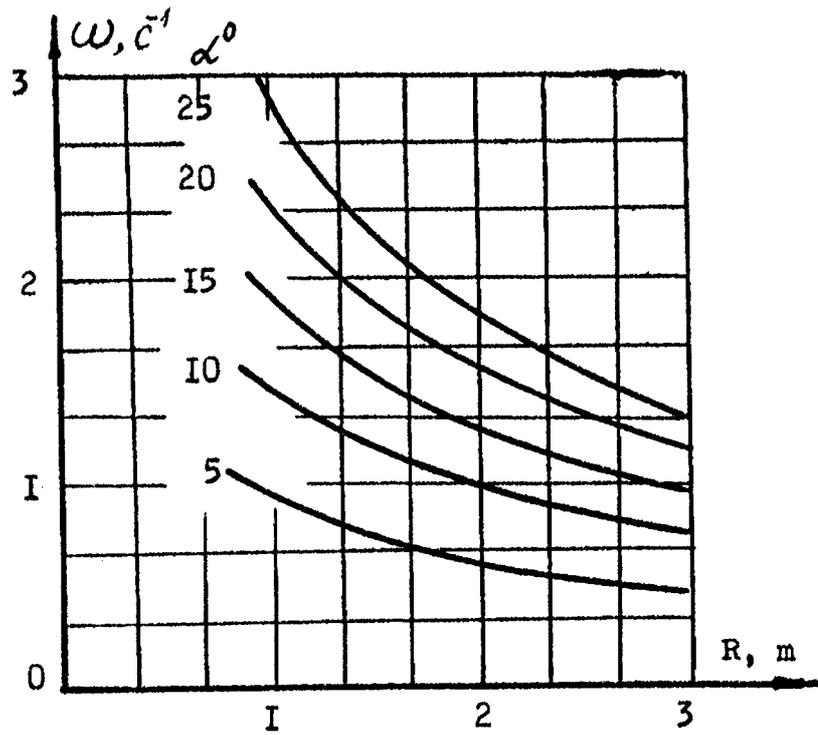


Рис. 1 Зависимость угловой скорости ω фигуриста от радиуса R кривизны его следа и угла α его наклона.

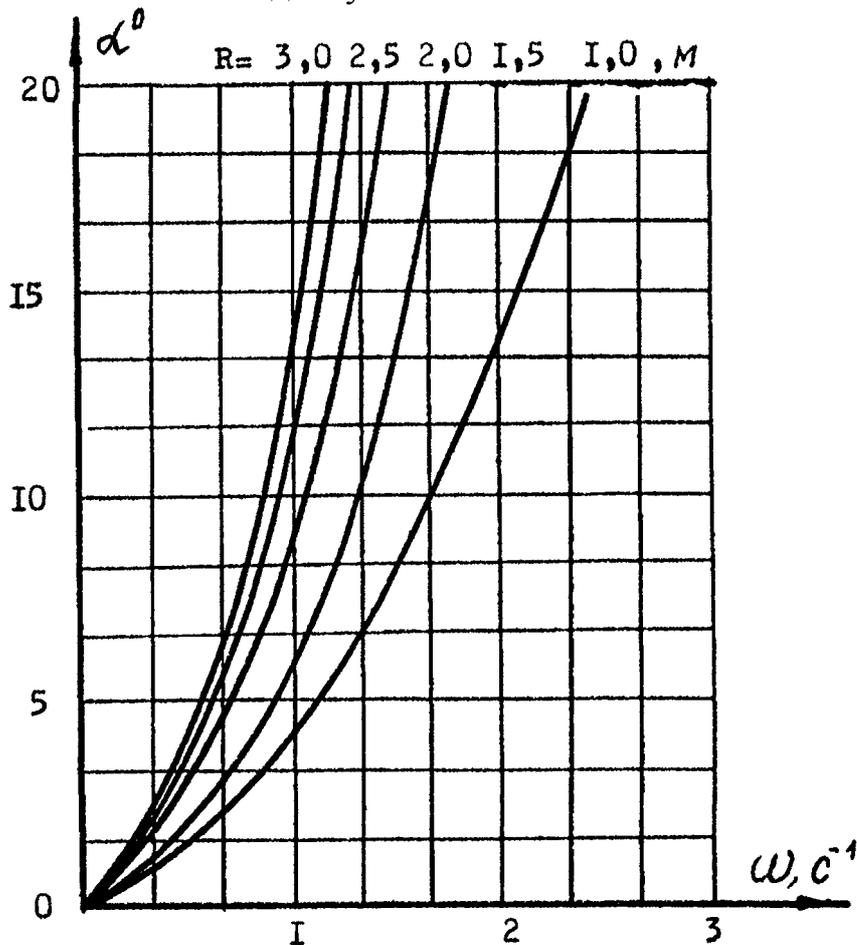


Рис.2 Зависимость угла α наклона фигуриста от угловой скорости ω и радиуса R его следа.

При обучении фигуриста должно учитываться большое изменение угла α отклонения фигуриста от нормали к поверхности льда при незначительных изменениях угловой скорости ω равновесного скольжения его по дуге, которые показаны на рис. 1 и рис. 2.

Перед прыжком, когда начальное вращение создается скольжением по дуге, может случиться, что ось вращения будет пересекать тело фигуриста на расстоянии z со стороны головы. Обнаружено, что равновесное состояние фигурист может сохранять только тогда, когда это расстояние z меньше $1/3$ его роста l .

С целью определения влияния на динамику скольжения фигуриста по дуге его антропометрических параметров и уточнения влияния динамических параметров по сравнению с полученным для однородного стержня и с целью построения научно обоснованной программы обучения скольжению по дуге в диссертации рассмотрены трехзвенные и четырехзвенные модели фигуриста с выделением в качестве звеньев головы, туловища, ног и отдельно каждой руки, а также головы, туловища, одной ноги и отдельно другой ноги и каждой руки соответственно. В каждой из этих моделей рассматривалась цилиндрическая и коническая формы туловища. Для количественных параметрических исследований принимались рост $l=172,2$ см и масса фигуриста $m=69,4$ кг фигуриста. Известным способом были определены массовые параметры k двух рук $2k_p=0,09892$, головы $k_r=0,06940$ и туловища $k_t=0,83168$ для трехзвенных моделей, соответственно $2k_p=0,09892$, $k_r=0,06940$, $k_t=0,6330$ и ноги $k_n=0,19866$ для четырехзвенных моделей. Линейные размеры L определены с помощью уравнений регрессии. Для всех моделей фигуриста они имеют размеры $L_p=0,636$ м для руки, $L_n=0,6890$ м для ноги и $L_t=1,45$ м для туловища. Дополнительно принято $r=0,1$ м - радиус головы, $R_{ц}=0,2$ м - радиус цилиндрической модели туловища, $R_k=0,3464$ м - радиус основания конической модели туловища, который находится из условия равенства объемов и длин моделей туловищ фигуриста, безразмерная координата $\xi=x/L_t=0,6138$ крепления ноги к туловищу фигуриста с началом в точке опоры его конька о лед. Далее для туловища, где это возможно, индекс t опускается и в формулах длина туловища обозначается L без индекса.

С использованием принципа Даламбера в диссертации получены многопараметрические (массовые доли и линейные размеры частей тела человека, а также динамические параметры его равновесного движения) формулы для определения угловой скорости ω скольжения по дуге радиуса R трехзвенных и четырехзвенных моделей фигуриста с цилиндрической и конической формами туловища. Для четырехзвенной модели фигуриста с цилиндрической формой туловища, показанной на рис. 3, формула имеет вид

$$\omega^2 = g \frac{\left[\left(1 - \frac{1}{2} k_T \right) L + r k_r \right] \sin \alpha + k_H \left[(\xi - 1) \sin \alpha - \frac{1}{2} \xi \sin \alpha_1 \right] L}{(k_r A + 2k_p B + k_t C) \cos \alpha + k_H D}, \quad (2)$$

где $\alpha_1 = \alpha + \varphi$, φ - угол отклонения ноги от оси фигуриста,

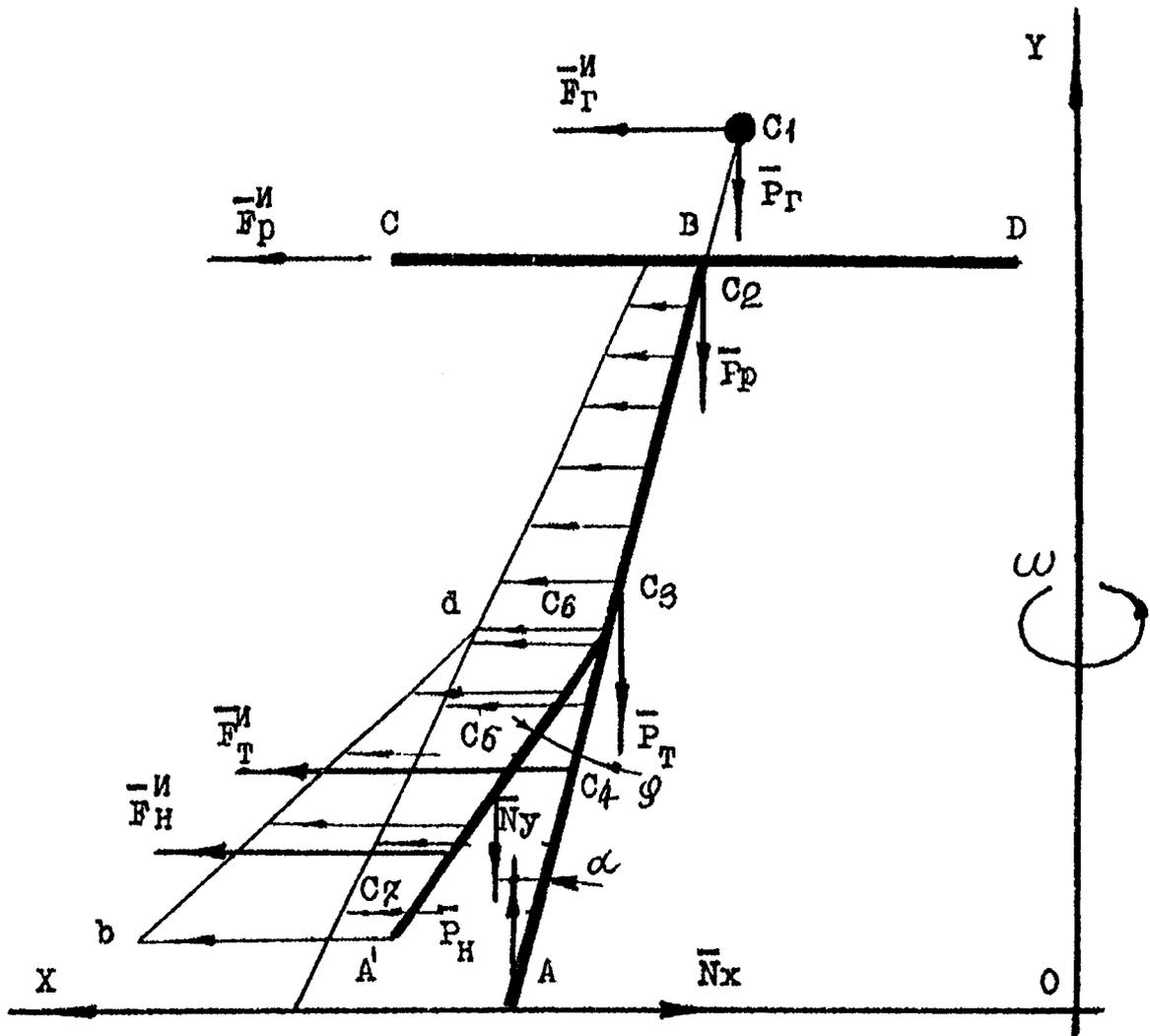


Рис. 3 Расчетная схема для четырехзвенной модели фигуриста с цилиндрической формой туловища. Здесь \bar{P}_i , \bar{F}_i ($i=\Gamma, p, n, T$) соответственно силы веса и равнодействующие линейно распределенных даламберовских сил инерции для головы, рук, ноги и туловища фигуриста; C_i ($j=1, \dots, 7$) – точки приложения сил; \bar{N}_x , \bar{N}_y – составляющие реакции опоры; ω – угловая скорость скольжения по дуге радиуса OA .

$$A = [R - (L + r)\sin \alpha](L + r); B = (R - L\sin \alpha)L;$$

$$C = \frac{1}{3} \left(R - \frac{1}{2} L \sin \alpha \right) \frac{3R - 2L \sin \alpha}{2R - L \sin \alpha} L;$$

$$D = \left[R - \left(\sin \alpha - \frac{1}{2} \sin \alpha_1 \right) \xi L \right] \left[\cos \alpha - \frac{1}{3} \frac{3R - (3 \sin \alpha - 2 \sin \alpha_1) \xi L}{2R - (2 \sin \alpha - \sin \alpha_1) \xi L} \cos \alpha_1 \right] \xi L.$$

Для четырехзвенной модели фигуриста с конической формой туловища, показанной на рис. 4, формула имеет вид (2) с той лишь разницей, что при параметре k_T вместо коэффициента $1/2$ получен коэффициент $2/3$, и C определяется по формуле

$$C = \left(R - \frac{2}{3} L \sin \alpha \right) \frac{\frac{R}{3} - \frac{L \sin \alpha}{4}}{\frac{R}{3} - \frac{L \sin \alpha}{4}}.$$

Количественные исследования показали, что в зависимости от значений динамических параметров изменение угловой скорости ω скольжения по дуге многократное - до 4,5 раза - должно использоваться для создания художественного эффекта при обучении фигуристов, так как фигурист может без отталкивания изменять угловую скорость скольжения по дуге.

Сравнение значений угловой скорости скольжения по дуге, полученных для трехзвенной модели фигуриста с цилиндрической формой туловища и полученных при моделировании фигуриста однородным стержнем показало, что они отличаются не более, чем на 0,5%. Таким образом, моделирование фигуриста однородным стержнем допустимо только при определении влияния динамических параметров R и α на угловую скорость ω равновесного скольжения.

Количественные исследования показали, что угловая скорость скольжения по дуге для фигуриста с цилиндрической формой туловища выше, чем для фигуриста с конической формой туловища. В зависимости от формы туловища фигуриста и значений динамических параметров угловая скорость равновесного скольжения фигуриста с конической формой туловища отличается на 30%-40%. При обучении фигуриста и составлении соревновательных программ полученные результаты необходимо учитывать. При отборе спортсменов для исполнения прыжков, начальное вращение в которых создается скольжением по дуге, преподаватель (тренер) должен учитывать существенное влияние на угловую скорость равновесного скольжения формы туловища фигуриста.

С помощью закона сохранения момента количества движения при условии, что группировка не изменяет ни форму, ни размеры туловища фигуриста, ни его массу, получены формулы для определения угловой скорости ω^* скольжения фигуриста по дуге. Для четырехзвенной модели фигуриста эта формула в зависимости от угловой скорости ω перед группировкой, от динамических и антропометрических параметров имеет вид:

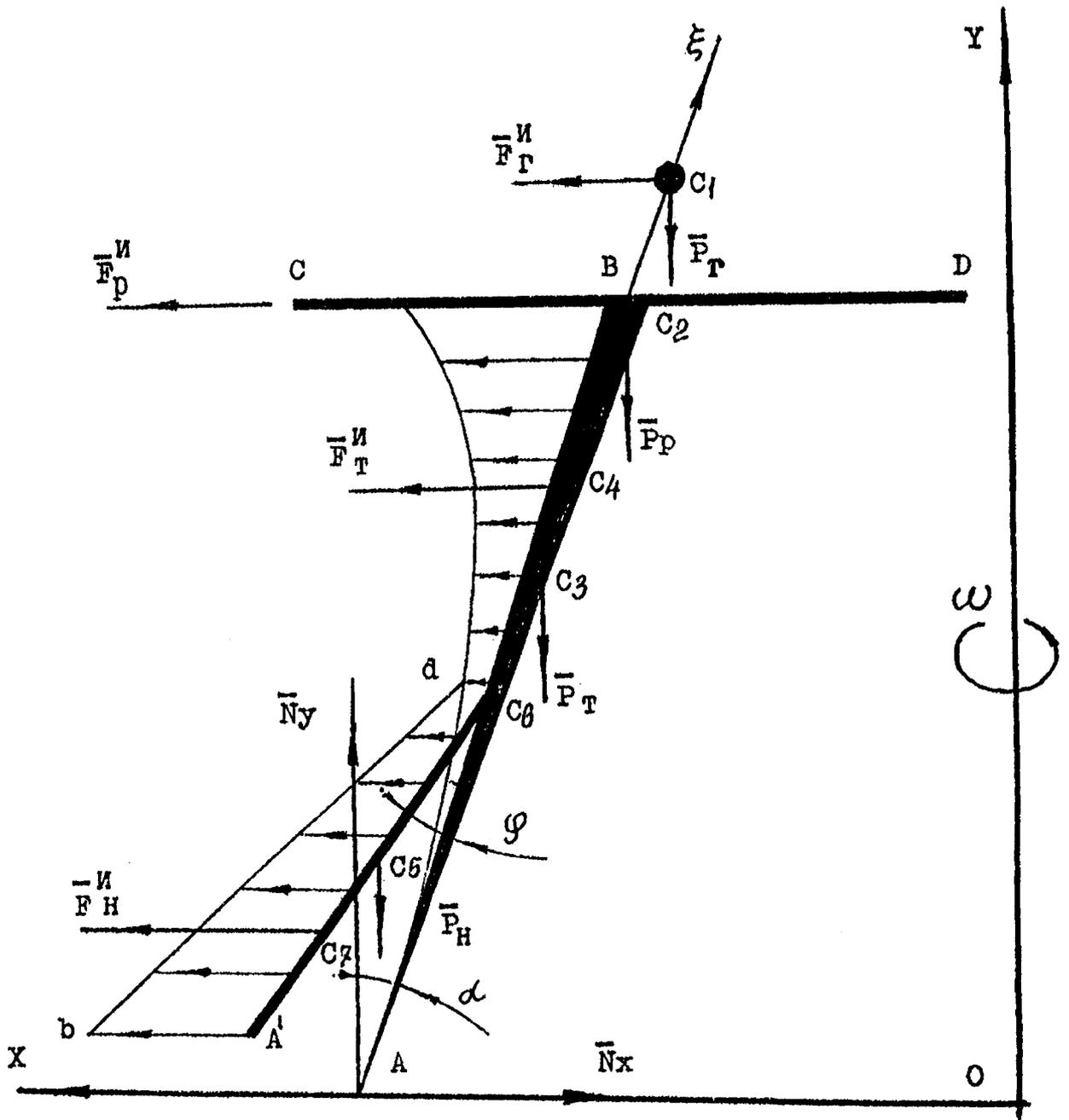


Рис. 4 Расчетная схема для четырехзвенной модели фигуриста с конической формой туловища. Здесь \bar{P}_i , \bar{F}_i^{II} ($i=\Gamma, p, n, t$) соответственно силы веса и равнодействующие линейно и нелинейно распределенных даламберовских сил инерции головы, рук, ноги и туловища фигуриста; C_i ($j=1, \dots, 7$) – точки приложения сил; \bar{N}_x , \bar{N}_y – составляющие реакции опоры; ω – угловая скорость скольжения по дуге радиуса OA.

$$\omega^* = \omega \frac{k_T A + 2k_P B + k_T C + k_H D}{k_T A + (k_T + 2k_P + k_H) C}, \quad (3)$$

где $A = 0.4r^2 + [R - (L + r)\sin \alpha]^2$; $B = \frac{4}{3}L_P^2 + [R - (L\sin \alpha + L_P)]^2$;

$$D = \frac{1}{12}L_H^2 \sin^2 \alpha_1 + R^2 + L_H \left(\frac{1}{2} \sin \alpha_1 - \sin \alpha \right) \left[2R + L_H \left(\frac{1}{2} \sin \alpha_1 - \sin \alpha \right) \right];$$

$$C = \frac{1}{3}L^2 \sin^2 \alpha + \frac{1}{2}R_K^2 \cos^2 \alpha + R(R - L\sin \alpha) - \text{для цилиндрической формы}$$

туловища;

$$C = \frac{67}{45}L^2 \sin^2 \alpha + 0.3R_K^2 \cos^2 \alpha + R \left(R - \frac{4}{3}L\sin \alpha \right) - \text{для конической формы}$$

туловища.

Исследования показали, что отношение ω^*/ω угловых скоростей скольжения по дуге после и до группировки изменяется до 32% в зависимости от величины параметров R и α . Влияние ноги, участвующей в группировке, изменяет отношение угловых скоростей на 12% и 10% для цилиндрической и конической форм туловища фигуриста. Более подробные количественные исследования одноопорного скольжения фигуриста по дуге содержатся в диссертации.

Выявлены антропометрические и морфологические особенности спортсменов легли в основу разработки системы упражнений, направленных на индивидуализацию процесса обучения одноопорному скольжению по дуге.

Глава 2. Создание начального вращения в прыжках скольжением по дуге

Известно, что способ создания начального вращения в прыжках скольжением по дуге является основным для прыжка “Сальхов”. Для модели фигуриста в виде однородного стержня математической моделью его движений перед прыжком при создании начального вращения является нелинейное уравнение

$$\frac{\omega^2}{3g} \left(3a^2 + \frac{5}{2}al\sin \alpha + \frac{l^2}{2}\sin^2 \alpha \right) \cos \alpha - a\sin \alpha - \frac{l}{2}\sin^2 \alpha = 0. \quad (4)$$

Результаты его решения представлены в виде графиков на рис. 5 и рис. 6. Рост фигуриста $l=1,7$ м. Из графиков следует, что угловая скорость ω скольжения по дуге для создания начального вращения особенно быстро увеличивается при малых значениях a расстояния головы фигуриста от оси вращения и малых значениях угла α отклонения фигуриста от нормали к поверхности льда.

Для малых углов α , когда $\sin \alpha = \alpha$, а $\cos \alpha = 1$, из уравнения (4) следует совсем простая для использования формула

$$\alpha = a(g/\omega^2 - 1/3).$$

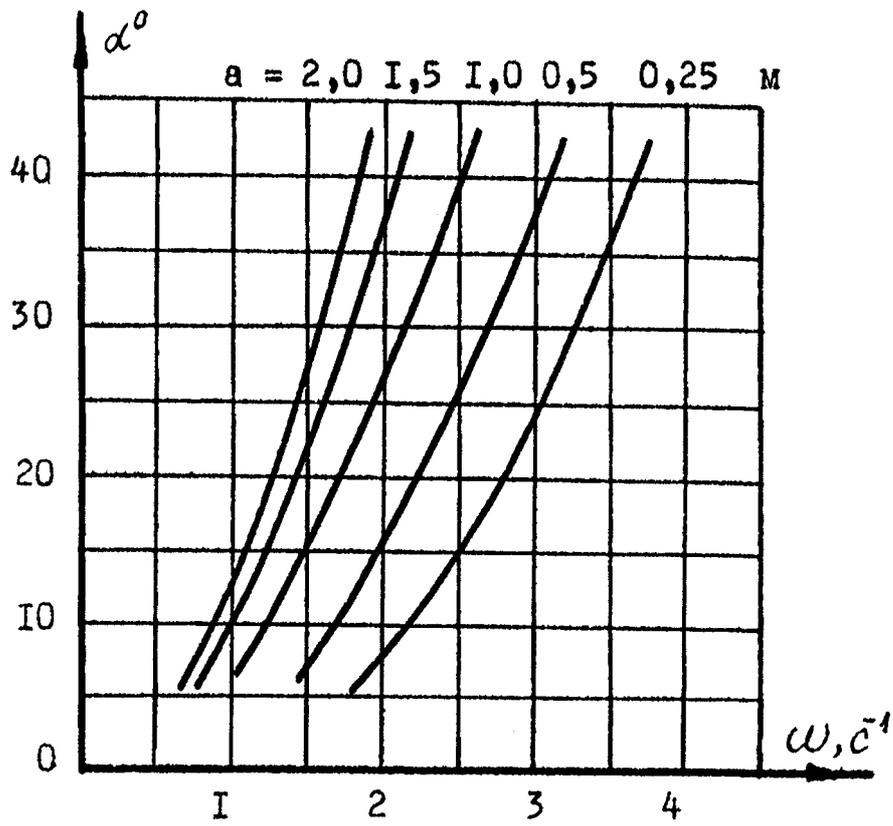


Рис. 5 Зависимость угла α от величины угловой скорости ω и a – расстояния головы фигуриста от оси вращения.

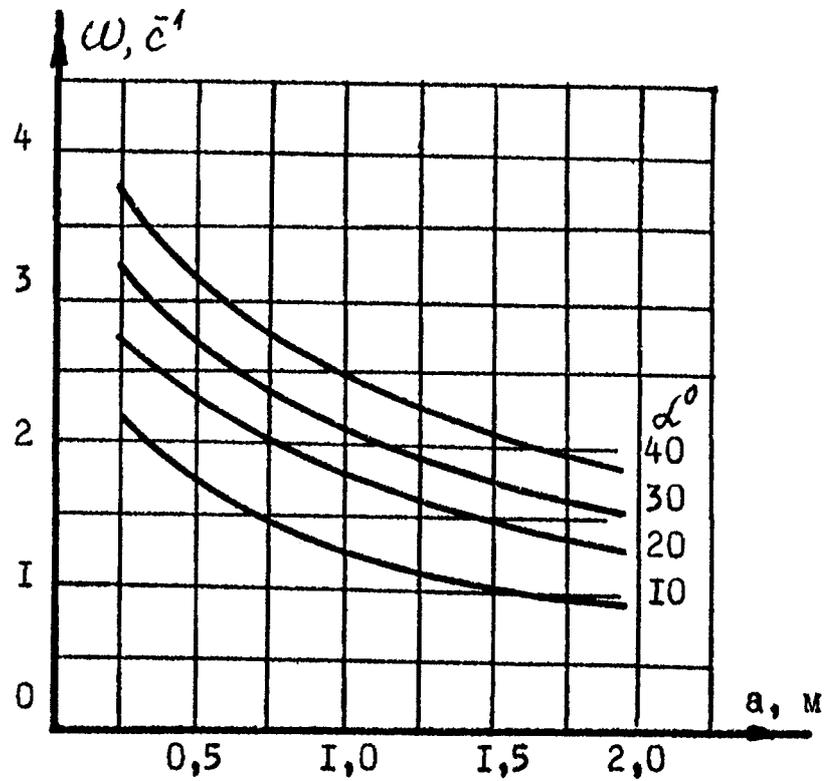


Рис.6 Зависимость угловой скорости ω от расстояния a его головы от оси вращения.

Для четырехзвенной модели фигуриста с конической формой туловища, показанной на рис. 4, зависимость начальной скорости ω^{**} вращения в прыжках скольжением по дуге с группировкой фигуриста в момент отрыва ото льда получена с помощью закона сохранения момента количества движения

$$\omega^{**} = \omega \frac{k_G A + 2k_P B + k_T C + k_H D}{0.4k_G r^2 + 0.3(k_T + 2k_P + k_H)R_K^2}, \quad (5)$$

где А, В, С и D определяются соотношениями из (3).

Аналогичные формулы приведены в диссертации для четырехзвенной модели с цилиндрической формой туловища, а также для трехзвенных моделей с цилиндрической и конической формами туловища фигуриста.

Количественные исследования, результаты которых приведены в диссертации, показали, что цилиндрическая форма туловища фигуриста предпочтительнее конической при создании начального вращения в прыжках, так как при одинаковых значениях остальных параметров позволяет увеличивать многооборотность прыжков.

Глава 3. Техника и технология обучения созданию начального вращения в прыжках закручиванием тела

Такой способ создания начального вращения является основным для исполнения многооборотных прыжков “Петля”, “Тулуп”, “Флип”, “Лутц”.

Исследования выполнены с использованием закона сохранения момента количества движения теоретической механики.

Предполагается, что тело фигуриста закручивается по линейному закону с началом в точке опоры конька о лед, а скорость вращения плеч в момент отрыва фигуриста ото льда обозначается ω_0 .

При принятых допущениях для конической формы туловища получено, что скорость ω вращения фигуриста в полете на 20% меньше скорости ω_0 вращения плеч в момент отрыва ото льда. Для цилиндрической формы туловища скорость вращения фигуриста в полете в 2 раза меньше скорости ω_0 вращения его плеч. Таким образом, показано, что форма туловища фигуриста оказывает существенное влияние на скорость ω его вращения в полете и, следовательно, должна учитываться при индивидуализации процесса обучения спортсмена технике исполнения прыжков.

Фигурист может достичь максимально возможной скорости вращения в полете и, следовательно, максимальной многооборотности прыжка при совмещении момента отрыва ото льда с моментом достижения максимальной скорости вращения плеч. Указанное условие необходимо соблюдать всем спортсменам независимо от их индивидуальных особенностей.

Получены формулы для скорости ω вращения фигуриста в полете, учитывающие его антропометрические параметры.

Для конической формы туловища фигуриста

$$\omega = \frac{2\left(\frac{1}{3}\frac{L_P^2}{R^2} + 1\right)k_P + 0.4r^2\frac{k_\Gamma}{R^2} + \frac{xL_H^2k_H}{3L}\frac{\sin^2\alpha}{R^2} + \frac{1}{4}k_T}{0.3(2k_P + k_H + k_T) + 0.4r^2\frac{k_\Gamma}{R^2}}\omega_0,$$

где R - радиус основания конуса, r - радиус головы фигуриста, α - угол отклонения ноги от оси фигуриста, остальные обозначения указывались выше.

Для цилиндрической формы туловища фигуриста структура формулы аналогична конической, а заменяется лишь коэффициент в знаменателе с 0,3 на 0,5.

Параметрический анализ влияния масс-инерционных характеристик и линейных размеров частей тела фигуриста выполнен с вариацией одного из параметров L_p , L_n , R, L, k_p , k_n при неизменных значениях всех остальных. Получены следующие результаты, составляющие основу индивидуализации обучения:

- для исполнения прыжков, начальное вращение в которых создается закручиванием тела, предпочтительнее спортсмены с конической формой туловища. При этом скорость ω вращения фигуриста в полете превышает скорость ω_0 вращения его плеч в 2,23 раза для средних антропометрических параметров;

- если форма туловища фигуриста цилиндрическая, то указанное выше превышение составляет 1,35 раза;

- перспективными для создания начального вращения закручиванием тела являются стройные фигуристы с длинными руками. Исследования показывают, что если руки на 20% длиннее усредненного значения, то скорость вращения в полете увеличивается на 23%; если радиус R тела на 20% меньше усредненного значения, то скорость вращения в полете увеличивается на 35%;

- за счет отклонения ноги наибольшего эффекта можно достичь, если угол отклонения находится в интервале значений 30^0-60^0 ;

- рост L, вес рук и ног фигуриста почти не оказывают влияния на скорость вращения его в полете.

Глава 4. Техника и технология обучения созданию начального вращения в прыжках скольжением по дуге и закручиванием тела

В диссертации обосновывается механико-математическая модель движений фигуриста при исполнении прыжков “Сальхов”, получаемая сложением вращений вокруг двух параллельных осей. Вращения направлены в одну сторону с угловой скоростью ω_1 скольжения по дуге и скоростью ω_2 вращения фигуриста вокруг его оси. Угловая скорость ω_2 выражается через скорость ω_0 вращения плеч фигуриста при закручивании его тела. Рассматривается четырехзвенная модель фигуриста с конической формой туловища. Получена формула для определения начальной скорости ω^* вращения фигури-

ста в прыжках, когда основным является способ создания начального вращения скольжением по дуге

$$\omega^* = \frac{D + R^2 \omega_1}{0.4k_r r^2 + 0.3(k_T + 2k_P + k_H)R_K^2}, \quad (6)$$

где $A = 0.4k_r r^2 + \frac{8}{3}k_P L_P^2$; $B = k_T R_K^2$; $C = \frac{1}{4}k_H L_H^2 \sin \alpha \left(\frac{1}{3} + \sin \alpha \right)$;

$$D = A(\omega_0 + \omega_1) + B(0.25\omega_0 + 0.3\omega_1) + C(\xi\omega_0 + \omega_1).$$

Моделирование движений при выполнении прыжка “Петля”, когда основным является способ закручивания тела, выполняется методом последовательных приближений. В первом приближении получена формула

$$\omega^{*(1)} = \frac{D + \frac{R^2}{D}(A + 0.3B + C)\omega_1^2}{0.4k_r r^2 + 0.3(k_T + 2k_P + k_H)R_K^2},$$

где A, B, C и D определяются выражениями из (6).

Исследования показали, что использование вспомогательного способа закручивания тела при выполнении прыжка “Сальхов” позволяет увеличить начальную скорость вращения на 80%, то есть закручивание тела позволяет более, чем в 1,5 раза увеличить многооборотность прыжка.

При выполнении прыжка “Петля” влияние динамических параметров R и α вспомогательного способа скольжения по дуге незначительное. Влияние же основного параметра ω_1/ω_0 вспомогательного способа скольжения по дуге на увеличение отношения ω^*/ω_0 (показатель многооборотности прыжка), как следует из графиков на рис. 7 и рис. 8, весьма значительное. Из графиков следует, что увеличение отношения ω_1/ω_0 на 0,1 при прочих неизменных параметрах приводит к увеличению отношения ω^*/ω_0 , то есть начальной скорости вращения в прыжках, приблизительно в 2 раза.

Указанные антропометрические различия спортсменов легли в основу создания дифференцированных комплексов физических упражнений для обучения технике начального в прыжках скольжением по дуге и закручиванием тела.

Глава 5. Техника и технология обучения созданию начального вращения в прыжках стопорящим действием конька о лед

Создание начального вращения в прыжках стопорящим действием конька о лед (основной способ) происходит при выполнении прыжка “Аксель”.

Для определения основных закономерностей создания начального вращения в прыжках фигурист моделировался однородным цилиндрическим телом, центр тяжести которого совпадал с центром тяжести фигуриста. Предполагалось, что цилиндр точкой нижнего основания с эксцентриситетом относительно его оси касается поверхности льда и создает стопорящее действие, эквивалентное действию конька о лед, в виде силы трения **F**. С использованием теоремы об изменении кинетической энергии вращения в работе

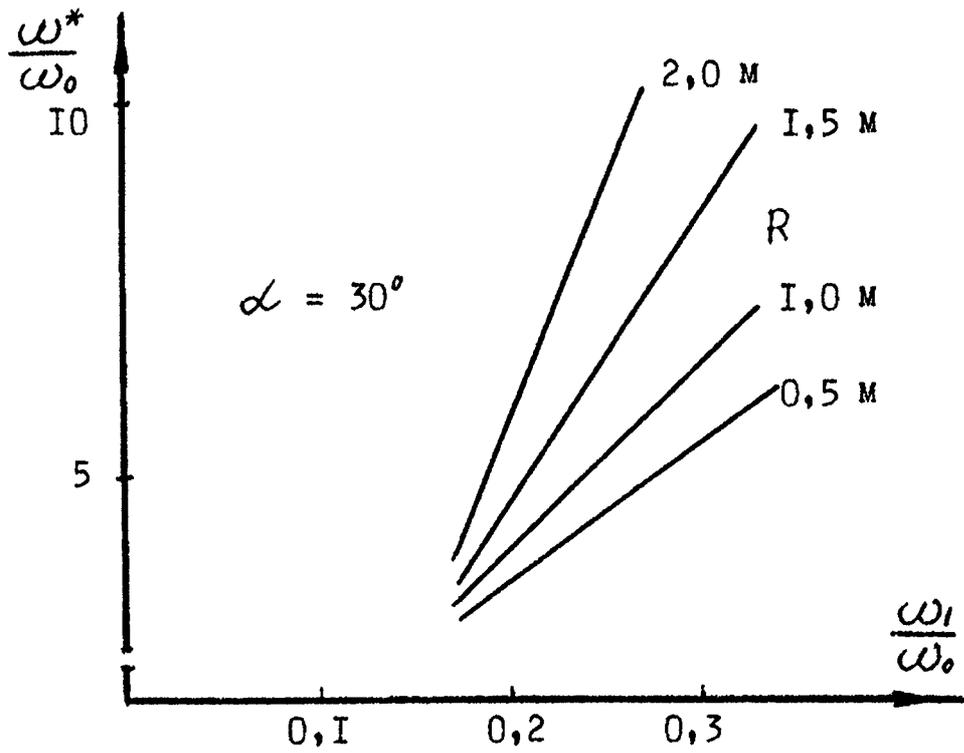


Рис. 7 Параметрические зависимости отношений $\frac{\omega^*}{\omega_0}$.

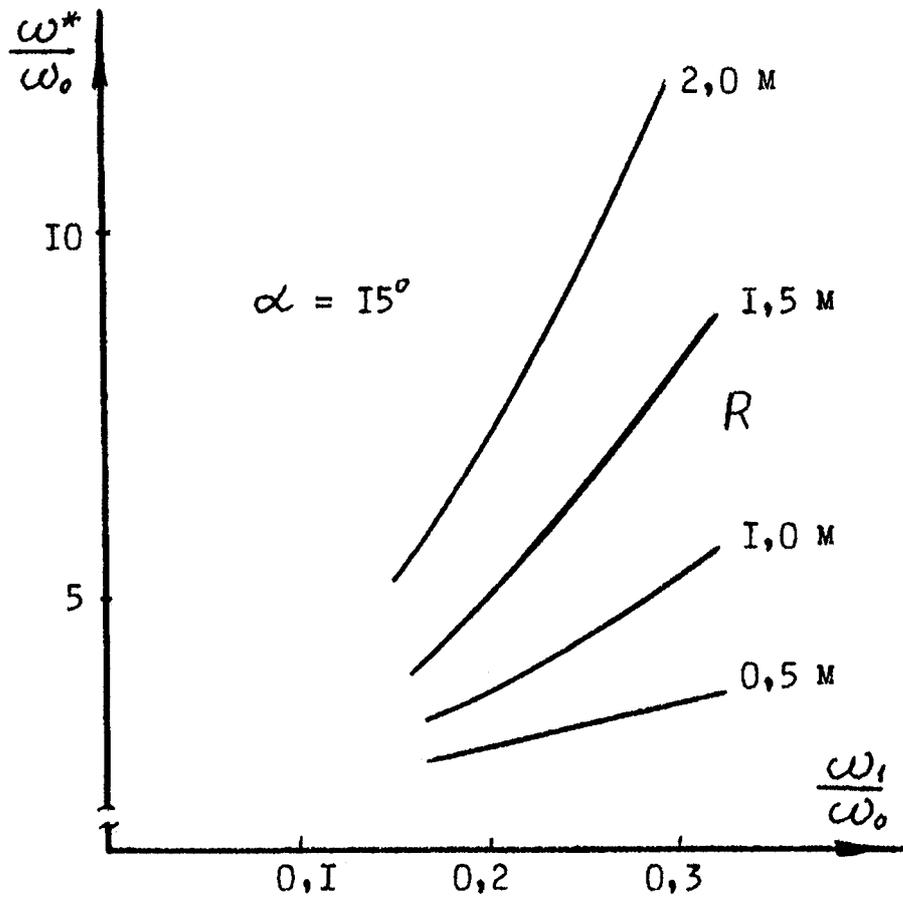


Рис. 8 Параметрические зависимости отношений $\frac{\omega^*}{\omega_0}$.

получена формула для определения величины скорости ω вращения фигуриста в момент отрыва его ото льда

$$\omega = \sqrt{(F/m) \frac{\sin \varphi}{r^2/e + 2e}}, \quad (7)$$

где m - масса фигуриста, r - радиус цилиндра, e - эксцентриситет точки касания коньком льда относительно оси фигуриста, φ - угол поворота фигуриста перед отрывом ото льда.

Для использования на практике формулы (7) и других, приведенных в работе, необходимо знать величину силы трения F стопорящего действия конька о лед. Определить эту силу можно только экспериментально по параметрам движения фигуриста.

В работе определено время t^* стопорящего действия конька о лед по теореме об изменении количества движения

$$t^* = \frac{m(V_0 - V^*)}{F}.$$

Длина x^* следа стопорящего действия конька о лед определена по второму закону Ньютона

$$x^* = \frac{m(V_0^2 - V^{*2})}{2F}. \quad (8)$$

В формулах m - масса фигуриста, v_0 - скорость скольжения фигуриста перед стопорящим действием конька о лед, v^* - скорость скольжения фигуриста перед отрывом его ото льда.

Из формулы (8) следует, что

$$F = \frac{m(V_0^2 - V^{*2})}{2x^*}.$$

Все величины, входящие в правую часть этой формулы, легко измеряются экспериментально. Таким образом, экспериментально определяется сила F стопорящего действия конька о лед.

Из формулы (7) следует, что начальная скорость ω вращения фигуриста достигает максимального значения ω^* , когда угол поворота фигуриста за время стопорящего действия конька о лед будет равен $\varphi=90^0$, а $\sin\varphi=1$. При повороте фигуриста на угол $\varphi=80^0$ начальная скорость вращения в прыжках отличается от своего максимального значения всего на 1%. Если угол поворота составляет 50^0 , то уменьшение скорости ω составляет 12,5%.

Очевиден важный вывод для организации учебно-тренировочного процесса, связанного с его индивидуализацией. Фигурист может не стремиться к повороту на угол $\varphi=90^0$, так как при уменьшении угла поворота и, следовательно, значительном упрощении исполнения прыжка происходит небольшая потеря начальной скорости ω вращения фигуриста в полете.

Используя экспериментально полученные результаты А.Н.Мишина для фигуриста, момент инерции тела которого равен $0,12 \text{ кгм}^2$, рост - $L=1,7 \text{ м}$, вес - 60 кг , а значение горизонтальной скорости $v_0=6,45 \text{ м/с}$ фигуриста перед

стопорящим действием конька о лед и ее значение $v^*=4,58$ м/с перед отрывом ото льда, находим радиус соответствующей модели туловища. Он равен 0,2 м.

Для различных длин x^* следа стопорящего действия конька, который оставляет фигурист на поверхности льда, определены средние значения силы F трения.

Таблица 1.

Значения силы F трения конька о лед в зависимости от длины x его следа.

x^* , м	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
F , Н	6188	3094	2063	1547	1238	1031	8840	7740	6880

Исследования показали, что сокращение длины x^* следа стопорящего действия конька о лед приводит к значительному увеличению начальной скорости ω^* вращения фигуриста. При этом больших успехов в увеличении многооборотности прыжков будут добиваться фигуристы, радиус туловища которых меньше.

Полученные результаты учитываются при обучении фигуристов.

Глава 6. Техника и технология обучения созданию начального вращения в прыжках стопорящим действием конька и закручиванием тела

Самым распространенным способом создания начального вращения в прыжках фигурного катания на коньках является закручивание тела. Стопорящее же действие конька о лед для создания начального вращения в большей или меньшей степени встречается во всех прыжках. Стопорящее действие конька о лед является основным способом создания начального вращения в прыжке “Аксель”, вспомогательным в прыжках “Тулуп”, “Флип” и “Лутц” и сопутствующим в прыжках “Сальхов”, “Петля”.

Создание начального вращения фигуриста в прыжках основным способом - стопорящим действием конька о лед - и вспомогательным способом - закручиванием тела - рассматривалось на основе только трехзвенной модели фигуриста с конической формой туловища, потому что использование четырехзвенной модели с малым влиянием группировки ноги и цилиндрической формы туловища не несет дополнительной существенной педагогически полезной информации.

Расчетная схема модели представлена на рис. 9. Очевидно, что начальное вращение фигуриста создается парой сил \mathbf{FF}' . Многопараметрическая формула для определения начальной скорости вращения фигуриста в прыжках без группировки получена с помощью теоремы теоретической механики об изменении кинетической энергии. Начальная скорость ω вращения фигуриста в прыжках, которая создается только стопорящим действием конька о лед и группировкой, получена с использованием закона сохранения момента количества движения, формула имеет вид:

$$\bar{\omega} = \frac{1}{G} \sqrt{\frac{1}{x^*} \Delta V (V_0 + V^*) [(1 - k_T)L_T + k_T r] E \sin \alpha \sqrt{\sin \varphi}},$$

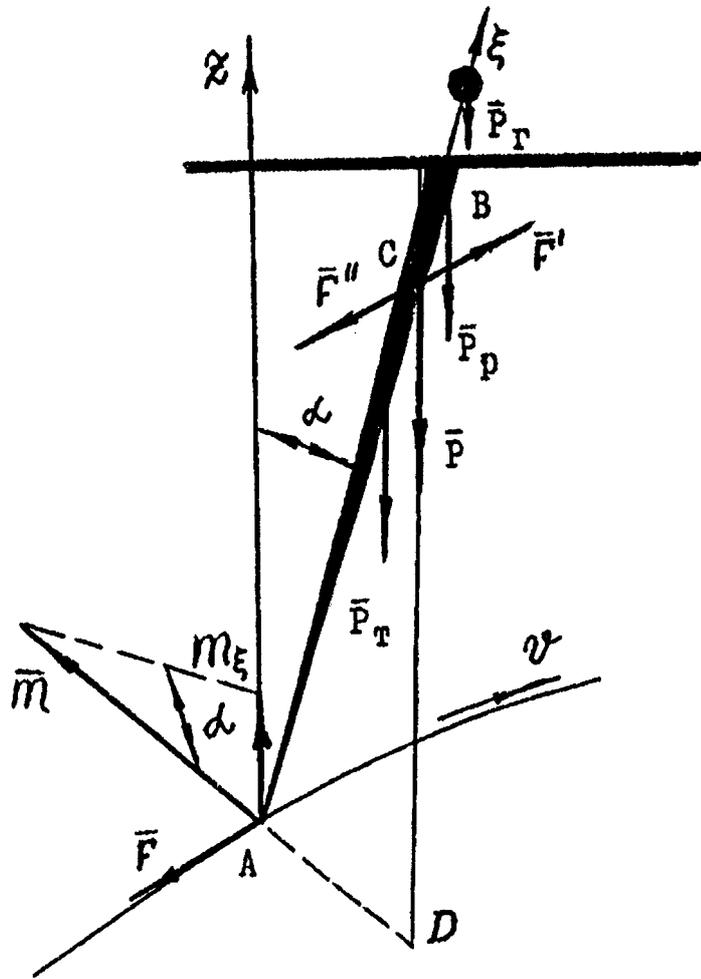


Рис. 9 Расчетная схема для трехзвенной модели фигуриста с конической формой туловища. Здесь \bar{P}_i ($i=\Gamma, p, T$) - силы веса головы, рук и туловища фигуриста; \bar{P}_i - его вес; \bar{F} - сила трения стопорящего действия конька; $\bar{F}'\bar{F}''$ - уравновешенная система сил, модуль каждой из которых равен модулю силы \bar{F} трения; m_ξ - момент пары сил FF' вращения фигуриста; \mathcal{V} - скорость его скольжения.

где $A = 0.4r^2 + [(L_T + r)\sin\alpha]^2$; $B = \left(\frac{2}{3}L_P^2 + L_T^2 \sin^2\alpha\right)$; $\Delta V = V_0 - V^*$;

$$C = \left\{ \frac{47}{45}L_T^2 + [(1 - k_T)L_T + k_T r]^2 \right\} \sin^2\alpha + 0.3R_K^2 \cos\alpha;$$

$$G = 0.4k_T r^2 + 0.3(2k_P + k_T)R_K^2; E = k_T A + k_P B + k_T C.$$

Если начальное вращение в прыжках создается с использованием вспомогательного способа - закручивания тела, то формула для определения начальной скорости ω вращения принимает вид $\hat{\omega} = \bar{\omega} + N\omega_0$, где

$$N = 0.4k_T r^2 + \frac{8}{3}k_P L_P^2 + 0.25k_T R_K^2.$$

В работе выполнены исследования влияния динамических параметров, угла α отклонения фигуриста от нормали к поверхности льда, угла φ поворота фигуриста во время стопорящего действия конька о лед и длины x^* следа стопорящего действия конька, который остается на льду, на величину начальной скорости ω вращения фигуриста в прыжках, которая создается только стопорящим действием конька о лед. При увеличении угла α отклонения фигуриста от нормали к поверхности льда во время стопорящего действия конька о лед при неизменных значениях прочих параметров начальная скорость ω вращения в прыжках возрастает многократно, приблизительно в 4 раза при увеличении угла α от 5° до 20° . Причина состоит в том, что с увеличением угла α увеличивается момент пары сил $\mathbf{F}\mathbf{F}'$, вызывающий вращение фигуриста при стопорящем действии конька о лед. При сокращении длины x^* следа стопорящего действия конька о лед начальная скорость ω вращения в прыжках возрастает. При сокращении, например, длины следа стопорящего действия конька о лед от 0,5 м до 0,1 м начальная скорость вращения в прыжках возрастает более, чем в 2 раза. Подтверждается ранее полученный вывод о том, что потеря начальной скорости вращения в прыжках с уменьшением величины угла φ поворота фигуриста во время стопорящего действия конька о лед от 90° до 50° приводит к снижению начальной скорости вращения всего на 12,5% и к резкому упрощению исполнения прыжка.

Исследования выполнены для начальных скоростей ω вращения фигуриста в прыжках, создаваемых основным способом - стопорящим действием конька о лед - и вспомогательным способом - закручиванием тела - в зависимости от динамических параметров α , φ , x^* основного и ω_0 вспомогательного способов создания начального вращения в прыжках. Исследования выполнены при условии, что максимальная величина скорости вращения плеч совпадает с моментом прекращения стопорящего действия конька, то есть с моментом отрыва фигуриста ото льда, и моментом группировки фигуриста. В случае несогласованности перечисленных моментов двигательных действий фигуриста неизбежно снижение начальной скорости вращения фигуриста в прыжках. Количественный анализ показал, что с уменьшением значений уг-

лов α отклонения фигуриста от нормали к поверхности льда вклад вспомогательного способа в увеличение начальной скорости ω вращения фигуриста в прыжках возрастает. Увеличение скорости ω за счет уменьшения длины x^* следа стопорящего действия конька о лед особенно проявляется при уменьшении вклада вспомогательного способа на создание начального вращения в прыжках. Количественные значения влияния указанных и других параметров на увеличение многооборотности прыжков, создаваемых основным и вспомогательными способами, приводятся в работе. Влияние параметров в различных сочетаниях на увеличение многооборотности прыжков изменяется от 20% до 100% и должно учитываться при обучении фигуристов при составлении тренировочных и соревновательных программ. Выявленное количественное влияние различных параметров и их комбинаций на величину начальной скорости вращения в прыжках открывает педагогические резервы в достижении рекордной величины многооборотности исполнения прыжков "Лутц", "Тулуп" и "Флип".

Глава 7. Обучение созданию начального вращения в прыжках на основе пятизвенного антропоморфного механизма"

Антропоморфный механизм как механическая модель фигуриста для построения математических моделей его двигательных действий при создании начального вращения в прыжках скольжением по дуге, закручиванием туловища фигуриста и стопорящим действием конька о лед построен в виде шарнирно соединенных модели туловища в виде однородного цилиндра, моделей рук в виде однородных стержней и моделей ног в виде однородных конусов; голова моделировалась однородным шаром, жестко соединенным с туловищем.

Для различных способов создания начального вращения в прыжках на основе антропоморфного механизма получены математические модели его двигательных действий в виде зависимостей скорости начального вращения от антропометрических параметров и параметров его двигательных действий.

Выполнен сравнительный анализ влияния параметров на скорость начального вращения в прыжках на основе трехзвенного, четырехзвенного и пятизвенного механизмов, когда вращение создается скольжением по дуге, закручиванием туловища и стопорящим действием конька о лед. Максимальное расхождение в результатах для трехзвенного и пятизвенного механизмов не превышало 54%, а для четырехзвенного и пятизвенного механизмов не превышало 12%. Таким образом, дальнейшее увеличение числа звеньев антропоморфного механизма с целью построения параметров в ряд по степени их влияния на увеличение многооборотности прыжков лишено практического смысла.

На рис. 10 показан пятизвенный антропоморфный механизм фигуриста и система сил, действующая на фигуриста при создании начального вращения в прыжках, которое создается стопорящим действием конька о лед. Основные обозначения на рис. 10 те же, что и на рис. 9.

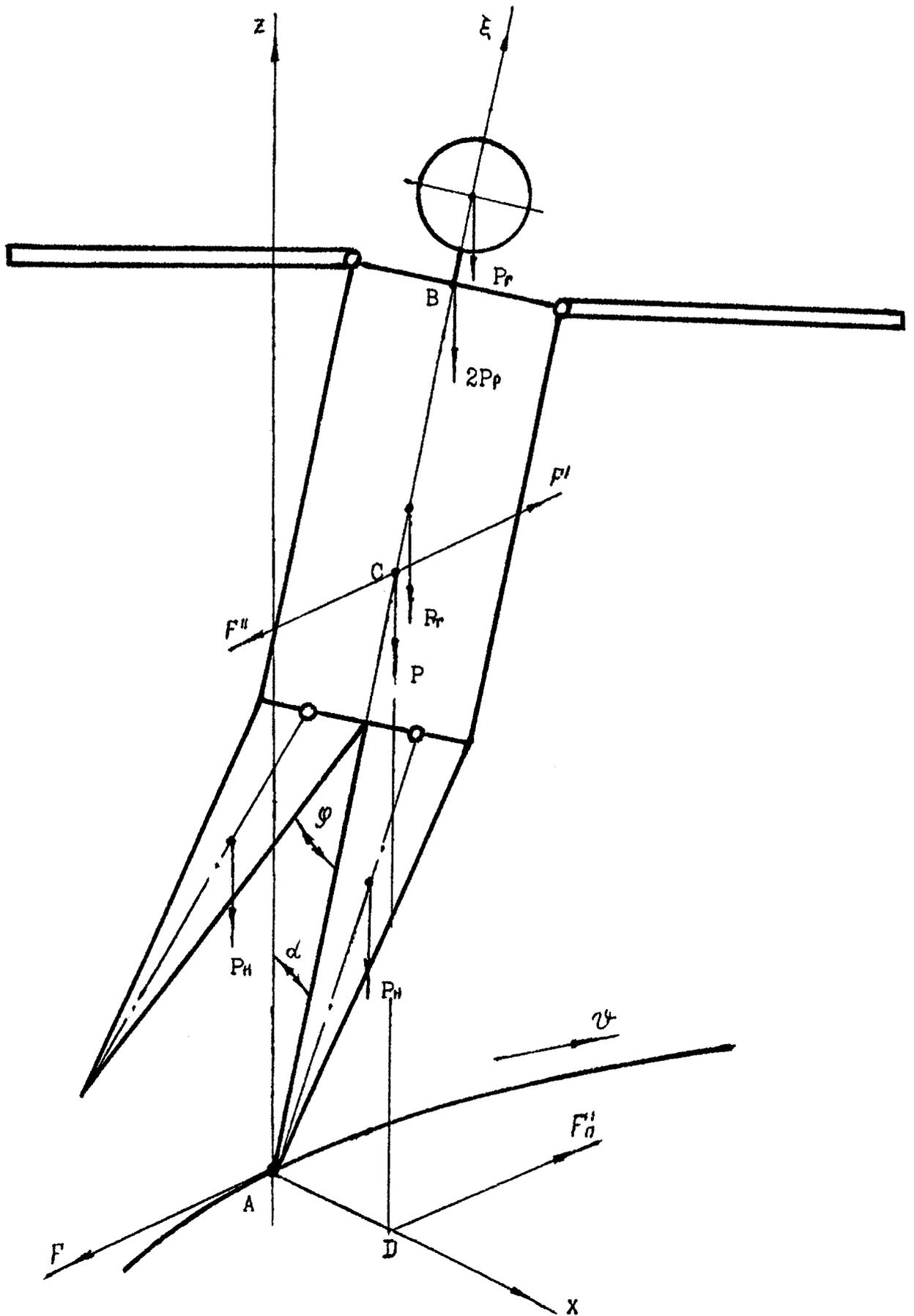


Рис. 10 Антропоморфный механизм фигуриста.

ся расположением лезвия конька с отклонением от направления движения фигуриста при приземлении, то фигуристу трудно сохранить равновесие, если его горизонтальная скорость движения большая. Только фигуристы с высокой техникой исполнения прыжков способны прыгать по настильной траектории, которая высоко оценивается судьями и хорошо воспринимается зрителями на соревнованиях.

После завершения полета по навесной траектории горизонтальная скорость скольжения фигуриста по поверхности льда небольшая. Хотя при этом удается без срыва прыжка исправить неточное исполнение приземления, судьи такое исполнение прыжка по навесной траектории оценивают с незначительной ошибкой.

Известно из академического решения, что высота H и время t полета фигуриста не зависят от траектории полета, то есть не зависят от скорости скольжения фигуриста перед прыжком, а зависят только от силы толчка фигуриста в вертикальном направлении.

Знание преподавателями и самими спортсменами описанных закономерностей и внедрение их в профессиональное обучение способствует повышению художественного мастерства при исполнении прыжков.

Увеличение многооборотности прыжков фигурист может достичь с помощью увеличения высоты прыжка и, следовательно, времени полета, а помочь этому могут технические средства. В работе показано, что из многих наиболее эффективным будет то средство, которое использует накопленную энергию в упругих элементах, например, в сжатых пружинах. Определив в этом случае коэффициент k динамичности, нами показано, что высота прыжка $H_{д}$ после первого отталкивания будет

$$H_{д} = kH, \quad k_{i+1} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H_{дi}}{f_{ст}}},$$

где i - номер последовательно исполняемого прыжка, $f_{ст}$ - статическая осадка пружины под действием веса фигуриста.

После очередного отталкивания высота полета и, следовательно, время полета возрастают. В работе выполнено исследование рассматриваемого явления и обоснована перспективность надления коньков упругими элементами.

Глава 9. Коньки для обучения исполнению многооборотных прыжков

Предложены различные конструкции коньков, надленных упругими элементами для повышения высоты полета с целью увеличения многооборотности прыжков, которые признаны изобретениями и защищены авторскими свидетельствами. Жесткость упругих элементов подбирается индивидуально в зависимости от веса фигуриста, что позволяет использовать их как эффективные тренажеры при обучении исполнению прыжков различной сложности. Все коньки для исполнения заданного числа прыжков каскада программы катания вручную с помощью тяг приводятся в состояние готов-

ности. После исполнения каскада прыжков упругие элементы технических средств автоматически блокируются и коньки становятся жесткими.

В одних коньках в качестве упругого элемента используется набор коаксиально установленных пружин различной длины. Последовательное включение в работу пружин смягчает толчок в прыжке и удар при контакте конька фигуриста с поверхностью льда после его полета. Возможен индивидуальный подбор пружин.

В других коньках в качестве упругого элемента предложено использовать рессору. Эти коньки по сравнению с использующими пружины проще приводятся в состояние готовности. Однако они сложнее подбираются по индивидуальным признакам спортсменов.

В коньках с качающимся упругим элементом предложено использовать пружину, которая по мере сжатия и сближения подподошвенной пластины с полозом отклоняется от вертикального положения, изменяя силу упругого сопротивления сжатию.

Глава 10. Способ определения триботехнических характеристик пары конек-лед

Особенность способа состоит в том, что триботехнические характеристики пары конек-лед определяются непосредственно перед катанием. По предложенному способу определяется коэффициент трения конька о лед под действием веса фигуриста для одноопорного скольжения при заданном наклоне полоза конька к поверхности льда.

О качестве заточки коньков для заданного состояния льда судят по величине сдвига (срыва) коньков по льду в направлении, перпендикулярном полозу конька. При этом коньки нагружены весом, равным весу фигуриста, а испытания выполняются при различных наклонах полоза конька к поверхности льда. Важнейшие характеристики взаимодействия конька и льда определяются за небольшой промежуток времени для каждого фигуриста перед его катанием, что обеспечивает успех обучения фигурному катанию и исполнения соревновательных программ.

ВЫВОДЫ

Предложенная концепция исследований для индивидуализации обучения оправдала себя на примере изучения двигательных действий в фигурном катании на коньках.

На основании принципов, законов и теорем классической теоретической механики получены многопараметрические математические модели двигательных действий спортсмена при исполнении тех физических упражнений, по технике исполнения которых, в основном, судят о его мастерстве. Полученные математические модели являются основой формирования теоретических знаний преподавателя(тренера) и учащегося(спортсмена), необходимых для профессионального обучения.

Исследование механических моделей спортсмена и математических моделей его двигательных действий позволило обнаружить и научно обосновать

вать имеющиеся резервы обучения спортсмена технике одноопорного скольжения по дуге и исполнения всех известных прыжков всеми известными способами и их сочетаниями.

Результаты исследования влияния антропометрических параметров (массовые доли и линейные размеры частей тела человека) спортсмена и параметров его двигательных действий (динамические параметры равновесного движения человека) на технику исполнения основных физических упражнений представляют собой теоретическую базу построения индивидуализированного процесса профессионального обучения физическим упражнениям спортсмена технике двигательных действий в спорте высших достижений и построения научно обоснованных соревновательных программ с учетом изменения его масс-инерционных характеристик.

Предложена организация учебного процесса на основе индивидуализированных методик, разработанных с учетом антропометрических и морфологических особенностей спортсменов.

Созданы технические средства обучения спортсмена исполнению многооборотных прыжков, которые защищены авторскими свидетельствами.

Разработана принципиально новая технология обучения и совершенствования техники одноопорного скольжения и выполнения многооборотных прыжков.

Конкретные научно обоснованные результаты, полученные для индивидуализации профессионального обучения спортсмена основным физическим упражнениям, состоят в следующем:

- в механико - математическом моделировании двигательных действий спортсмена однородным стержнем, цилиндром, конусом, трехзвенной, четырехзвенной и пятизвенной системами, выполненными со строго сформулированными допущениями;

- моделирование фигуриста однородным стержнем при изучении скольжения по дуге и при создании начального вращения способом скольжения по дуге позволило обнаружить, что опасность падения или срыва исполнения прыжка объясняется действием сил инерции. Если ось вращения при скольжении отсекает треть и более роста спортсмена со стороны головы, то, как показано, падение становится неизбежным;

- на основе трехзвенной и четырехзвенной моделей показано, что изменение угловой скорости скольжения по дуге в зависимости от антропометрических параметров спортсмена и параметров его двигательных действий может быть многократным (до 4,5 раза) и должно использоваться для обучения созданию художественного эффекта. В зависимости от формы туловища спортсмена скорость скольжения по дуге изменяется на 30% -40%. Группировка и разгруппировка изменяют угловую скорость скольжения спортсмена по дуге на 32%;

- моделирование спортсмена однородным стержнем позволяет просто и достаточно точно определять влияние динамических параметров на создание начального вращения в прыжках;

- при создании начального вращения в прыжках способом скольжения по дуге цилиндрическая форма туловища спортсмена оказалась предпочтительнее, так как позволяет при прочих равных условиях получить большую начальную скорость вращения по сравнению с соответствующей скоростью для конической формы туловища спортсмена;

- при создании начального вращения способом закручивания тела показано, что спортсмен с конической формой туловища обладает возможностью создавать скорость вращения в полете в 1,7 раза большую, чем спортсмен с цилиндрической формой туловища, а влияние на скорость вращения условного радиуса туловища и длины рук составляет 23% - 35%. Увеличение скорости вращения фигуриста в полете, которая создается способом закручивания тела, достигается увеличением скорости вращения его плеч в момент отрыва ото льда;

- при создании начальной скорости вращения в прыжках основным способом - скольжением по дуге - показано, что вспомогательный способ - закручивание тела - позволяет более, чем в 1,5 раза увеличить многооборотность прыжков;

- при создании начальной скорости вращения в прыжках основным способом - закручиванием тела показано, что вспомогательный способ - скольжение по дуге позволяет приблизительно в 2 раза увеличить многооборотность прыжков;

- при создании начальной скорости вращения в прыжках способом стопорящего действия конька о лед и при моделировании спортсмена цилиндром показано, что угол поворота спортсмена менее, чем на 90^0 за время стопорящего действия конька незначительно снижает скорость вращения в полете и позволяет индивидуализировать процесс обучения технике исполнения прыжков;

- при создании начальной скорости вращения в прыжках способом стопорящего действия конька о лед, при моделировании спортсмена конусом, при использовании вспомогательного способа создания начального вращения показано, что зависимости аналогичны зависимостям, полученным при моделировании спортсмена цилиндром. Показано, что сокращение длины следа стопорящего действия конька о лед от 0,5 до 0,1 метра позволяет увеличить почти в 2 раза многооборотность прыжков;

- при исследовании влияния антропометрических параметров спортсмена и параметров его двигательных действий на совершенствование техники двигательных действий в спорте высших достижений фигурного катания на коньках доказано, что достаточно ограничиться пятизвенным антропоморфным механизмом;

- использование в конструкции коньков упругих элементов позволяет индивидуализировать процесс обучения фигурному катанию на коньках;

- способ определения качества поверхности льда перед катанием на коньках позволяет добиваться успехов на соревнованиях.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. А.с. 1389791 СССР МКИ А63 С1/24. Коньки для тренировки спортсменов/В.И.Виноградова, А.Ю.Виноградов (СССР). -№4134425/ 28-12; заяв. 14.10.86; опубл. 23.04.88. -Бюл. №15. -4 с.
2. А.с. 1389792 СССР МКИ А63 С1/24. Коньки для тренировки спортсменов/В.И.Виноградова, А.Ю.Виноградов (СССР), -№4138499/ 28-12; заявл. 23.10.86; опубл. 23.04.88. -Бюл. №15. -2 с.
3. А.с. 1440515 СССР МКИ А63 С1/24. Коньки для тренировки спортсменов/В.И.Виноградова, А.Ю.Виноградов (СССР). -№4138498/ 28-12; заявл. 23.10.86; опубл. 30.11.88 -Бюл. №44. -4 с.
4. А.с. 1509100 СССР МКИ А63 С1/24. Конек для фигурного катания/В.И.Виноградова, А.Ю.Виноградов (СССР). -№4135928/28-12; заявл. 10.10.86; опубл. 23.09.89. -Бюл. №35. -3 с.
5. А.с. 1783384 СССР МКИ G01 №19/02. Способ определения триботехнических характеристик пары конек-лед/В.И.Виноградова (СССР). - №4839577/28; заявл. 15.06.90; опубл. 23.12.92. -Бюл. №47. -3 с.
6. Виноградова В.И. Некоторые задачи биодинамики одноопорного скольжения фигуриста//Теория и практика физической культуры. -1991. -№5. -С.55-63.
7. Виноградова В.И. Движения фигуриста при создании начального вращения в прыжках закручиванием тела//Теория и практика физической культуры. -1993. -№1. -С.13-16.
8. Виноградова В.И. Технические средства увеличения многооборотности прыжков фигуристов//Теория и практика физической культуры. -1993. -№3. -С.28-30.
9. Виноградова В.И. Волшебные коньки//Тренер. -1993. -№4. -С.41.
10. Виноградова В.И. Параметрический анализ движения фигуриста перед отрывом ото льда//Теория и практика физической культуры. -1995. -№3. -С.38-39.
11. Виноградова В.И. Исследование влияния динамических и антропометрических параметров на скорость одноопорного скольжения фигуриста по дуге//Теория и практика физической культуры. 1995. -№12. С.58.
12. Виноградова В.И. Биодинамика вращения фигуриста при стопорящем действии его конька о лед//Теория и практика физической культуры. -1995. -№11. -С.42.
13. Виноградова В.И. Секреты “ВОЛЧКА”//Тренер. -1995. -№10. -С.36.
14. Виноградова В.И. Простых прыжков не бывает//Тренер. -1995. -№11. -С.32.
15. Виноградова В.И. Теоретические основы обучения прыжку “Петля” для преподавателей и тренеров, студентов и спортсменов//Моск. гос.акад. автотом. и трактор. машиностроения. -М., 1995. -12 с. -Библиогр.: 3 назв. -Деп. в НИИ ВО 31.08.95, №171-95 деп.
16. Виноградова В.И. Теоретические основы обучения прыжку “Сальхов” для преподавателей и тренеров, студентов и спортсменов//Моск. гос.

акад. автом. и трактор. машиностроения. -М., 1995. -12 с. -Библиогр.; 2 назв. -Деп. в НИИ ВО 31.08.95, №170-95 деп.

17.Виноградова В.И. Биомеханические основы высших достижений в фигурном катании//111 Всероссийская конференция по биомеханике/Тез. докл. -Н.Новгород, 1996. -С.211-212.

18.Виноградова В.И. Механико-математическое моделирование фигуриста и его двигательных действий - теоретическая основа совершенствования мастерства фигурного катания на коньках//Актуальные вопросы физического воспитания в современном обществе/Тез. 111 Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. -Карачаевск, 1998. -С.32-33.

19.Виноградова В.И. Влияние антропометрических параметров фигуриста и его двигательных действий на одноопорное скольжение по дуге/Актуальные вопросы физического воспитания в современном обществе/Тез. 111 Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. -Карачаевск, 1998. -С.35.

20.Виноградова В.И. Исследование влияния некоторых параметров на создание начального вращения в прыжках скольжением фигуриста по дуге/Актуальные вопросы физического воспитания в современном обществе/Тез. 111 Всероссийской межвузовской научно-практической конференции. -Карачаевск, 1998. -С.34.

21.Виноградова В.И. Биомеханика создания начального вращения стопорящим действием конька в прыжке Аксель/Физическая культура и спорт в системе высшего профессионального образования/Тез. Всероссийской юбилейной научно-практической конференции. -Тула, 1998. -С.75-77.

22.Виноградова В.И. Перспективы развития биомеханики фигурного катания на коньках/Физическое воспитание и спорт учащейся молодежи/Материалы 1V-й Межвузовской научно-методической конференции. -М., 1998. -С.49.

23.Виноградова В.И. Некоторые проблемы биомеханики спортивных движений фигуриста на коньках/Физическое воспитание и спорт учащейся молодежи/Материалы 1V-й Межвузовской научно-методической конференции. -М., 1998. -С.50.

24.Виноградова В.И. Биомеханика прыжков фигурного катания на коньках в свете идей Н.А.Бернштейна/Научно-методическое обеспечение физического воспитания, спортивной тренировки и оздоровительной физической культуры: Сб. научн. трудов. -Вып. 2. -Челябинск, 1998. -С.118-121.

25.Виноградова В.И. Динамика создания начального вращения в прыжках закручиванием туловища при моделировании фигуриста неидеальным пятизвенным антропоморфным механизмом/Материалы Всероссийской научно-практической конференции "Актуальные проблемы оздоровительной физической культуры и подготовки спортивного резерва." -Волгоград, 1998. -С.34-35.

26.Виноградова В.И. Динамика создания начального вращения в прыжках скольжением по дуге при пятизвенном моделировании фигури-

ста/Подготовка спортивного резерва и здоровье//Материалы Всероссийской научно-практической конференции “Актуальные проблемы оздоровительной физической культуры и подготовки спортивного резерва”. -Волгоград, 1998. - С.32-34.

27.Виноградова В.И. Моделирование фигуриста и его двигательных действий при создании начального вращения в прыжках стопорящим действием конька о лед//Теория и практика физической культуры. -1999. -№5. - С.34-36.

28.Виноградова В.И. Количественная биомеханика в подготовке специалистов по фигурному катанию/Тез. Международной научно-практической конференции “Новые направления в системе подготовки специалистов физической культуры и спорта и оздоровительной работе с населением”. -Ижевск, 1999. -С.115-117.

29.Виноградова В.И. Биомеханика в индивидуализации фигурного катания на коньках//Тез. Международной научно-практической конференции “Новые направления в системе подготовки специалистов физической культуры и спорта и оздоровительной работе с населением”. -Ижевск, 1999. -С.117-120.

30.Виноградова В.И. Моделирование прыжков в фигурном катании на коньках/Тез. научно-практической конференции “Моделирование спортивной деятельности человека в искусственно созданной среде (стенды, тренажеры, имитаторы)”. -М., 1999. -С.152-155

31.Виноградова В.И. Моделирование двигательных действий в фигурном катании на коньках для учащейся молодежи/Материалы Международной научно-практической конференции “Образовательная, воспитательная и оздоровительная роль физического воспитания и спорта в современных условиях”. -М., 2000. -С27-28

32.Виноградова В.И. О силе трения конька о лед при скольжении по дуге в фигурном катании на коньках/Материалы Международной научно-практической конференции “Образовательная, воспитательная и оздоровительная роль физического воспитания и спорта в современных условиях”. -М., 2000. -С.28-29.

33.Виноградова В.И. Совершенствование антропоморфного механизма для моделирования двигательных действий в фигурном катании на коньках при создании начального вращения в прыжках закручиванием туловища//Сб. научных работ “Физическое воспитание и спорт учащейся молодежи”. -М., 2000. -С.38-42.

34.Виноградова В.И. Создание начального вращения в прыжках стопорящим действием конька о лед и закручиванием тела//Теория и практика физической культуры. -М., 2000. -№1. -С.31-32.

35.Виноградова В.И. Совершенствование индивидуальной подготовки для исполнения прыжков в фигурном катании на коньках//Труды XVI Всероссийской научно-практической конференции “Актуальные проблемы со-

вершенствования системы подготовки спортивного резерва”. -М., 1999. - С.143-144.

36.Виноградова В.И. Биомеханика. Одноопорное скольжение фигуриста по дуге. Учебное пособие. -М., 1994. -60 с.

37.Виноградова В.И. Биомеханика и педагогика фигурного катания на коньках в изменяющемся мире//Материалы X научно-практической конференции по проблемам физического воспитания учащихся “Человек, здоровье, физическая культура и спорт в изменяющемся мире”. -Коломна, 2000. -С.107.

38.Виноградова В.И. Биомеханика - теоретическая основа организации спортивно-технической подготовки//Материалы международной VI Межуниверситетской научно-методической конференции “Организация и методика учебного процесса, физкультурно-оздоровительной и спортивной работы”. -Ростов-на-Дону, 2000. -С.222-224.

39.Виноградова В.И. Проблемы преподавания биомеханики двигательных действий спортсмена в фигурном катании на коньках//Тез. докл. на Международной юбилейной научно-практической конференции, посвященной 30-летию основания Великолукского государственного института физической культуры. -Великие Луки, 2000. -С.35-37.

40.Виноградова В.И. Биомеханика элементов двигательных действий высших спортивных достижений в фигурном катании на коньках//Тез. докл. V Всероссийской конференции по биомеханике, “Биомеханика-2000”. - Нижний Новгород, 2000. -С.154.

41.Виноградова В.И. Моделирование двигательных действий при исполнении физических упражнений высших спортивных достижений//Тез. докл. V Всероссийской конференции по биомеханике, “Биомеханика-2000”. - Нижний Новгород, 2000. -С.155.

42.Виноградова В.И. Перспективы увеличения многооборотности прыжков в фигурном катании на коньках с упругими элементами//Физическое воспитание и спорт учащейся и студенческой молодежи. -М., 2001. -С.69-71.

43.Виноградова В.И. Перспективы развития спортивно-педагогической биомеханики двигательных действий//Аннотации докладов на Восьмом Всероссийском съезде по теоретической и прикладной механике. -Пермь, 2001. - С.156-157.

44.Виноградова В.И. Основы анализа и синтеза спортивных движений//Тез. докл. VI Всероссийской конференции по биомеханике, “Биомеханика-2002”. -Нижний Новгород, 2002.

45.Виноградова В.И. Биомеханика в учебнике по фигурному катанию на коньках//Тез. докл. VI Всероссийской конференции по биомеханике, “Биомеханика-2002”. -Нижний Новгород, 2002.

46.Виноградова В.И. Совершенствование мастерства одиночного фигурного катания на основе положений теоретической биомеханики//Материалы международной VII Межуниверситетской научно-методической конференции “Организация и методика учебного процесса, физкультурно-оздоровительной и спортивной работы”. -Ростов-на-Дону, 2002. -С.46-47.