

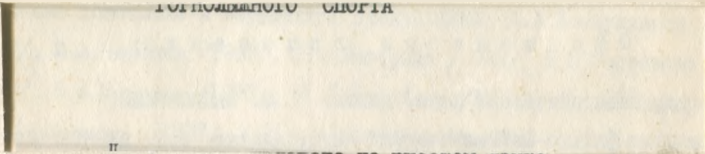
7.133.6  
38

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ  
КУЛЬТУРЫ

---

На правах рукописи

Л.П. РЕМИЗОВ



Диссертация изложена на русском языке

(13734 - Теория и методика физического  
воспитания и спортивной тренировки)

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата педагогических наук

Москва 1972

7.185,6

8

Работа выполнена в проблемной научно-исследовательской лаборатории программирования тренировки и физиологии спортивной работоспособности /научный руководитель отделения биоэнергетики - кандидат биологических наук, доцент Н.И. ВОЛКОВ/ Государственного Центрального ордена Ленина института физической культуры /ректор института - кандидат педагогических наук, доцент В.И. МАСЛОВ/.

Научный руководитель - кандидат биологических наук,  
доцент Н.И. ВОЛКОВ

О ф и ц и а л ь н ы е о п п о н е н т ы :

Доктор педагогических наук, доцент В.М. ЗАЦИОРСКИЙ,  
Кандидат физико-математических наук, доцент И.П. ДЕВЯТЕРИКОВ.

2117

Диссертация направлена на внешнюю рецензию в Киргизский государственный институт физической культуры.

Автореферат разослан "19" . X II . . . . . 1972 г.

Защита диссертации состоится на заседании Ученого Совета Государственного Центрального ордена Ленина института физической культуры /Москва, ул. Казакова, 18/ "19" . I . . . . . 1972 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Ученый секретарь совета А.П. ВАРАКИН

БИБЛИОТЕКА  
Львовского гос.  
института физик, ьтуры

Горнолыжный спорт относится к числу технически сложных видов спорта. Движения горнолыжника совершаются в условиях быстро меняющейся обстановки при отсутствии срочной информации об успешности решаемых двигательных задач и отличаются относительно большой степенью участия условнорефлекторных механизмов и существенной вариативностью их реализации в зависимости от внешних условий спуска по трассе. Эти особенности обуславливают сложность задачи управления действиями горнолыжника, которые, согласно предложенной В.С.Фарфелем /1970/ классификации движений в спорте, следует относить к ситуационным видам.

Изучением техники и тактики горнолыжного спорта занимались известные советские и зарубежные специалисты: А.А.Жемчужников /1927/, И.А.Черепов /1937/, В.Э.Нагорный /1946/, Д.Е.Ростовцев /1959/, В.А.Зырянов /1970/, H. Scheider /1930/, E. Allais, P. Gignoux /1937/, S. Krukenhauser /1957/, G. Foubert, J. Vuarnet /1957, 1970/, J. Franco /1962/, J. Čtvrtečka /1965/ и др. Биомеханические основы техники горнолыжного спорта раскрыты в работах Г.П.Богданова /1953/, Д.Е.Ростовцева /1956/, В.Ф.Иванова /1953/, А.Ф.Дисовского и М.А.Бродского /1968/, G. Foubert, J. Vuarnet /1956, 1963/, J. Dahinden /1958/, J. Franco, M. Mora /1962/, G. Möser /1965/, M. Zálešák /1968/, P. Martin /1970/. Однако эта область до сих пор остается мало изученной. В основе представлений авторов большинства прежних работ лежали умозрительные построения, в лучшем случае использующие кинограммы. Такой подход часто приводил к глубоким заблуждениям и противоречивым трактовкам приемов горнолыжной техники.

Различным сторонам физической подготовки горнолыжника посвящены работы В.М.Станкевича /1954/, Г.А.Петросяна /1961/, В.П.Чередовой/1962/, Л.К.Костяевой /1968/. Функциональные возможности организма горнолыжника изучены в физиологических исследованиях Н.А.Фудина /1970/, Г.А.Гординой /1965/, G. Agnevik /1970/. Но и эта очень важная область горнолыжного спорта исследована крайне недостаточно.

Целью настоящей работы было изучить биомеханические и физиологические основы современной техники и тактики горнолыжного спорта и установить пути дальнейшего совершенствования спортивного мастерства горнолыжников.

В качестве основных задач были избраны следующие:

1. Изучить аэродинамические свойства стоек горнолыжника.
2. Выяснить влияние различных факторов на динамику спуска и решить задачу оптимального управления в скоростном спуске при движении в вертикальной плоскости.
3. Исследовать многоструктурный характер слаломной техники и определить эффективность использования ее некоторых приемов.
4. Исследовать физиологические сдвиги, происходящие в организме спортсмена при прохождении трасс слалома, слалома-гиганта, скоростного спуска, и выяснить роль аэробных и анаэробных источников в энергообеспечении мышечной деятельности горнолыжника.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Организация исследований включала три основных этапа. Первый - проведение натуральных испытаний во время крупнейших всесоюзных и республиканских соревнований 1968-1970 г.г. Второй - про-



ведение модельных экспериментов, в которых учитывались данные натурных испытаний. И третий - проведение биомеханических исследований на основе результатов, полученных на первых двух этапах.

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы:

1. Исследование воздушного сопротивления стоек горнолыжников в аэродинамической трубе.
2. Теория оптимального управления.
3. Математическое моделирование и численные методы решения дифференциальных уравнений на ЭВМ.
4. Динамографическое исследование отталкивания на тензометрической платформе.
5. Методы физиологических измерений газообмена и ЧСС.
6. Киносъемка и циклограмметрия.
7. Способы измерения профиля трасс. Хронометраж. Анкетный опрос и беседы. Изучение литературных источников.

В проведенных экспериментах приняло участие 97 спортсменов, 50 из них - спортсмены высшей квалификации /мастера спорта/. Основные выводы методического характера по вопросам начального обучения и совершенствования спортивной техники брались из педагогической практики работы в низовых секциях коллективов физкультуры.

Экспериментальное исследование воздушного сопротивления горнолыжников было проведено в лаборатории общей аэродинамики Института механики МГУ под руководством С.М.Горлина. Испытаниям подвергались 15 различных стоек пяти спортсменов, четверо из которых члены сборной команды Советского Союза. В опытах использовалась аэродинамическая труба А-6 с открытой рабочей частью. Изме-

рение силы лобового сопротивления производилось шестикомпонентными автоматическими весами в соответствии с известной экспериментальной методикой /С.М.Горлин, 1970/. Лыжи спортсмена жестко крепились к специальной раме, подвешенной на весах. Диапазон исследованных скоростей 10 - 45 м/сек. Погрешность в определении сил не превышала 5%.

Задача об оптимальном спуске лыжника была решена с помощью принципа максимума Л.С.Понтрягина, являющегося, как известно, центральной теоремой теории оптимального управления. В качестве критерия оптимальности было принято требование минимальности времени спуска, то есть рассматривалась задача об оптимальном быстродействии /В.Г.Болтянский, 1969/. В построении оптимального управления спуском лыжника, представляющем многошаговый /по участкам/ процесс принятия решения, использовался принцип оптимальности /Р.Беллман, 1960/. Разработанная схема решения задачи о тактике движения позволила осуществить синтез оптимального управления на 1400-метровой дистанции скоростного спуска, составленной из двух наиболее сложных фрагментов трасс Чегета /Кавказ/ и Айкуайвенчора /Хибины/, геодезическая съемка которых была выполнена в 1970 г.

Построение различных математических моделей, отражающих динамику движения лыжника проводилось путем составления дифференциальных зависимостей в соответствии с законами механики. Для выражения сил, действующих на лыжника, использовались данные аэродинамического эксперимента и сведения из литературных источников о коэффициенте трения. Для решения систем дифференциальных уравнений применялся численный метод Эйлера-Коши с итерационной обработкой ординат. Вычисления проводились на ЭВМ "ОДРА 1013". Все программы для решения задач были написаны на автокоде "Мост-1".

В работе изучалась опорная реакция при разгибании и подскоках разной силы. Для регистрации вертикальной составляющей опорной реакции применялась тензометрическая платформа. В опытах приняли участие двое испытуемых, каждый из которых выполнил по следующей серии приемов: разгибание с полным выпрямлением, подскоки малой, средней и большой высоты с выпрямлением, подскоки малой и средней высоты в группированной стойке "яйцо". Данные этого эксперимента послужили основанием для принятия в расчетах трапецевидной формы импульса опорной реакции.

Для регистрации показателей газообмена производился анализ проб выдыхаемого воздуха на содержание в нем  $O_2$  и  $CO_2$  на аппарате Холдена с соблюдением стандартных процедур и условий работы на нем /Н.И.Волков и др., 1966/. Вычисления величин  $O_2$ -прихода,  $O_2$ -дога и составляющих его алактатного и лактатного компонентов осуществлялись при помощи расчетных методов кинетического анализа, разработанных F. Henry, J. De Moor /1956/, Н.И.Волковым /1969/. При изучении динамики восстановления ЧСС в качестве математической модели была взята двухэкспоненциальная зависимость /Н.И.Волков, 1969/. 10 испытуемых приняли участие в физиологических экспериментах, проведенных в 1970 г. 64 участника финальных соревнований Спартакиады народов РСФСР ответили на вопросы анкеты об ощущениях усталости в разных мышечных группах.

Киносъемка использовалась в работе для проведения циклографических расчетов, а также для качественного анализа горнолыжной техники. Для проверки точности работы лентопротяжного механизма камеры "Киев-16У" были сделаны многократные съемки циферблата эталонного секундомера, на основе которых была установлена зависимость погрешности частоты съемки от времени работы аппарата после включения с полным заводом для номинальных частот 32 и 48 кадр/сек,

на которых производилась съемка. Оказалось, что на интервале времени 3+5 сек. ошибка работы механизма минимальна /около 10%/, что принималось во внимание при циклографических исследованиях, проводившихся в соответствии с методами, изложенными в монографии Т.С.Поповой и З.В.Могилянской /1934/. В итоге было снято 203 кинограммы с 54 сильнейших горнолыжников страны при преодолении участков спортивных трасс и в специальной съемке. При проведении анализа горнолыжной техники всегда фиксировались геометрические характеристики склонов и расположения ворот с помощью угломера конструкции Л.М.Клубкова и Н.И.Кузьмина /1963/ и промерного шнура.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Спуск лыжника происходит под действием внешних и внутренних сил. К первым принято относить вес и силу сопротивления среды, ко вторым усилия, которые прикладывает лыжник, чтобы ускорить, замедлить движение или изменить его траекторию. В общем случае уравнение движения ЦМ /центра массы/ системы лыжник-лыжи может быть представлено в виде

$$m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{Q}, \quad /1/$$

где  $m$  - масса системы,  $\vec{r}$  - радиус-вектор ЦМ,  $\vec{P}$  - вес,  $\vec{T}$  - сила сопротивления снега,  $\vec{Q}$  - сила воздушного сопротивления. С целью определить величину силы  $Q$  для разных стоек лыжника было выполнено специальное экспериментальное исследование.

### I. Аэродинамические свойства стоек горнолыжников.

Несмотря на то, что за рубежом не раз уже проводились испытания стоек горнолыжников в аэродинамических трубах, достоверных



сведений о результатах продувок еще не опубликовано. В табл. I приведены некоторые данные о коэффициенте лобового сопротивления для шести стоек, зарегистрированные на скорости 20 м/сек.

Таблица I  
Коэффициент лобового сопротивления  $C_x$  стоек горнолыжников.

Стойки	Испытуемые		
	Ши.Г.	Мо.Т.	Ре.Л.
Высокая /основная/		1,09	1,31
"Ракета"		0,95	1,19
С наклоном туловища		0,82	
"Яйцо"	0,79	0,79	0,74
Низкая стойка	0,85		0,91
Угловое положение			1,03

Проведенное исследование позволило выбрать оптимальные положения для испытуемых и заключить следующее:

- в рассмотренном диапазоне скоростей силу лобового сопротивления можно определять по формуле

$$Q = \mu V^2, \quad \mu = C_x S \frac{\rho}{2}$$

/где  $S$  - площадь миделевого сечения,  $\rho$  - массовая плотность воздуха,  $V$  - скорость потока/, а коэффициент  $\mu$  для каждой фиксированной стойки практически постоянен;

- незначительные модификации стойки ведут к существенным изменениям силы сопротивления;

- величины коэффициентов  $\mu$  строго индивидуальны;

- в порядке возрастания силы лобового сопротивления стойки располагаются следующим образом: "яйцо", высокое "яйцо", стойка с на-

клоном туловища, низкая стойка, сед, средняя стойка, высокая стойка;

- если в скоростном спуске аэродинамические свойства стоек играют решающую роль для достижения максимальной скорости, в слаломе-гиганте они имеют вместе с техникой скольжения одинаково важное значение, то в слаломе на первый план выходит последнее качество; - в подготовке горнолыжников должно уделяться особое внимание отработке оптимальных положений.

## 2. Исследование техники и тактики скоростного спуска

/прямые и косые спуски, преодоление бугров,  
ям и спадов/.

В работе изучалось движение лыжника в вертикальной плоскости, а именно тот случай, когда вектор скорости ЦМ лежит в одной вертикальной плоскости с осью лыж /лыжи перемещаются без бокового соскальзывания/. сюда относятся прямые и косые спуски, преодоление бугров, спадов, ям и полеты. Вместе взятые, они согласно проведенным замерам иногда могут составлять до 70% общей протяженности трассы скоростного спуска.

В основу данного исследования легли результаты аэродинамического эксперимента, а также литературные сведения о величине коэффициента трения /Н.И.Кузьмин, 1969/. Таким образом, знание величин сил правой части уравнения /1/ в случае прямолинейного спуска позволяет представить уравнение движения ЦМ следующим дифференциальным уравнением второго порядка:

$$\frac{dV}{dt} = a - bV^2, \quad V = \frac{dx}{dt}, \quad /2/$$

где  $a$  и  $b$  - постоянные величины, равные

$$a = g(\sin\alpha - k\cos\alpha), \quad b = \frac{k}{m}. \quad /3/$$

Здесь  $g$  - ускорение силы тяжести,  $k$  - коэффициент трения,  
 $\alpha$  - крутизна склона.

Анализ решения уравнения /2/ для случая разгона лыжника был сделан В.Ф.Ивановым /1953/. Проведенные в работе вычисления нескольких вариантов спуска по склонам разной крутизны с различными значениями параметров  $k$  и  $\mu$  вместе с учетом статистического материала по результатам международного соревнования в Италии послужили основанием к заключению, что главным фактором в достижении максимальной скорости являются аэродинамические свойства стойки и что существенно менее важную роль играют качество скольжения и вес лыжника.

Непосредственное влияние трех перечисленных факторов на скорость и время движения отражено в исследовании модели рекордного спуска Л. ди Марко в 1964 году на соревнованиях "Летающий километр". Результаты расчетов приведены в табл. 2. Из литературных источников были предварительно взяты точный профиль дистанции - ровный склон с перегибом, - длина и расположение на ней мерного отрезка, а также вес и конфигурация стойки ди Марко в момент спуска. Моделирование движения осуществлялось посредством численного интегрирования уравнения /2/ и варьирования коэффициента  $\mu$  в предположении, что спортсмен добился наилучшего качества скольжения /  $k = 0,02$ /. При величине  $\mu = 0,013$  <sup>из табл. 2</sup> модель "развита" скорость, близкую к рекордной / 174,757 км/час/.

В ходе анализа модели установлено, что "чистое" увеличение веса лыжника: например, за счет вкладывания свинцовых пластин в лыжи, ботинки и т.п. дает эффект увеличения скорости, равный по значимости улучшению аэродинамических характеристик стойки. Результаты модельного изучения рекордного спуска показали, что с помощью вычислительных методов возможно дальнейшее развитие тео-

рии спуска лыжника и получение важных для практики выводов.

Таблица 2  
Зависимость регистрируемой скорости спуска  
на трассе соревнований "Летающий километр" от коэффици-  
ентов  $K$ ,  $\mu$ , веса  $P$  и высоты поднятия старта.

Условия спуска	Величина коэффициента $\mu$	Величина коэффициента трения $K$	Длина разгона м	Результат / скорость, км/час	Время спуска по трассе, сек
Рекордный заезд Л.ди Марко	0,013	0,02	473	174,5±0,9	18,20
Заезд с увеличением коэффициента трения на 10%	0,013	0,022	473	174,5	18,20
Заезд с увеличением коэффициента $\mu$ на 1%	0,01313	0,02	473	173,9	18,23
- " - на 10%	0,0143	0,02	473	169,2	18,46
Заезд с увеличением веса на 10%	0,013	0,02	473	176,0	18,12
Заезд с подъемом места старта на 10 м	0,013	0,02	483	175,0	
- " - на 105 м	0,013	0,02	578	179,6	

В работе предложен простой способ определения качества скольжения лыж посредством регистрации времени съезда по ровному склону. Указаны диапазоны длин спуска для склонов разной крутизны, в пределах которых достигается наилучшая точность расчетов. В определении коэффициента трения самую большую погрешность вносит ошибка измерения крутизны склона, в то время как допустимые



в практике погрешности измерения расстояния и времени съезда не-  
существенны.

При изучении влияния разгибания в яме на скорость спуска  
было составлено уравнение движения ЦМ в полярной системе координат,  
в котором учитывался эффект увеличения давления и возрастания  
силы лобового сопротивления при распрямлении. По результатам  
динамографического исследования опорной реакции в математической  
модели расчета спуска с разгибанием сила реакции склона бралась  
в трапецевидной, а зависимость коэффициента  $\mu$  в треугольной  
форме импульсов. Вычисления разных вариантов движения показали,  
что ускорение при разгибании имеет место до скорости 10-15 м/сек  
и что при более высокой скорости этот прием приводит к торможению.  
Использование разгибания при разгоне не оправдано, ибо в  
этом случае больший эффект даст коньковый ход и отталкивания пал-  
ками. Таким образом, в скоростном спуске нет собственно ускоряющих  
приемов.

Опережающий подскок - один из наиболее сложных приемов скоростного  
спуска - применяется при преодолении бугров и спадов во избежание  
дальних и высоких полетов, что связано с риском, а иногда и опасностью  
для лыжника. В работе определялись оптимальные условия исполнения  
опережающего подскока с точки зрения наименее трудного преодоления  
участка. В общей сложности было рассчитано на ЭЕМ около 30 вариантов  
движения на четырех типовых формах рельефа. Каждый вариант траектории  
состоял из четырех "сшитых" кусков: начального съезда, разгибания /где  
учитывалось увеличение сил трения и лобового сопротивления/, полета /с  
учетом изменения коэффициента  $\mu$  при начальном сгибании/ и финального  
ската /где принимались во внимание тормозящий эффект распрямления перед  
приземлением и последующего сгибания, а также увеличение силы трения при  
приземлении/.

На трассах скоростного спуска встречаются технически сложные и просто опасные участки, перед которыми лыжник вынужден сбрасывать скорость до определенного уровня, зависящего, естественно, от его технической подготовленности. Основным способом регулирования скорости в этом виде горнолыжного спорта является аэродинамическое торможение. Спрашивается, как лыжник должен изменять скорость в этом случае, чтобы пройти трассу за минимальное время?

Для варианта прямолинейного спуска эта задача оптимального управления в настоящей работе была сформулирована следующим образом. Для заданной системы лыжник-лыжи, движение ЦМ которой описывается уравнением /2/, /3/, требуется найти такое управление  $\mu(t)$  /по высоте стойки/, удовлетворяющее ограничению

$$\mu_{\min} \leq \mu(t) \leq \mu_{\max},$$

которое переводит систему из начальной точки А /с фиксированными координатой и скоростью/ в конечную точку В с ограничением на скорость / $x(T) = x_0$ ,  $V(T) \leq V_0^0$ / за минимальное время  $T$ .

В работе показано, что такая формулировка задачи эквивалентна постановке задачи с закрепленными концами / $x(T) = x_0$ ,  $V(T) = V_0^0$ /. критерий оптимальности которой записывается в виде:

$$T(x(t), V(t), \mu(t)) \rightarrow \min_{\mu(t)}$$

С помощью принципа максимума Л.С.Понтрягина сначала было найдено управление  $\mu(t)$ , доставляющее максимум функции Гамильтона

$$\mathcal{H} = P_V (-\beta V + \frac{\alpha}{V}) + P_t \frac{1}{V}$$

/необходимое условие/, а затем доказана его оптимальность /достаточное условие/. Оказалось, что лучший результат дает спуск с прекращением параметра  $\mu$  со значения  $\mu_{\min}$  на  $\mu_{\max}$  /переход из низкой стойки разгона в высокую стойку торможения/ - управление релейного типа. В работе приведен график фазовых оптима-

льных траекторий для спуска на склоне крутизной  $10^{\circ}$  и заготовлены рабочие графики простого и быстрого определения момента и места переключения на склонах крутизной  $10$ ,  $20$  и  $30^{\circ}$ . Найденный теоретическим способом тактический прием был назван тактикой "разгона-торможения". Этот прием эффективен и в других видах спуска /криволинейное движение/, в том числе и в спусках с использованием торможения соскальзыванием.

Данные всего предыдущего исследования явились исходным материалом для завершения теории скоростного спуска /прямые и косые спуски, преодоление бугров, ям и спадов/ и построения расчетной методики синтеза оптимального движения лыжника по всей трассе за исключением участков виражей. Эта методика была апробирована при вычислении оптимальной тактики спуска на макетах реальных трасс Чегета и Айкуайвенчорра. Рассмотренный в работе пример дистанция скоростного спуска включал 28 различных участков, на четырех из них лыжник был вынужден выполнить опережающий подскок, на трех торможения. Результаты построения оптимальной траектории представлены в виде графиков оптимальной скорости спуска, силы опорной реакции склона и хронограммы движения, совмещенных с масштабным профилем фрагментов указанных трасс.

### 3. Исследование техники слалома и слалома-гиганта.

Техническое мастерство горнолыжника в этих двух видах определяется главным образом его умением целесообразно применить и эффективно исполнить тот или иной способ поворота в разнообразных условиях спуска. Трудность изучения биомеханики поворота на лыжах состоит в том, что из-за большой переменчивости стойки в движении исследователю почти не известна зависимость силы лобового сопротивления и совсем еще не изучена сила трения закантован-



ных лыж.

С целью изучить динамические характеристики поворота, и в частности оценить величину равнодействующей силы /то есть испытываемую лыжником нагрузку/, в работе была решена обратная задача: по заданной траектории движения расчет силы, действующей на лыжника. Рассматривались следующие три гипотетические модели спуска в повороте с установившейся /постоянной/ скоростью: 1/ спуск по сопряженным дугам окружностей /фаза поворота  $120^\circ$ /, 2/ спуск по синусоиде, 3/ спуск по синусоиде, гладко стянутой в средней части полупериода дугой окружности. Лучшие результаты с точки зрения соответствия реальным характеристикам показали расчеты спуска по синусоиде, где изменения величин имеют плавный, периодический характер. Недостатком моделей с траекториями в форме сопряженных дуг является разрыв величин силы в точках сопряжения. В действительности же в этих точках она минимальна ввиду того, что центростремительное ускорение равно нулю. Приведены графики компонент силы в трехмерной системе координат и изменение угла наклона тела по отношению к склону в течение поворота. Установлено, что слаломные повороты отличаются наибольшими по величине нагрузками, в то время как в поворотах скоростного спуска на ровном склоне сила реакции обычно невелика и носит более плавный характер.

На основе циклограмметрических расчетов двумерного движения в повороте, выполненных с помощью кино съемочного материала о крупнейших всесоюзных и республиканских соревнований 1970 года, в работе приводятся усредненные зависимости скорости спуска в типовых выразах слалома, слалома-гиганта, скоростного спуска с указанием пофазных хронограмм. Если продолжительность всего поворота принять за единицу, то при трехфазном разбиении поворота окажется, что в технике ведущих спортсменов страны на подготовку и вход в



поворот в среднем уходит времени: в слаломе  $0,12 \pm 0,02$  и  $0,30 \pm 0,03$ , в слаломе-гиганте  $0,10 \pm 0,02$  и  $0,05 \pm 0,01$ , в скоростном спуске  $0,08 \pm 0,04$  и  $0,04 \pm 0,01$  соответственно. Для лыжников нижешей квалификации эти показатели отличаются: в слаломе  $0,15 \pm 0,05$  и  $0,35 \pm 0,1$ , в слаломе-гиганте  $0,15 \pm 0,04$  и  $0,10 \pm 0,03$ . С целью определения наиболее реальных динамических характеристик в модель спуска по траектории сопряженных дуг была запрограммирована полученная циклографическим методом зависимость скорости и выполнены на ЭВМ вычисления.

С позиций особенностей обучения горнолыжной технике в работе предлагается рассматривать разбиение по фазам в соответствии со структурной ритмикой каждого типа поворота. Так например, поворот шлугом, состоящим из двух, поворот упором из четырех, поворот из упора на параллельных лыжах и поворот "с широкой лыжи" из трех, а коньковый поворот и поворот с использованием параллельного лыжа из четырех фаз. Остальные типы поворотов на параллельных лыжах с одновременной перекантовкой обеих лыж целесообразно разбивать на три фазы: подготовка, вход и ведение поворота.

Структурный анализ движения в повороте показал, что в основе того или иного технического способа лежат величины действующих сил реакции склона при закантовке и опоре на палку, а также создаваемые ими моменты относительно ЦМ системы. В зависимости от указанных величин можно по-разному разгрузить лыжи, сообщить им вращательный импульс, выполнить перекантовку и придать телу необходимый наклон вперед-внутри. Эти условия составляют двигательную структуру наиболее важной фазы входа в поворот, определяющей технику того или иного типа поворота /В.А.Зиринов, Л.П.Ремизов, 1968/. В работе предложена классификация способов входа в поворот /табл.3/, где разбиение приемов по группам осуществлено

по степени разгрузки лыж и величине плеча закатовки /плеча действия силы реакции опоры относительно ЦМ/.

Таблица 3

Классификация способов входа в поворот по типу разгрузки лыж и величине плеча закатовки

Степень или характер разгрузки лыж	Длина плеча закатовки		
	малая /0+10 см/- отлогие повороты	средняя /10+30 см/- средние повороты	большая /30+60 см/- крутые повороты
подскок, разгрузка без отрыва лыж		винто-угловое движение вращательный бросок	вращение с приседанием толчок и подхлест ног вращательный бросок таза разворот лыж /браках/
без отталкивания	сваливанием	опережающий нырок с опорой на палку выталкиванием ног	
по переменной загрузка лыж	переступанием	плугом /упором / из упора " с широкой лыжи " параллельный хим коньковый хим	хим из упора

Важным моментом в исследовании спортивной техники является выбор критериев эффективности /В.М.Дьячков, 1967/. При изучении горнолыжной техники возможны следующие два вида критериев. Первый состоит в сравнении времени, затрачиваемого на спуск с испо-

льзованием приема, со временем спуска другим способом. Второй - в определении величины приращения импульса движения ЦМ. С помощью этих двух критериев в работе проведено циклографическое исследование раскачиваний, выталкиваний лыж вперед, конькового хода и отталкиваний палками на пологом и среднем склонах. Оказалось, что на прямом участке разгона эффект ускорения дает отталкивания палками и особенно коньковый ход, в то время как раскачивания и выталкивания не способствуют увеличению скорости. На большой скорости последние два приема вызывают торможение, ввиду того что при их исполнении происходит увеличение площади меделя, а значит, и силы лобового сопротивления. В табл. 4 отражена эффективность использования конькового хода и отталкивания палками сильнейшими советскими горнолыжниками во время разгона на финальных соревнованиях по слалому-гиганту Спартакиады народов РСФСР в 1970 году. Здесь в качестве критерия взято приращение скорости.

Таблица 4

Эффективность использования приемов  
при разгоне горнолыжника

Участники соревнова- ний	Толчок палками					Коньковый шаг			
	с к о р о с т ь с п у с к а , м/сек								
	0	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	6-7	8-9	11-12
	п р и р а щ е н и е с к о р о с т и								
Бел.А.	3,5+0,3		0,4		0,3		0,2 <sub>л</sub>		0 <sub>пр</sub>
Мел.В.	2,8	2,5	0,6			0,5	-0,3 <sub>л</sub>	0,8 <sub>пр</sub>	
Дел.А.	3,0	0,4		0,4	0,5	0,2	0 <sub>л</sub>	0,1 <sub>пр</sub>	0,3 <sub>пр</sub>
Гр.С.	3,3		0,3	0,4		0,2			
До.М.	3,0	1,0		0	0,4		0,6 <sub>пр</sub>	0 <sub>л</sub>	1,5 <sub>пр</sub>

В таблице индексами "пр" и "л" обозначены показатели конькового шага, выполненного правой и левой ногой.

9117

Циклографические исследования нескольких вариантов преодоления типового фрагмента трассы слалома-гиганта позволили заключить следующее: в этом виде особую роль играет правильный выбор траектории; параллельный жим приносит наибольший эффект в сочетании с парным уколом палками; многие ведущие спортсмены недооценивают важность аэродинамического фактора и злоупотребляют высокими положениями во всех фазах поворота, недостаточно используют амплитуду сгибаний-разгибаний для амортизации неровностей рельефа; у некоторых мастеров укоренилась неоправданная привычка частых повторных уколов внешними /по отношению к повороту/ палками.

Наблюдения ряда международных и крупнейших всесоюзных соревнований по слалому и слалому-гиганту свидетельствуют о следующих трех основных направлениях развития техники этих видов: 1/ неустанный совершенствование качества скольжения, и в частности эффективное применение резаного ведения; 2/ универсализация технического мастерства и целесообразность выбора средств на спуске; 3/ максимальное использование внутренней энергии, ускоряющих приемов.

Специальное исследование посвящено жиму, одному из наиболее активных приемов современной слаломной техники. По форме исполнения предлагается различать следующие три его разновидности: коньковый жим, параллельный жим и жим из упора. Каждому из них свойственно мягкое пружинящее и вместе с тем мощное разгибание опорной ноги и перенос веса тела на другую ногу /Д.Е.Ростовцев, 1956/. Степень использования жима зависит от рельефа, расстановки фигур на трассе, состояния снежной поверхности и может достигать в слаломе от 30 до 60% от общего количества виражей на трассе, а в слаломе-гиганте, где чаще применяют параллельный жим, и того больше /60-80%/.



В результате сделанной оценки действенности приема было установлено, что: 1/ главное преимущество жима, особенно конькового и параллельного видов, состоит в том, что он сокращает до минимума фазу соскальзывания, причем в силу специфики приема дуги попеременного резаного скольжения здесь более отлогие; 2/ наибольший ускоряющий эффект дает коньковый жим, в котором сила отталкивания используется непосредственно в направлении движения; 3/ применение конькового жима эффективно до определенной скорости и зависит этот эффект от ширины разведения носков лыж в момент отталкивания, от того, насколько сильно подано вперед и внутрь к повороту тело, от мощности и амплитуды разгибания опорной ноги.

#### 4. Исследование функциональных сдвигов и энергетических затрат в разных видах горнолыжного спорта.

Одной из главных тенденций развития современной горнолыжной техники следует считать интенсификацию двигательных актов при спуске по трассе. Это особенно заметно в слаломе и слаломе-гиганте, где, как принято говорить, преобладает атакующий стиль. Предположение о значительности нагрузок, испытываемых горнолыжником при прохождении трасс, требовало проверки в физиологических исследованиях. Наконец, только располагая точными данными о величине энергозатрат и характере физиологических сдвигов у горнолыжников при преодолении дистанций слалома, слалома-гиганта и скоростного спуска, можно подойти к решению вопроса об установлении конкретных требований к уровню развития отдельных физических качеств, равно как и вопроса о выборе наиболее эффективных средств и методов тренировки.

Проведение анкетного опроса среди сильнейших горнолыжников страны показало, что 86% спортсменов /82% мужчин и 90% женщин/

испытывает усталость после прохождения трасс скоростного спуска, 80% /79, 81%/ после трасс слалома. Причем опытные лыжники / м.с./ не так сильно устают в слаломе / 59% среди мужчин, 50% среди женщин/, как спортсмены низкой квалификации /к.м.с. и I р./, показатели которых соответственно равны 63 и 67%. В слаломе-гиганте согласно опросу квалифицированные и менее квалифицированные спортсмены имеют приблизительно одинаковые показатели. В то время как в скоростном спуске картина меняется: большую усталость испытывают опытные спортсмены - у мужчин 85, у женщин 90%. У менее квалифицированных спортсменов и спортсменок эти показатели равны 81 и 91% соответственно. Однако, следует думать, механизмы мышечного утомления спортсменов этих двух групп различны по природе. Субъективные ощущения усталости опрошенных свидетельствуют о том, что более всего устают мышцы передней поверхности бедра /в слаломе 52, слаломе-гиганте 78, скоростном спуске 78%/, мышцы спины /о, 42, 61%/, икроножные /31, 19, 3%/ и ягодичные /0, 3, 24%/ мышцы.

У обследованных горнолыжника и горнолыжницы на финише 300-метровой трассы слалома ЧСС достигала 180 и 184 удара в минуту. По динамике восстановления частоты пульса было обнаружено, что мужчина на трассе развивал большую мощность, чем женщина, и что прохождение трассы слалома оказывает более сильное воздействие на сердечно-сосудистую систему у женщины по сравнению с мужчиной, приводя к образованию соответственно больших величин суммарного пульсового долга.

В целях определения степени физиологической нагрузки на организм горнолыжника и особенностей энергетических затрат /использование различных источников энергии/ в каждом из видов горнолыжного спорта у шести испытуемых были измерены величины общего ко-

личества кислорода, потребляемого во время спуска и в период восстановления. Сводка основных результатов энергетических исследований приведена в табл.5.

Таблица 5

Показатели энерготрат горнолыжников  
в разных видах спуска

Показатели	М у ж ч и н ы						Женщина
	слалом		слалом-гигант		скоростной спуск		слалом
	Ст.Ф.	Ст.В.	См.А.	Ст.В.	Бе.А.	Бе.В.	Ма.Г.
Время выполнения упражнения, мин	0,88	0,92	1,86	1,67	2,51	2,60	0,89
Уровень потребления $O_2$ на финише, л/мин	4,35	3,41	3,93	3,33	3,62	2,97	2,24
Алактатный уровень потребления $O_2$ , л/мин	3,30	2,40	2,75	2,25	2,55	2,15	1,37
Лактатный уровень потребления $O_2$ , л/мин	0,62	0,70	0,81	0,71	0,74	0,42	0,58
Алактатный $O_2$ -долг, л	2,02	1,68	1,59	1,92	1,11	2,49	0,77
Лактатный $O_2$ -долг, л	3,76	4,37	5,16	5,34	3,52	3,52	3,10
Общий $O_2$ -долг, л	5,78	6,05	6,75	7,26	4,63	6,01	3,87
$O_2$ -приход, л	3,85	2,78	7,34	5,55	9,05	7,52	1,87
Общий $O_2$ -запрос, л	9,63	8,83	14,09	12,81	13,68	13,53	5,74
Уровень $O_2$ -запроса, л/мин	11,60	10,08	7,55	7,68	5,48	5,19	6,89



## В Н В О Д Ы

1. Основными факторами, влияющими на результат преодоления трассы скоростного спуска, являются аэродинамические свойства стойки, качество скольжения лыж и выбор траектории движения.

2. Даже незначительное улучшение стойки с точки зрения ее аэродинамических характеристик ведет к существенной экономии времени в слаломе-гиганте и скоростном спуске особенно.

3. Аэродинамические свойства стойки могут сильно варьировать от одного лыжника к другому. При отсутствии возможности проведения испытаний в аэродинамической трубе на практике для определения лучших стоек рекомендуется проводить съемку анфас для различных положений и затем сравнивать их по площади миделевого сечения.

4. Предложенный способ определения качества смазки лыж прост и удобен для пользования в спортивной практике. Опыт в подборе масел быстрее приобретает при коллективном ведении табличных картотек.

5. Наилучший по времени результат дают такие опережающие подскоки, которые обеспечивают непродолжительные полеты с приземлением сразу после бугра или перегиба склона с минимальным углом встречи.

6. На тех участках трассы, где движение лыжника из тактических соображений или для безопасности должно иметь ограниченную скорость, быстрейший спуск обеспечивает использование тактического приема "разгон-торможение". Применение его дает существенную экономию времени.

7. Расчет тактики оптимального движения на трассе скоростного спуска одинаково важен как для опытного мастера, так и для



спортсменов низших разрядов. Использование разработанных вычислительных программ дает возможность быстро определять идеальные траектории спуска на всех трассах и может оказать большую помощь при проектировании трасс скоростного спуска в горах.

8. В соревнованиях на установление рекорда скорости достижения спортсменов можно предсказывать и планировать с помощью разработанных методов и программ для ЭВМ.

9. Развитие в работе вычислительные методы позволяют в дальнейшем проводить оценки влияния изменений различных параметров на результат спуска лыжника по трассе скоростного спуска.

10. Вместе с циклографическим способом исследования математическое моделирование спуска лыжника в повороте относится к наиболее доступным методам изучения горнолыжной техники.

11. Выполнение в работе пофазные разбиения различных типов поворотов соответствует структуре рассматриваемых приемов и отвечает требованиям методической целесообразности. Вычисленные циклограмметрическим способом относительные продолжительности разных фаз поворотов выявили особую значимость фаз ведения для техники скоростного спуска и слалома-гиганта и фаз подготовки и входа в поворот для техники слалома.

12. Предложенная классификация способов входа в поворот способствует лучшему пониманию многообразия технических средств в горнолыжном спорте и выражает взаимосвязь приемов с точки зрения биомеханических принципов их исполнения.

13. С учетом особенностей современной техники слалома и слалома-гиганта в работе проведен анализ техники ведущих спортсменов Советского Союза.

14. В результате изучения техники раскачиваний, сгибаний-разгибаний, выталкиваний лыж было установлено, что использование

этих приемов собственно ускоряющего эффекта не приносит, а при скорости выше 15 м/сек вызывает торможение.

15. Прохождение лыжником дистанций разных видов горнолыжного спорта оказывает сильное воздействие на сердечно-сосудистую систему и требует значительных мышечных усилий и затрат энергии. Основная доля нагрузки в скоростном спуске приходится на мышцы передней поверхности бедра, спины и ягодичные мышцы, в слаломе-гиганте на мышцы передней поверхности голени и икроножные мышцы, в то время как в слаломе работают главным образом мышцы ног, включая и мышцы стопы.

16. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности у горнолыжника происходит в значительной мере за счет анаэробных источников. Наибольшие величины скорости алактатной и гликолитической энергопродукции наблюдаются в слаломе. В скоростном спуске доля анаэробного образования энергии меньше, чем в других видах.

17. В повышении уровня специальной работоспособности горнолыжника преобладающую роль следует отдавать развитию их анаэробной производительности. Причем по характеру тренировочные нагрузки должны быть как алактатного, так и гликолитического воздействия.

Список опубликованных научных работ по теме диссертации

1. Техника горнолыжного спорта /в соавт. с В.А.Зыряновым/.  
ФиС, М., 1968.
2. Программа обучения горнолыжной технике туристов /составит.  
в соавт. с В.А.Зыряновым/. Комитет по физ. культ. и спорту  
при Сов. Мин. СССР., рот., М., 1969.
3. Факторы, влияющие на скорость прямого спуска горнолыжника.  
Теория и практика физ. культ., 1970, № II, стр. 20.
4. Жан-Клод Килли. Сб. "Тренируются зарубежные олимпийские  
чемпионы". ФиС, 1971, М., стр. 150.
5. Разгон горнолыжника на старте. Теория и практика физ. культ.,  
1971, № 2, стр. 14.
6. Оптимальная тактика горнолыжника в скоростном спуске.  
Сб. "Материалы всесоюзной научной конференции "Кибернетика  
и управление движениями в спорте". М., 1971, стр. 38.
7. Критерии оптимальной тактики спуска горнолыжника /в соавт. с  
Н.И.Волковым, Е.А.Ширковцем/. Теория и практика физ. культ.,  
1971, № 12, стр. 14.
8. Исследование лобового сопротивления горнолыжников /в соавт.  
с С.М.Горлиным, М.М.Масеевым, В.А.Зыряновым/. Теория и практи-  
ка физ. культ., 1972, № 2, стр. 43.