

4517.017
9 474

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ИНСТИТУТ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Физ. Физ.
КФУР

На правах рукописи

ЯКОВЛЕВ БОРИС АЛЕКСАНДРОВИЧ

БИОМЕХАНИКА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ НА ВЕЛОСИПЕДЕ

01.02.08 - Биомеханика

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

МОСКВА - 1992

4517.217
Я 474

2

Работа выполнена в Государственном Центральном ордена
Ленина институте физической культуры.

Научный руководитель – доктор педагогических наук,
профессор В.М. Зациорский

Официальные оппоненты – доктор биологических наук,
профессор И.М. Козлов ;
кандидат педагогических наук,
профессор Г.Р. Сайдхужин

Ведущая организация – Центральный научно-исследователь-
ский институт спорта.

Защита состоится "12" 5 1992 года в 10
час. на заседании специализированного Совета Д 046.01.01 Го-
сударственного Центрального ордена Ленина института физичес-
кой культуры (105483, г. Москва, Сиреневый бульвар, 4).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГЦОЛИФК.

Автореферат разослан "7" 5 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного Совета,
кандидат педагогических наук,
доцент

Ан.А. Шалманов

3115/4
БИБЛИОТЕКА
Львовский пр.
Института Физической культуры

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В велосипедном спорте, также как и в других видах спорта ведутся постоянные поиски методов совершенствования не только тренировочного процесса, но и спортивного снаряжения для достижения велосипедистами высоких результатов.

Вопросы биомеханики занимают в научных разработках по велосипедному спорту одно из главных мест.

Один из разделов биомеханики передвижений на велосипеде включает в себя изучение внешних и внутренних сил. При движении велосипедиста по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью сила, прикладываемая к педалям, расходуется на преодоление сопротивления трения, возникающего в механизме велосипеда, трения качения колеса по опорной поверхности, аэродинамического сопротивления.

При скорости свыше 11 м/с (40 км/час), то есть при соревновательной скорости, более 90% от суммы сил, препятствующих движению системы велосипедист-велосипед (СВВ) приходится на силу аэродинамического сопротивления.

Повышение спортивного результата путем снижения внешних сил сопротивления целесообразно за счет уменьшения силы аэродинамического сопротивления.

Изучению сил общего сопротивления системы велосипедист-велосипед (СВВ) посвящен ряд работ (Goye, 1893; Borelet, 1896; Sharp A., 1986; Whitt F.R., Wilson D.G., 1974; Rosa G., 1986).

При езде на велосипеде с высокими скоростями аэродинамическая сила сопротивления достигает величин порядка 19,9-90,4 Н (Nonweiler, 1956; Архипов Е.М., Седов А.В., 1968; Боечин Е.П., Меркулов Б.Л., 1969; Зациорский В.М., Якунин Н.А.,

1982). Она зависит от посадки, роста велосипедиста, формы одежды, раскачивания торса. В ряде работ приводятся данные различных авторов о силе аэродинамического сопротивления, полученные при экспериментальных исследованиях.

Однако, из литературных источников становится очевидной недостаточность исследований, направленных на определение влияния различных экипировок и конструкций элементов велосипеда на силу аэродинамического сопротивления СВВ. Нет количественной оценки совершенства аэродинамического качества посадки велосипедиста. Не проведен поиск посадки велосипедиста с наименьшим аэродинамическим сопротивлением, отличающихся от привычных посадок и, как следствие, не проведено сравнение энергозатрат в обычной и новой найденной посадке с меньшим сопротивлением.

Цель работы - поиск оптимального положения велосипедиста, направленный на снижение силы аэродинамического сопротивления СВВ для повышения спортивного результата.

Рабочая гипотеза исходила из предположения о том, что количественная оценка аэродинамического качества посадки велосипедиста доступными для тренера методами, совершенствование спортивного инвентаря для снижения сопротивления СВВ будет способствовать достижению более высокого спортивного результата (скорость, мощность).

Научная новизна результатов, полученных в работе заключается:

- в разработке метода количественной оценки совершенства аэродинамического качества посадки велосипедиста ;
- обосновании конструкции велосипеда, снижающей аэродинамическое сопротивление СВВ и целесообразность его применения

исходя из энергозатрат при педалировании ;

- определении количественного изменения силы воздушного сопротивления СВВ в зависимости от экипировки спортсмена и элементов инвентаря.

Получены три авторских свидетельства на изобретение предложенных конструкций велосипеда и его элементов.

Практическая значимость результатов определяется:

- возможностью количественно оценить аэродинамическое качество посадки, что позволяет ее совершенствовать, сравнить различные посадки одного и того же спортсмена и посадки различных гонщиков ;

- разработкой и обоснованием применения конструкции велосипеда, существенно снижающей силу аэродинамического сопротивления СВВ.

Практическая значимость диссертации подтверждается актом внедрения результатов исследования в практику учебно-тренировочной работы сборной команды СССР по велоспорту при подготовке к XXII Олимпийским играм.

Личный вклад автора заключается в разработке метода количественной оценки аэродинамического качества посадки, создании стенда регистрации энергозатрат велосипедиста, участии в планировании и проведении экспериментов, обработке данных, создании методик исследований, разработке новых конструкций элементов велосипеда.

Апробация работы. Результаты исследования, опубликованные в десяти работах и авторских свидетельствах на изобретение представлены на: семинаре по биомеханике ГЦОЛИФК (Москва, 1980 - 1990 г.г.), Всесоюзной научной конференции "Механико-математическое моделирование спортивной техники" (Москва, 1982 г.), УП Всесоюзной научной конференции "Проблемы биомеханики спор-

та" (Пенза, 1991 г.).

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы.

Диссертация изложена на 117 страницах машинописного текста, содержит 31 рисунок, 13 таблиц, список литературы - 96 источников (64 на русском и 32 на иностранных языках).

На защиту выносятся:

- фактические данные о влиянии экипировки велосипедиста и элементов инвентаря на силу аэродинамического сопротивления системы велосипедист-велосипед ;
- метод количественной оценки аэродинамического качества посадки велосипедиста ;
- целесообразность применения новой конструкции велосипеда, с учетом аэродинамической силы сопротивления и энергозатрат при педалировании.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В соответствии с целью исследования в работе решались следующие задачи:

- разработка методики определения силы сопротивления СВВ в естественных условиях при передвижении на шоссе ;
- выявление влияния рельефа местности на скорость воздушного потока ;
- определение влияния экипировки гонщика, его посадки и конструкции велосипеда на силу аэродинамического сопротивления СВВ ;
- нахождение рациональной в аэродинамическом отношении посадки велосипедиста и сравнение энергозатрат при педалировании ;

– определении количественной оценки аэродинамического качества посадки.

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы исследования: анализ научно-методической литературы; метод регистрации аэродинамического сопротивления СВВ в аэродинамической трубе; определение силы воздушного сопротивления СВВ; метод тензографических исследований; метод электрокардиографии.

На первом этапе исследования проходил поиск посадки, в которой спортсмен испытывает воздушное сопротивление меньше, чем в дистанционной посадке при прохождении соревновательной дистанции и выявление возможности получить меньшее сопротивление в привычной позе за счет незначительного изменения расположения рук, кистей и головы. Этот этап был направлен на снижение силы аэродинамического сопротивления у спортсменов – членов сборной команды, когда существенное изменение посадки не представляется возможным.

Затем исследовалась зависимость силы аэродинамического сопротивления от экипировки гонщика, конструкции велосипеда, проводился поиск посадки с наименьшим аэродинамическим сопротивлением, определялось влияние различных конструкций колес велосипеда и боковой составляющей воздушного потока на силу аэродинамического сопротивления СВВ. По полученным экспериментальным материалам разрабатывалась методика оценки качества аэродинамической посадки велосипедиста.

На следующем этапе определялись энергозатраты спортсмена при педалировании в обычной и рациональной в аэродинамическом отношении посадках.

В экспериментах проводимых в аэродинамической трубе НИИ механики МГУ приняли участие: один кандидат в мастера спорта,

один мастер спорта и девять мастеров спорта международного класса. У троих регистрировалась сила воздушного сопротивления в 17 различных положениях, пять испытуемых участвовали в определении влияния экипировки на силу воздушного сопротивления.

В экспериментальных исследованиях, направленных на определение энергозатрат на различных конструкциях велосипеда проводимых в лаборатории кафедры биомеханики ГЦОЛИЖ, контингент испытуемых составили спортсмены, специализирующиеся в велосипедном спорте в количестве 5 человек, имеющие спортивную квалификацию "кандидат в мастера спорта СССР" и I разряд, со спортивным стажем более 4-х лет.

СИЛЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ

ВЕЛОСИПЕДИСТ-ВЕЛОСИПЕД В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В результате проведенных экспериментов определены силы, действующие на СВВ в естественных условиях при различных скоростях движения и посадки, различном диаметре колеса и сечении шины, а также определен коэффициент трения качения.

При диаметре колеса 0,68 м, поперечном сечении шины 0,024 м, давлении внутри шины 0,4 МПа, дистанционной посадке и скорости движения 5,6; 11,1; 16,7 м/с сила сопротивления соответственно равнялась 10, 24, 54 Н, при этом сила трения качения равнялась 6 Н, а коэффициент трения качения - 0,0065.

При высокой посадке и тех же условиях эта сила соответственно равнялась 15,40 и 88 Н. СВВ с колесами диаметром 0,6 м и поперечным сечением шины 0,04 м испытывала при движении силу трения качения 27 Н с давлением в шинах 0,4 МПа и 31 Н с давлением в шинах 0,2 МПа. Коэффициент трения соответственно равнялся 0,03 и 0,035.

При скорости СВВ II, I м/с эта сила равнялась соответственно 36 и 48 Н.

Сила сопротивления качения увеличивается с увеличением поперечного сечения шины, уменьшением диаметра колеса и снижением давления в шине. Соответственно меняется и коэффициент трения качения.

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СПОРТИВНОГО ИНВЕНТАРЯ И СИСТЕМЫ ВЕЛОСИПЕДИСТ-ВЕЛОСИПЕД

Исследования по определению аэродинамических характеристик в аэродинамической трубе велись в следующих направлениях:

- влияние различных конструкций инвентаря велосипеда на силу сопротивления воздуха (колес, рам и их сочетаний);
- выявление зависимости между позой велосипедиста и силой аэродинамического сопротивления;
- влияние различных экипировок и инвентаря на аэродинамические характеристики в системе велосипедист-велосипед.

В экспериментальных исследованиях аэродинамическая сила сопротивления регистрировалась в аэродинамической трубе в трех взаимно-перпендикулярных направлениях:

- параллельно воздушному потоку (ось X);
- в горизонтальной плоскости (ось Y);
- в вертикальной плоскости (ось Z).

Аэродинамические характеристики спортивного инвентаря

С увеличением скорости воздушного потока происходит увеличение аэродинамического сопротивления (ось X) при различных углах атаки воздушного потока как для колеса со спицами (обычное колесо), так и для колеса с закрытыми боковыми поверхнос-

тями (обтекаемое колесо).

Аэродинамическая сила сопротивления для обтекаемого колеса при угле атаки 0 градусов во всем диапазоне изменения скоростей воздушного потока (10–40 м/с) меньше, чем для обычного колеса. При скорости потока 20 м/с сопротивление обтекаемого колеса достигло 3 Н, а обычного 6 Н. При скорости 40 м/с аэродинамическая сила сопротивления равнялась соответственно 14 и 13 Н. С ростом скорости воздушного потока увеличивается разность между величинами аэродинамической силы сопротивления обычного и обтекаемого колеса.

Эксперименты показали целесообразность применения колеса с закрытыми боковыми поверхностями (обтекаемое колесо) при взаимодействии с воздушным потоком под различными углами атаки (не выше 12 градусов). Вместе с тем выявлены режимы, при которых применение такого колеса невозможно из-за большой боковой составляющей аэродинамической силы при боковом потоке воздуха при различных углах атаки.

При продувке в аэродинамической трубе велосипедов с различными конструкциями велосипедных колес использовались:

- велосипед с обычными колесами ;
- велосипед с передним обтекаемым и обычным задним колесом ;
- велосипед с обтекаемыми колесами.

Выявлено, что произведение коэффициента лобового сопротивления и площади проекции велосипеда на фронтальную плоскость ($C_x \cdot S$) практически не зависит от скорости потока в диапазоне от 15 до 40 м/с, и для велосипеда с обычными колесами составило 0,0106, для велосипеда с передним обтекаемым колесом – 0,0102, с двумя обтекаемыми колесами – 0,009.

Аэродинамические характеристики системы велосипедист-велосипед

Для расчета коэффициента лобового сопротивления СВВ определялась площадь её проекции на фронтальную плоскость и регистрировалась аэродинамическая сила сопротивления. Величина аэродинамического сопротивления у велосипедистов при скорости воздушного потока 10 м/с находилась в пределах 9-11 Н, при 15 м/с - от 24 Н до 26 Н, при 20 м/с - от 48 Н до 53 Н. Изменение коэффициента лобового сопротивления с увеличением скорости потока с 10 м/с до 20 м/с происходит линейно, от 0,4 до 0,51 (средние значения).

При определении аэродинамического сопротивления СВВ выявлено, что максимальная сила воздушного сопротивления возникает при высокой посадке, минимальная - при смещении на седле вперед в дистанционной посадке и при смещении вперед на старте, стоя на педалях. Чем выше посадка, тем аэродинамическая сила сопротивления СВВ выше. Так, например, в позе хват за верх руля, руки выпрямлены, голова в естественном положении - зарегистрированы максимальные величины этой силы (100,3 - 107,1 Н) при скорости 20 м/с. Отведение коленей в сторону от велосипеда вызывало существенное увеличение аэродинамического сопротивления. Отведение локтевых суставов в стороны также увеличивает это сопротивление.

Вертикальное положение шатунов велосипеда увеличивает аэродинамическую силу сопротивления по сравнению с горизонтальным. Смещение велосипедиста в дистанционной посадке вперед уменьшает аэродинамическое сопротивление СВВ по сравнению с обычной дистанционной посадкой.

Зависимость аэродинамической силы сопротивления
системы велосипедист-велосипед от экипировки
спортсмена

При проведении эксперимента в аэродинамической трубе использовались следующие конструкции касок:

- каска I представляла собой каплевидную форму при видах сверху и сбоку, то есть она имела удлиненную заднюю часть, переходящую на спину гонщика;

- каска 2 представляла каску обычной традиционной формы.

В результате исследований выявлено, что аэродинамическая сила сопротивления каски I зависела от положения головы спортсмена. Величина сопротивления СВВ менялась при этом от 62 до 65 Н при скорости 20 м/с. Положение головы в каске 2 не влияло на аэродинамическое сопротивление системы и составляло 67 Н. Регистрируемая сила СВВ при использовании велосипедистом каски I ниже, чем каски 2.

При определении влияния экипировки на аэродинамическую силу сопротивления велосипедисты использовали два вида костюмов:

- обтекаемый костюм I представлял собой облегающую вело-рубашку с настроенными ластовицами и капюшоном, переходящим на шлем и велосипедные трусы из эластичного материала;

- обтекаемый костюм 2 представлял собой конькобежный костюм, в котором капюшон плотно облегал шею и находился под шлемом велосипедиста.

Применение одного и того же костюма у различных спортсменов вызывало неадекватные изменения аэродинамической силы сопротивления СВВ. Так, у одного из спортсменов костюм I уменьшал аэродинамическую силу по сравнению с костюмом 2, а у

другого - наоборот увеличивал.

Аэродинамическая сила сопротивления (Н) в зависимости от одежды у одного из спортсменов следующая:

- обычная велорубашка, трусы74 ;
- обтекаемый костюм I72 ;
- обтекаемый костюм 269 ;
- (конькобежный костюм).

Наибольшая аэродинамическая сила сопротивления была зарегистрирована при применении обычной спортивной формы (велорубашка и трусы).

Аэродинамическая сила сопротивления СВВ (Н) в зависимости от применения чулок, надеваемых поверх педалей равна:

- без чулок 60 ;
- с чулками 58.

Таким образом, исследования аэродинамической силы сопротивления показали, что она зависит от скорости воздушного потока относительно СВВ, посадки велосипедиста, его экипировки, инвентаря, условий, в которых находится СВВ.

Изменение посадки от низкой до высокой меняет силу сопротивления в 1,5 раза. В низкой посадке в зависимости от телосложения спортсмена и, как следствие, в зависимости от лобовой проекции, сила аэродинамического сопротивления составляет 44-73 Н, при скорости воздушного потока 20 м/с. В положении стоя на педалях (старт с места) сила аэродинамического сопротивления примерно та же, что и при дистанционной посадке, а в отдельных случаях несколько меньше. Смещение велосипедиста в низкой посадке на седле вперед всегда уменьшает силу аэродинамического сопротивления по сравнению с дистанционной посадкой.

Аэродинамическая сила сопротивления в зависимости от эки-

пировки у одного и того же испытуемого при скорости воздушного потока 20 м/с менялась следующим образом: в обычной вело-рубашке и трусах - 73,5 Н, в обтекаемом комбинезоне - 72,0 Н, в конькобежном костюме - 69,0 Н. Следует отметить, что применение одного и того же комбинезона разными гонщиками может прямо противоположно менять их аэродинамическое сопротивление. Поэтому подбирать посадку и экипировку необходимо одновременно и индивидуально для каждого спортсмена с помощью объективных методов регистрации аэродинамического сопротивления.

Характер изменения силы от скорости при различных посадках (высоких, средних и низких) по исследованиям ряда авторов и нашим исследованиям совпадает. Однако, отмечается тенденция изменения воздушного сопротивления (уменьшение) к более поздним (по годам исследования) экспериментальным данным, что, по-видимому, вызвано совершенствованием экипировки спортсмена и его посадки.

ОЦЕНКА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОСАДКИ ВЕЛОСИПЕДИСТА

Снижение силы аэродинамического сопротивления СВВ при прочих равных условиях возможно за счет уменьшения площади фронтальной проекции и коэффициента лобового сопротивления.

При горизонтальном положении туловища площадь проекции на фронтальную плоскость минимальная. Эта площадь определяется суммой площади туловища и площади ног. Её можно определить по формуле. Для этого надо величину ширины плеч L умножить на величину "толщины" туловища A , после чего прибавить величину ширины плеч, умноженную на коэффициент K , и величину расстояния от каретки до горизонтальной прямой (рис. 1).

The diagram shows a side profile of a person sitting on a chair. The person's torso is labeled 'A', the chair's seat height is labeled 'B', the distance from the back of the chair to the person's back is labeled 'C', and the distance from the back of the chair to the person's head is labeled 'D'. The person is sitting on a chair with a backrest and armrests. The diagram is a line drawing with arrows indicating the dimensions.

$$S_{\min} = L \cdot A + L \cdot K_1 \cdot B$$

где: $S_{\min}$ - минимальная площадь проекции СВВ;

A - "толщина" туловища;

L - ширина плеч;

K_1 - коэффициент, показывающий, во сколько раз площадь ног больше площади туловища;

B - расстояние от каретки до горизонтальной прямой, проходящей через наивысшую точку поверхности седла.

Разделив минимальную площадь лобового сопротивления СВВ при дистанционной посадке, получим коэффициент K , характеризующий аэродинамическое совершенство посадки:

$$K = \frac{A + K_1 \cdot B}{C + K_1 \cdot B + K_2 \cdot D}$$

K_2 - коэффициент, показывающий, во сколько раз площадь головы больше площади туловища.

D - разница между наивысшими точками головы и туловища.

C - Разница между наивысшими точками седла и туловища.

На основе результатов исследований, проведенных в аэродинамической трубе НИИ механики МГУ на спортсмене МСМК в 18 различных позах при скорости воздушного потока 20 м/с (причем с целью повышения точности продувки проводились в 17 позах четыре раза, а в одной - 20 раз), определены коэффициенты K_1 и K_2 , которые оказались равными соответственно 0,5 и 0,25. Установлена отрицательная связь между коэффициентом K , с одной стороны, и силой аэродинамического сопротивления СВВ - с другой, $r = -0,901$ (доверительные границы этого коэффициента для уровня значимости 0,05 находятся в диапазоне $-0,90 \pm 0,08$).

Для определения коэффициента аэродинамичности посадки нужно взять фотографию спортсмена (можно любого размера, но обязательно вид сбоку) и измерить отрезки A , B , C , D , а затем полученные размеры (они могут быть в сантиметрах или в милли-

метрах) подставить в формулу и произвести вычисления.

В связи с тем, что коэффициент аэродинамической посадки K – безразмерная величина, то ни масштаб изображения, ни то, в каких единицах выражена величина соответствующих отрезков, не имеют значения.

Чем ближе коэффициент K к единице, тем более совершенна посадка в аэродинамическом отношении.

Например, у Копылова в дистанционной посадке коэффициент K составляет 0,857, у Храбцова – 0,826, у Мозера во время заезда на побитие рекорда мира он колебался в диапазоне от 0,82 до 0,89 (расчеты по фотографиям, опубликованным в иностранной печати).

С помощью коэффициента K можно оценить аэродинамическое качество посадки любого спортсмена, сравнить различные посадки одного и того же спортсмена и посадки различных гонщиков. Оптимальная в аэродинамическом отношении посадка будет в том случае, если коэффициент будет равен единице.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ВЕЛОСИПЕДИСТА ПРИ ПЕДАЛИРОВАНИИ

Для проверки предлагаемой конструкции велосипеда было проведено исследование по выявлению энергозатрат на обычном и экспериментальном велосипедах.

Учитывая линейную зависимость между мощностью выполняемой нагрузки и частотой сердечных сокращений в режиме до 170 ударов в минуту, были получены данные мощности выполняемой внешней работы на пульсе 170 ударов в минуту стандартной (обычная конструкция велосипеда) и экспериментальной (новая конструкция) посадках.

БИБЛИОТЕКА
Исследования
института физкультуры

Выявлено, что применение предлагаемой конструкции велосипеда не вызывает существенных различий в мощности педалирования при пульсе велосипедиста 170 ударов в минуту.

Наши исследования показали, что гонщик за счет повышенных энергозатрат в экспериментальной посадке теряет около 5% мощности.

По данным этой части исследования можно сделать следующие выводы:

- при работе низкой мощности энергозатраты гонщика в экспериментальной посадке выше, чем в стандартной;
- на мощности, близкой к соревновательной, энергозатраты в посадках не различаются;
- проведенное исследование положительно решает вопрос о целесообразности применения экспериментальной посадки в велосипедных гонках на время, т.к. она позволяет снизить необходимую мощность с учетом преимущества в аэродинамике на 10-15%;
- время работы "до отказа" в двух видах посадки практически не различается.

ВЫВОДЫ

I. Анализ научно-методической литературы показывает, что в велосипедном спорте недостаточно исследованы вопросы влияния экипировки гонщика, конструкции велосипеда и его элементов на силу аэродинамического сопротивления системы велосипедист-велосипед, не определено сопротивление дисковых колес в зависимости от угла атаки воздушного потока, не найдена в аэродинамическом отношении оптимальная посадка велосипедиста, не разработана оценка энергозатрат велосипедиста в различных (в аэродинамическом отношении) посадках.

2. Разработана методика, позволяющая достаточно точно регистрировать силу трения качения и воздушного сопротивления в естественных условиях. Значения величин, определяемых с помощью предлагаемой методики близки к значениям аналогичных характеристик, полученных другими авторами.

3. Сравнительно на небольшом участке трассы (25 м) вектор скорости воздушного потока при обтекании местности существенно меняется.

Зная даже приблизительный характер обтекания воздушным потоком местности, по которой проходит трасса соревнований, возможно определить или значительно уточнить тактику ведения спортивной борьбы.

Для вычисления аэродинамической силы СВВ достаточно измерить скорость ветра в одной точке на высоте 1-1,5 м над поверхностью дороги.

4. Различные элементы спортивного инвентаря изменяют аэродинамическую силу сопротивления. Использование дисковых колес снижает аэродинамическую силу сопротивления на 3 % по сравнению с обыкновенными. У обтекаемого (дискового) колеса аэродинамическая сила сопротивления при углах атаки не превышающих 12 градусов ниже, чем у обыкновенного. Практически же различаются силы сопротивления у велосипедных рам с различной толщиной труб.

5. Одна и та же экипировка влияет на аэродинамическую силу сопротивления СВВ по-разному, уменьшая ее у одних спортсменов и увеличивая у других.

Силы воздушного сопротивления велосипедиста в различных конструкциях касок при одной и той же посадке различаются на 5 Н. В зависимости от использования моделей костюма аэродина-

мическое сопротивление уменьшается от 74 (обычная велорубашка) до 60 Н при обтекаемом костюме.

Максимальная сила воздушного сопротивления возникает при высокой посадке, минимальная – при смещении на седле вперед в дистанционной посадке и при смещении вперед при старте, стоя на педалях. При высокой посадке значение максимальной силы сопротивления доходит до 107 Н, а минимальной – до 100,3 Н ($V = 20$ м/с).

При дистанционной посадке эти величины достигают соответственно 60,4 и 47,7 Н, при скорости воздушного потока 20 м/с.

Смещение гонщика вперед при дистанционной посадке уменьшает силу воздушного сопротивления на 2,3%, а назад увеличивает её на 26%.

6. Разработан коэффициент аэродинамичности посадки, позволяющий количественно оценить посадку велосипедиста в аэродинамическом отношении, сравнить посадку спортсмена с оптимальной, проанализировать различные виды посадки (и дать рекомендации по наилучшей из них), определить преимущества посадки одного гонщика относительно другого.

Коэффициент аэродинамичности оптимальной посадки равен единице, с ухудшением характеристик посадки он уменьшается. У высококвалифицированных спортсменов он лежит в пределах 0,73–0,98.

7. При педалировании на трехроликовом инерционном велостанке в режиме низкой мощности энергозатраты гонщика в экспериментальной посадке выше, чем в стандартной на 10–25% при ЧСС 150 ударов в минуту.

При педалировании в режиме большой мощности энергозатра-

ты гонщика в двух видах посадки на трехроликовом велостанке практически не различаются. Различия составляют не более 5% при ЧСС 170 ударов в минуту и выше.

С увеличением мощности педалирования уменьшаются преимущества в энергозатратах на велосипеде обычной конструкции по сравнению с предлагаемой. При скорости 9,5 м/с энергозатраты на велосипедах практически одинаковы. С ростом скорости преимущество в экспериментальной посадке возрастает. Целесообразно применение экспериментальной посадки в велосипедных гонках на время, так как она позволяет снизить аэродинамическую силу сопротивления на 10-15% при дистанционной скорости и время прохождения дистанции по теоретическому расчету на 5% по сравнению с обычными конструкциями.

8. Разработана конструкция велосипеда, признанная изобретением (номера 1041386, 1159826, 1421600), снижающая силу аэродинамического сопротивления C_{wB} до 20%.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Варгашкин Р.Е., Рудченко А.В., Яковлев Б.А. Факторы, влияющие на силу воздушного сопротивления в велосипедном спорте // Велосипедный спорт: Ежегодник. - М.: Физкультура и спорт, 1981. - С. 60-61.

2. Селуянов В.Н., Савельев И.А., Яковлев Б.А. Затраты энергии на перемещение одной и двух ног при педалировании на велоэргометре // Механико-математическое моделирование спортивной техники: Тез. докл. Всесоюз. научн. конф. 26-27 апреля 1982. - С. 42.

3. Селуянов В.Н., Яковлев Б.А. Влияние угла наклона доро-

ги и телосложения спортсмена на скорость езды на велосипеде // Механико-математическое моделирование спортивной техники: Тез. докл. Всесоюзн. научн. конф. 26-27 апреля 1982 г. - М., 1982. - С. 42.

4. Седуянов В.Н., Яковлев Б.А. Энергозатраты, связанные с преодолением инерционных сил при педалировании на велосипеде // Механико-математическое моделирование спортивной техники: Тез. докл. Всесоюзн. научн. конф. 26-27 апреля 1982 г. - М., 1982. - С. 43.

5. Григорян С.С., Варгашкин В.Е., Яковлев Б.А. и др. Свидетельство на изобретение: "Руль велосипеда", № 1041386, зарегистрировано 16 мая 1983 г.

6. Седуянов В.Н., Яковлев Б.А. Биомеханические основы совершенствования эффективности техники педалирования / Учебное пособие для студентов и слушателей ФПК ГЦОЛИФКа. - М., 1985. - 56 с.

7. Яковлев Б.А. Оценка аэродинамического качества посадки велосипедистов // Велосипедный спорт: Ежегодник. - М., 1985. - С. 45-47.

8. Григорян С.С., Варгашкин Р.Е., Яковлев Б.А. и др. Свидетельство на изобретение: "Велосипед", № 1159826, зарегистрировано 8 февраля 1985 г.

9. Григорян С.С., Зациорский В.М., Яковлев Б.А. и др. Свидетельство на изобретение: "Велосипед", № 1421600, зарегистрировано 8 мая 1988 г.

10. Яковлев Б.А., Колесников А.Ю. Влияние посадки велосипедиста на его энерготраты при педалировании на трехроликовом велостанке // Тез. докладов УП Всесоюзн. научн. конф. (Пенза, 3-6 октября 1991 г.). - М., 1991. - С. 169-170.