

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение средняя
общеобразовательная школа №9

**«Влияние внешних сил и конструкции
велосипеда на скорость движения
велогонщика»**

(исследовательский проект)

Исполнитель:
Жданов Николай,
Учащийся 11 класса А

Руководитель:
Синцова Е.И.

Нижний Тагил
2021

Содержание

Введение	3
I. Теоретическая часть	5
1. Краткая информация о велоспорте	5
2. Анатомия велосипедиста	9
3. Особенности строения современного шоссейного велосипеда	11
4. Важность правильной посадки велосипедиста	18
II. Практическая часть	20
1. Общие сведения о проведении исследования	20
2. Проведение тестовых заездов на улице	21
3. Результаты тестовых заездов на улице	25
4. Результаты тестирования в аэродинамической трубе	28
5. Выводы по итогам тестовых заездов на улице и тестирования в аэродинамической трубе	30
6. Аэродинамика в велоспорте	32
Заключение	35
Список использованных источников	37
Приложение	38

Введение

С 2013г. я занимаюсь велоспортом в детской юношеской школе № 4. И как для любого велосипедиста, для меня важно, чтобы перед соревнованиями я полностью знал различные характеристики и возможности своего велосипеда, а также их влияние на мою скорость движения с точки зрения физики. Это имеет большое значение, поскольку некоторые корректировки во время соревнований могут существенно улучшить мой результат на финише. Также, безусловно, велогонщик во время своего заезда должен иметь представление о том, какое влияние на его движение он сам оказывает, и какую при этом роль играют внешние силы во время прохождения дистанции. В связи с этим, я решил написать свою работу о том, какое же именно влияние на скорость движения велогонщика оказывают внешние силы, различные конструкции велосипеда и, конечно, сам человек. Я поучаствовал вместе со своими партнёрами по команде во время тренировочного процесса в серии тестовых заездов, которые проводились на различных вариациях велосипедов и шлемов.

Актуальность моего проекта заключается в том, что я занимаюсь велоспортом, и как у многих велосипедистов, у меня часто возникают вопросы по поводу того, насколько тот или иной велосипед аэродинамичнее и быстрее другого, а также, сколько прилагаемой своими усилиями мощности можно сэкономить на том или ином велосипеде по сравнению с другими.

Я считаю, что для других любителей велоспорта сведения из моей проектной работы будут полезны тем, что они смогут, посмотрев и сравнив результаты различных тестовых заездов, наглядно увидеть, какой велосипед является одним из самых аэродинамичных, а также от чего ещё зависит то, насколько быстро велосипедист преодолеет свою дистанцию.

Цель проекта: выяснить, какое влияние на скорость движения велогонщика оказывают внешние силы, конструкция велосипеда и сам человек, и каким образом это происходит с помощью специальных тестовых заездов.

Задачи:

1. Указать основные детали, из которых состоит шоссейный велосипед, и особенности его строения в целом;
2. Описать данные вариации велосипедов и шлемов, которые используются в тестовых заездах, и обосновать различия в результатах между ними по итогам этих заездов;

3. Сравнить результаты тестовых заездов, проведённых в моей спортивной школе с результатами заездов в специальной аэродинамической трубе;

4. Произвести в ходе работы, где это будет необходимо, математические вычисления;

5. Обобщить и систематизировать данный материал по итогам результатов тестовых заездов и влиянию внешних сил, конструкции велосипеда и самого человека на скорость движения велосипедиста.

Гипотеза: внешние силы, конструкция велосипеда и сам человек оказывают большое влияние на скорость движения велогонщика.

Объект исследования: система «велосипед - велогонщик».

Предмет исследования: влияние внешних сил и конструкции велосипеда на скорость движения велогонщика.

Планируемый результат: таблицы, в которых будут указаны итоги всех тестовых заездов, представленных в моей проектной работе, а также математические вычисления, подтверждающие эти результаты и выводы, составленные на основе проведённого исследования.

I. Теоретическая часть

1. Краткая информация о велоспорте

1.1. Зарождение велосипеда

В 1817 г. немецкий профессор барон Карл фон Дрез из Карлсруэ создал первый двухколёсный аппарат. В 1818г. он получил официальный патент на металлическую конструкцию из двух колёс, рамы и сиденья для водителя. Транспортное средство, скорее, напоминало прототип велосипеда: устройство не имело передаточного механизма и педалей. Предполагалось, что человек приводит его в движение, отталкиваясь от земли ногами. Сам Дрез называл аппарат «самокатом» или «машиной для бега».

Однако, несмотря на то, что патент на изобретение велосипеда был выдан Карлу Дрезу, настоящим изобретателем является Ефим Артамонов. В 1800 г. Артамонов изобрёл на Нижнетагильском заводе самокат – прототип современного велосипеда. Он был железный, имел два колеса, расположенных одно за другим. Переднее колесо было почти в три раза больше заднего. Колёса были скреплены изогнутой металлической рамой. Самокат приводился в движение ногами путём поочерёдного нажима на педали, которые сидели на оси переднего колеса.



Фото № 1. Самокат Е. Артамонова

Официальной датой начала участия велосипеда в соревнованиях считается 31 мая 1868г. В этот день в одном из парков пригорода Парижа Сен – Клу стартовала первая в мире велосипедная гонка на 2000 метров.

В 1893 г. впервые прошёл чемпионат мира по велоспорту.

1.2. Дисциплины велоспорта

Велоспорт – это перемещение по земле с использованием транспортного средства - велосипеда, движимого мускульной силой человека.

В велоспорте можно выделить следующие основные дисциплины:

1. Шоссейный велоспорт – это вид велосипедного спорта, подразумевающий гонки по дорогам с твёрдым покрытием на шоссейных велосипедах;



Фото № 2. Шоссейный велосипед

2. Трековый велоспорт – это вид велосипедного спорта, подразумевающий гонки на велотреках или велодромах на трековых велосипедах;



Фото № 3. Трековый велосипед

3. *Маунтинбайк* – это вид велосипедного спорта, представляющий собой соревнования в условиях отсутствия дорожного покрытия (вне дорог) на горных велосипедах;



Фото № 4. Горный велосипед

4. *Велосипедный мотокросс (Bicycle MotoXtreme - BMX)* – это вид велосипедного спорта, подразумевающий соревнования на типе велосипеда- BMX.



Фото № 5. Велосипед BMX

1.3. Велоспорт в моей жизни

Когда я учился в третьем классе, в нашем городе открылась секция по велоспорту, и начался набор ребят. Меня очень сильно заинтересовал этот вид спорта, и я решил записаться в секцию. С тех пор занимаюсь велоспортом 8 лет. Тренировки у нас проходят круглогодично, в зимнее время: на лыжной базе АО «НПК «Уралвагонзавод» и в тренажерном зале спортивной школы №4. В летнее время тренировочный процесс осуществляется на дорогах города и Пригородного района, а также в спортивном лагере «Золотой луг». Я тренируюсь под руководством кандидата

в мастера спорта по велоспорту Пospelова А.Л. и мастера спорта СССР по велоспорту Марченко А.Я.



Фото № 6. Я и мой тренер Марченко А.Я.



Фото № 7. Я и мой тренер Пospelов А.Л.

Я принимаю участие в различных областных и всероссийских соревнованиях в дисциплине велоспорт – шоссе и маунтинбайк. Имею I взрослый разряд. Моим лучшим результатом было 9-е место на всероссийских соревнованиях в Омске в июне 2019 г.

Также я бы хотел упомянуть о своем дедушке - Николае Ивановиче Жданове, который тоже занимался шоссейными гонками и имел звание мастера спорта СССР по велоспорту. Он побеждал на различных первенствах СССР по велоспорту. Я очень горжусь своим дедом!



Фото № 8. Мой дед Жданов Н.И.

2. Анатомия велосипедиста

2.1. Основопологающие тезисы

При езде на велосипеде задействованы все основные мышцы частей тела и ни одна из них не может считаться менее важной, чем другие, направленная комплексная силовая тренировка – ключ к хорошей спортивной форме, гарантия высоких результатов и профилактика травм спортсмена - велосипедиста.

Для «выхода на пик формы» велосипедисту необходимо добиться того, чтобы все системы организма действовали слаженно, как единый, хорошо подготовленный механизм. Физическая сила атлета – один из основных факторов, позволяющий добиваться высоких результатов, предотвращать травмы и обеспечивать спортивное долголетие. Ноги для велосипедиста имеют решающее значение, на них приходится основная силовая нагрузка, но для того, чтобы стабилизировать нижнюю половину тела, необходимо иметь сильные мышцы живота, спины, верхнего плечевого пояса. Основное рабочее движение для максимальной эффективности должно иметь чёткий вектор направленности обеспеченный надёжной опорой, иначе значительная часть энергии будет потрачена впустую. Каждая область тела играет свою роль в передаче физических усилий на педали, управлении велосипедом и предотвращении травм.

2.2. Важность оптимальной настройки велосипеда

Каждой мышце свойственна оптимальная длина в состоянии покоя. Она представляет собой идеальный компромисс между густотой переплетения актиновых и миозиновых нитей мышечного волокна и наличием достаточного «свободного» пространства для перемещения миозина – сути механизма сокращения. Избыточная или недостаточная длина мышцы в состоянии покоя означает пустую трату её энергетического потенциала. Вот почему так важна правильная подгонка велосипеда. Если седло расположено слишком низко, мышца не растянется на оптимальную длину, а если слишком высоко, то она растянется чрезмерно.

2.3. Общая анатомия велосипедиста в движении

Кривошипы педалей имеют диаметрально противоположное положение, что позволяет мышцам сгибателям одной ноги (двуглавая бедра, полуперепончатая, полусухожильная) работать одновременно с разгибателями другой (четырёхглавая бедра, большая ягодичная). При правильной настройке седла нога в нижнем положении педали должна быть немного согнута в колене. В таком положении мышцы задней поверхности бедра растянуты до оптимальной длины и готовы к оптимальному сокращению при движении педали вверх. В верхнем положении педали бедро располагается практически параллельно земле. Это позволяет большой ягодичной мышце развивать максимальное усилие при движении педали вниз, а четырёхглавой мышце – в момент перехода верхней точки.

При вращении педалей голеностопный сустав постоянно слегка сгибается и разгибается, икроножные и другие мышцы голени вносят свой вклад в усилия, прилагаемые к педалям, и, так же, стабилизируют стопу.

Мышца, выпрямляющая позвоночник, широчайшая мышца спины и трапецевидная мышца поддерживают позвоночник в согнутом положении, обеспечивая рабочую аэродинамическую позу велосипедиста. Ременная мышца головы и трапецевидная мышца распрямляют шею, поднимают голову и обеспечивают обзор. Прямые, поперечные и косые мышцы живота отвечают за переднюю и боковую поддержку туловища, противодействуя хорошо развитым мышцам спины. Если какие-то из этих мышц расслаблены, положение позвоночника будет неправильным, что создаст чрезмерную нагрузку и боль.

Руки не только обеспечивают управление велосипедом, но и участвуют в распределении силовой нагрузки. Они должны быть слегка согнуты в локтях. Рабочая

поза создаёт постоянную нагрузку на плечи. При каждом нажатии на педаль велосипед стремиться качнуться в сторону. Если велосипед удержать, то больше энергии сохраниться для прямолинейного движения. Мышцы предплечья, сгибатели и разгибатели рук (двуглавая, плечевая и трёхглавая мышцы) выполняют попеременную работу, чтобы через плечевой пояс стабилизировать туловище. Большие и малые мышцы груди помогают наклону туловища вперёд и удерживают велосипед от раскачивания.

Двухколесные транспортные средства сегодня получили широкое распространение. Это связано с тем, что конструкции универсальны, неприхотливы в обслуживании, ездят без топлива. Каждый пользователь должен знать устройство велосипеда, чтобы при необходимости быстро распознать и устранить возможные поломки. Все велосипеды состоят из стандартного набора элементов, дополнительных приспособлений, но у разных моделей есть некоторые отличия.

3. Особенности строения современного шоссейного велосипеда

3.1. Описание гоночного (шоссейного) велосипеда

Конструкция современного велосипеда довольно функциональна, в её состав входят следующие элементы, основными из которых являются:

- рама велосипеда;
- руль и вынос;
- рулевая колонка и вилка;
- колеса велосипеда;
- седло и подседельный штырь;
- система переключения передач;
- тормоза и трансмиссия.



Фото № 9. Современный стандартный шоссейный велосипед

У такого велосипеда расстояние между колесами увеличено. Для удобства сборки без инструмента, детали крепятся с помощью системы эксцентриков. Колеса имеют минимальный набор спиц. У такого велосипеда не самое большое количество передач, как правило, до двадцати. Для надёжной фиксации стопы в педалях и кругового педалирования, конструкции снабжены контактными педалями. Элементы управления, закрепленные на руле, управляют передним и задним тормозами, а также существует ручка переключения передач.

Рассчитан шоссейный велосипед на тех, кому по душе соревновательная езда и физические нагрузки. Шоссейный велосипед, в сравнении с другими, предполагает продолжительную езду. При этом, на нее затрачиваются усилия такие же, как и при поездках на классических байках с большей скоростью, но по дорогам со специальным покрытием — велодорожкам и шоссе.

3.2. Составляющие элементы шоссейного велосипеда

Рама. Рамы выполнены в достаточно жесткой форме, что делает конструкцию долговечной, надежной, легкой, не вызывающей затруднений при езде с большой скоростью. Для производства рамы используется карбон (углеродное волокно), благодаря которому конструкция приобретает высокую прочность и легкость.

Колеса. Для этого типа велосипедов используются узкие шины с малым числом протекторов. Выбор их обоснован маленьким трением шин о дорогу, что влияет на

величину скорости (скорость, естественно, увеличивается). Но, недостатком их является то, что велосипедист на себе ощущает все неровности, если едет по неровной дороге.

Руль. Его изогнутые ручки уменьшают сопротивление воздуха, что также помогает увеличить скорость спортсмена. Независимо от того, какое положение принимает велосипедист, управление происходит за счет прямого участка руля, на котором крепится тормозной рычаг и переключатель передач. Совокупность всех этих элементов обеспечивает велосипедисту комфортное вождение.

Передачи. Спектр передач у современного шоссейного байка достаточно широкий. Для преодоления крутых и затяжных подъемов предназначены передачи низкие, в то время как на скоростных дорогах применяют высокие передачи. Обычно шоссейный велосипед комплектуется 2-мя передними и 8-9 задними передачами, что даёт 16-18 комбинаций.

Педали. Они обеспечивают качественную езду на большой скорости, так как на них имеются клипсовые зацепы, которые дают возможность не просто толкать, но и тянуть педали вверх, не отрывая от них ног.

Тормозные рычаги и переключатель передач. В современных шоссейных байках их для удобства располагают на руле близко друг к другу, что является очень важным и необходимым для комфортной и быстрой езды, а самое главное – безопасной для спортсмена. Это необходимо для того, чтобы велосипедист мог быстро принять те или иные действия (затормозить или переключить передачу на более «тяжёлую»), сориентировавшись в какой-либо трудной ситуации.

Велолежак. Этот элемент является неотъемлемой частью современного велосипеда, так как позволяет менять позу велосипедисту и вследствие этого, уменьшить сопротивление ветра или, так называемую, силу жидкого трения, которая очень сильно мешает спортсмену развивать всё большую и большую скорость при езде.

3.3. Колёса шоссейного велосипеда

Шоссейные велосипеды оборудованы специальными 28-дюймовыми колёсами, которые являются самыми большими среди всех разновидностей колёс для велосипедов. Ведущим всегда является заднее колесо, а рулевым – переднее. К ним предъявляются определённые требования.

Колеса должны быть

- лёгкими и прочными;
- сбалансированными;

- выдерживать удары и неровности покрытия.

Далее я хотел бы представить колёса, на которых я сам выступаю на соревнованиях по велоспорту и, которые помогают мне развивать как можно большую скорость во время заезда.



Фото № 10. Колёса, используемые в ходе исследования

Эти колёса в велосипедном спорте называются «профильными», и на них выступают профессионалы на самых престижных соревнованиях. Почему же они так ценятся и помогают спортсмену развивать довольно большую скорость? Ответ на этот вопрос можно получить, если внимательно рассмотреть данные колёса вживую. Они максимально лёгкие, так как сделаны полностью из карбона (спицы, обод, втулка и т. д.). У этих колёс спицы сделаны так, что они рассекают встречный поток воздуха при движении, что опять же помогает создать максимально аэродинамическое движение у спортсмена. Также хотелось бы отметить то, что данные колёса имеют достаточно большой диаметр и, вследствие этого, за 1 полный оборот проходят достаточно большое расстояние по сравнению с колёсами более маленького диаметра. Чтобы это

подтвердить, нам понадобится формула длины окружности. Она выглядит следующим образом:

$$C=2\pi R$$

В этой формуле стоит обратить внимание на букву «R» - радиус окружности, так как число «пи» это всегда одно и то же значение. Чем больше диаметр окружности, тем пропорционально больше становится и её радиус, а, следовательно, и вся длина окружности, в нашем случае колеса. Длина колеса как раз и равна длине 1-го полного оборота. Из этого можно сделать вывод о том, что наше изначальное утверждение подтвердилось, и данные колёса имеют серьёзное преимущество перед другими колёсами более маленького диаметра. Ещё я хотел бы заострить своё внимание на том, что у данных колёс достаточно узкие покрышки. Это также сделано неспроста. Дело в том, что в таком случае у колёс происходит меньшее соприкосновение с дорогой, а вследствие этого, уменьшается сила трения качения ($F_{тр.}$), которая, как известно, замедляет движение, в нашем случае, велосипедиста.

Сила трения - это сила взаимодействия между соприкасающимися телами, препятствующая перемещению одного тела относительно другого.

Трение качения - сопротивление движению, возникающее при перекатывании тел друг по другу, т.е. сопротивление качению одного тела по поверхности другого.

3.4. В чём секрет высокой аэродинамической составляющей современного шоссейного велосипеда?

Известно, что при скорости, превышающей 30 км/ч, появляется аэродинамическое сопротивление, мешающее движению вперёд.

Особенностью шоссейного велосипеда является его строение, позволяющее значительно снизить аэродинамику рассматриваемого велосипеда. Так, рама изготавливается из труб с профилированным сечением. Транспортное средство комплектуется колёсами с высокопрофильными ободами и плоскими спицами, что также серьёзно увеличивает его скорость. Не зря данный экземпляр считается одним из самых быстрых.



Фото № 11. Облегчённый шоссейный велосипед

Шоссейный велосипед обладает особой геометрией. Благодаря этому, велосипедист принимает наиболее обтекаемую позу, что уменьшает сопротивление воздуха. Руль, изготовленный в виде бараньих рогов, позволяет при необходимости изменять хват. Это важно для варьирования аэродинамической составляющей.

Чтобы повысить коэффициент полезного действия, разработчики значительно сократили так называемые паразитарные потери. Для этой цели:

- специально не предусмотрено наличие багажника (ведь всё необходимое в дороге можно сложить в дорожный рюкзак);
- убраны почти все элементы амортизации;
- сконструирована жёсткая и лёгкая передняя вилка, изготовленная из углеродистого волокна;
- использованы узкие колёса с жёсткой резиной, ширина которой не более 2,5 см;
- предусмотрен небольшой вес составных элементов велосипеда и самой рамы, изготовленной из углеродистого волокна или алюминиевого сплава;
- применены сидения без амортизаторов, способствующие прекрасному ускорению даже при создании небольшого напряжения на педалях.

Шоссейный велосипед оснащён специальной трансмиссией. Её передаточное отношение обеспечивает большую скорость движения. Отличным решением является интеграция шифтера (устройства для переключения передач) и тормозной системы в одно устройство, управляемое одной ручкой. Это даёт возможность производить переключение передач и тормозить, держа даже одну руку на руле. Если к перечисленным выше достоинствам данной техники добавить минимальный её вес,

составляющий всего 5,5 – 6,8 кг, то и получается идеальная веломашина для скоростного передвижения по шоссе.

3.5. Разновидности велосипедов в зависимости от геометрии рамы и используемых материалов

Шоссейные велосипеды изготавливаются для разных целей. В зависимости от этого подбирается та или иная конструкция рамы. Существуют транспортные средства, имеющие

1. Универсальную раму.

На таких велосипедах, благодаря конструктивным особенностям рамы, велосипедист имеет вертикальную посадку, что делает езду более комфортной и рулевое управление не требует особого напряжения.

2. Раму со сложными конструктивными особенностями, предназначенную для гонок.

Профессиональные гонщики, использующие данный вид техники, принимают определённую позу, вытягиваясь горизонтально. Это способствует снижению сопротивления воздуха, тем самым уменьшается известная нами уже сила жидкого трения. Велосипеды с такой конструкцией рамы являются лучшими, отличаются высоким качеством комплектующих деталей, лёгкими колёсами.

Шоссейный велосипед могут комплектовать рамой, изготовленной из алюминия или углеводородного волокна (карбона). Алюминиевые рамы, так же как и карбоновые, предназначены для езды по ровной дороге. Хорошо себя показывают в деле и велосипеды, состоящие из комбинаций разных деталей, когда часть из них алюминиевая, а часть карбоновая. Однако более комфортным является полностью карбоновый шоссейный велосипед. Его производство характеризуется высокой трудоёмкостью.

3.6. Разновидности шоссейных велосипедов в зависимости от их использования

Сегодня разрабатываются и выпускаются скоростные шоссейные байки самого разного предназначения. Благодаря наличию определённых качеств, они подразделяются на следующие типы:

1. Аэродинамические гоночные велосипеды.

Такие велосипеды предназначены для холмистой местности и езде по равнине, а также подходят для спринтерских разборок на финишной прямой. Они оборудованы жёсткой рамой и высокопрофильными колёсами.

2. Велосипеды для триатлона, а также гонок, начинающихся с отдельного старта.

Эти велосипеды являются достаточно узкоспециализированными и имеют сверхаэродинамичную раму, а также специальный руль (велолежак), позволяющий велосипедисту находиться в горизонтальном положении во время заезда, что значительно уменьшает сопротивление воздуха и увеличивает скорость спортсмена. Отличаются дисковыми или лопастными колёсами, которые специально используются только на данных дисциплинах. В некоторых случаях используют колёса с профилем около 10 см.



Фото № 12. Разделочный велосипед с аэрулём

4. Важность правильной посадки велосипедиста

Итак, теперь мне хотелось бы рассказать поподробнее о посадке велосипедиста, которая играет наиважнейшую роль в том, чтобы спортсмен мог сохранять аэродинамическое движение при езде на велосипеде.

4.1. Основные критерии правильной посадки велосгонщика

1). Во время поездки руки кладут на руль так, чтобы пальцы могли дотянуться свободно до переключателя передач и тормоза. Угол наклона корпуса по отношению к рукам составляет 90 градусов;

2). Сев на велосипед, и положив на руль правильно руки, нужно обратить внимание на переднюю втулку: её велосипедист должен видеть либо по центру, либо в 75% от выноса туловища. Если правильной посадки добиться не удаётся, значит, рама ему не подходит;

3). Должна выдерживаться симметрия между шириной плеч и шириной руля. Для улучшения показателей аэродинамических на соревнованиях применяют рули поуже. Более четкое и стабильное дыхание будет при широком хвате;

4). Чтобы отрегулировать правильно седло, необходимо поставить ногу на педаль: она должна быть слегка согнута в колене;

5). Седло устанавливается параллельно поверхности дороги, но, если ехать неудобно, можно его наклонить слегка;

6). Чтобы предотвратить на позвоночник действие чрезмерной нагрузки, сильно изгибаться в пояснице не желательно. Дышать нужно свободно во время движения;

7). Минимальное расстояние между бедром и локтем не должно быть меньше 1-2 сантиметров.

II. Практическая часть

1. Общие сведения о проведении исследования

Далее я подробно рассмотрю способы оптимизации посадки на велосипеде, призванной экономить силы спортсмена и повышать скорость лишь за счёт аэродинамики.

Сначала я рассмотрю преимущества перехода от шоссейного велосипеда к более аэродинамичному разделочному велосипеду, а также выгоды, которые дают аэрошлем и аэруль, он же велолежак. Очевидно, что при таком переходе также изменяется и посадка гонщика. Этой теме я коснусь уже немного позже в своей работе.

Предлагаю свести размышления к простому вопросу:

Сколько времени сэкономит гонщик, перейдя от обычного шоссейного велосипеда и шоссейного шлема к креплению на руль лежака, а затем и к настоящему разделочному велосипеду с аэрошлемом? (притом, что всё прочее оборудование (колёса, покрышки, велоформа) остаются прежними).

Ответ поддаётся количественному определению, но как его найти — следующий вопрос. Нужно понимание того, как это сделать, но большинство из нас этого не понимают. К счастью, есть люди, называемые в велосипедном мире инженерами, работа которых как раз заключается в нахождении ответов на эти вопросы. Они изобрели специальную аэродинамическую трубу, которая используется для тестирования малых средств передвижения и велосипедов.



Фото № 13. Велосипедист в аэродинамической трубе

Данные из аэродинамической трубы можно сравнивать с данными, полученными на дорожном полотне. Как это делается?

Измерения, сделанные в аэродинамической трубе, в настоящее время считаются золотым стандартом в тестировании аэродинамики велосипеда. Для наилучших результатов необходим велогонщик, способный стабильно удерживать тестируемую позицию во время педалирования. Недостаток аэродинамической трубы заключается в том, что с её помощью нельзя рассчитать управляемость при боковых ветрах, поскольку велосипед закреплен на роллерном велостанке.

Тестирование на улице можно охарактеризовать как более приближённое к реальным условиям. При этом оно занимает много времени. Для того чтобы произвести тестирование, необходима гладкая плоская трасса и точное измерительное оборудование - поверметр, которое имеется в моей спортивной школе по велоспорту (оно крепится на шатун велосипеда и измеряет мощность в Вт), кроме того, для измерения значения скорости мы использовали велокомпьютер. Также хотелось бы отметить, что измерения будут проводиться в безветренную погоду, так как в этом случае будет наиболее объективный результат (во время соревнований гонщики сталкиваются как с попутными, так и со встречными потоками ветра и поэтому правильнее будет выбрать ту самую «золотую середину»).



Фото № 14. Поверметр и шатун велосипеда



Фото № 15. Велокомпьютер

2. Проведение тестовых заездов на улице

Пару лет назад наша велокоманда вместе с нашими тренерами решили провести серию так называемых тестов, сравнивая различные комплектации стандартного шоссейного велосипеда с полноценным разделочным велосипедом также в различных комплектациях (происходила вариация шлемов и руля), которые будут представлены дальше.

2.1. Вариации велосипедов, рассмотренных в ходе исследования

1. Обычный шоссейный велосипед с рулём с загнутыми вниз концами, на велогонщике также обычный шоссейный шлем (фото № 16).



Фото № 16.

2. Обычный шоссейный велосипед вместе со специальным лежаком, крепящимся на руль, на велогонщике также обычный шоссейный шлем (фото № 17).



Фото № 17.

3. Обычный шоссейный велосипед вместе со специальным лежаком, крепящимся на руль, на велогонщике разделочный шлем (фото № 18).



Фото № 18.

4. Разделочный велосипед вместе с аэрорулём, на велогонщике обычный шоссейный шлем (фото № 19).



Фото № 19.

5. Разделочный велосипед вместе с аэрорулём, на велогонщике аэродинамичный разделочный шлем (фото № 20).



Фото № 20.

2.2. Особенности проведения тестовых заездов на улице

И сейчас в своей работе я решил сравнить данные из аэродинамической трубы с данными нашего тестирования, полученными после нескольких заездов на приблизительно 16 км и на 1 км. Изначально мы выбрали скорость, равную 40 км/ч, для определения прилагаемой велосипедистом мощности на отдельно взятом велосипеде. Эта скорость была выбрана нами не случайно. Во-первых, я уже говорил выше, что при скорости, превышающей 30 км/ч, появляется аэродинамическое сопротивление, мешающее движению вперёд. Во-вторых, постоянно поддерживать скорость, намного превышающую 40 км/ч, довольно - таки сложно во время столь длительного тестового заезда на 16 км. Из всего вышесказанного и получается, что минимальная скорость, равная 40 км/ч, идеально подходит под наши тестирования.

Нам повезло, что условия проведения тестовых заездов на улице были почти идеальными (был штиль), что позволило удерживать погрешность измерения около 2 % от общей мощности. Соответствующие погрешности в аэродинамической трубе составляют менее 1 %. Из этого можно сделать вывод о том, что тестирование на улице частично подтверждает тестирование в аэродинамической трубе, но не копирует его.

Во время тестирования мы обнаружили, что происходит экономия около 60-70 Вт на скорости 40 км/ч при сравнении езды на стандартном шоссейном велосипеде (1), что требовало мощности 280-290 Вт, и езды на полноценном разделочном велосипеде ((5), с мощностью 220 Вт). Улучшение аэродинамики позволило снизить мощность, требуемую для поддержания постоянной скорости на 22-24 %. Каким образом я получил такой результат?

$$280/100 = 2,8 \text{ Вт} - 1 \% \text{ мощности};$$

$$290/100 = 2,9 \text{ Вт} - 1 \% \text{ мощности};$$

$$280 - 220 = 60 \text{ Вт} - \text{та самая экономия мощности};$$

$$290 - 220 = 70 \text{ Вт} - \text{экономия};$$

$$60/2,8 = 22 \%$$

$$70/2,9 = 24 \%$$

После этого мы произвели заезды на 1 км и 16 км, поддерживая одинаковую мощность приблизительно 280-290 Вт на всех пяти велосипедах.

3. Результаты тестовых заездов на улице

3.1. Протоколы тестирования на 1 км

1. Стандартный шоссейный велосипед – 1:30 или 90 секунд;
2. Обычный шоссейный велосипед вместе со специальным лежаком, крепящимся на руль, на велогонщике также обычный шоссейный шлем – 1:28 или 88 секунд;
3. Тот же самый шоссейный велосипед вместе со специальным лежаком, крепящимся на руль, на велогонщике разделочный шлем – 1:26 или 86 секунд;
4. Разделочный велосипед вместе с аэрофульмом, на велогонщике обычный шоссейный шлем – 1:23 или 83 секунды;
5. Разделочный велосипед вместе с аэрофульмом, на велогонщике аэродинамичный разделочный шлем – 1:21 или 81 секунда.

Можно сделать вывод о том, что экономия составила 9 секунд на километр, а это 2 минуты 24 секунды на 16 км (приблизительно на такую дистанцию выходят профессиональные гонщики во время гонки с раздельным стартом), 7 с половиной минут на 50 км и ровно 30 минут на 200 км – это средняя дистанция этапа у велогонщиков на различных соревнованиях. Дальше я хотел бы произвести ещё одни вычисления:

- 1). Подтверждение того, что скорость стандартного шоссейного велосипеда равна 40 км/ч:

$90/3600 = 0,025$ часа – время заезда; $1/0,025 = 40$ км/ч – скорость велосипеда.

2). Нахождение скорости полностью разделочного велосипеда:

$81/3600 = 0,0225$ часа – время заезда; $1/0,0225 = 44,4$ км/ч – скорость велосипеда.

Другими словами, если вы можете ехать на стандартном шоссейном велосипеде 40 км за 1 час, но сделаете это же на разделочном велосипеде с разделочным шлемом, то ваша скорость будет выше 44 км/ч.

3.2. Протоколы тестирования на 16 км

1. Стандартный шоссейный велосипед – 24:00;
2. Обычный шоссейный велосипед вместе со специальным лежаком, крепящимся на руль, на велогонщике также обычный шоссейный шлем – 23:22;
3. Тот же самый шоссейный велосипед вместе со специальным лежаком, крепящимся на руль, на велогонщике разделочный шлем – 22:47;
4. Разделочный велосипед вместе с аэрорулём, на велогонщике обычный шоссейный шлем – 22:05;
5. Разделочный велосипед вместе с аэрорулём, на велогонщике аэродинамичный разделочный шлем – 21:36.

В контролируемых условиях аэродинамической трубы экономия была ещё значительнее: 32-34 %, в зависимости от углов наклона. И это только благодаря аэродинамике. Около 70 % всей мощности получено за счет аэро, таким образом 70% от 32-34 % — это 22-29 % общей мощности. Это почти полностью соответствует 22-24 %, полученными нами во время тестовых заездов. К тому же, чем сильнее боковой ветер, тем быстрее можно умчать на разделочном велосипеде из-за его парусности, конечно, если смочь удержать эту «супермашину» в вертикальном положении.

Итак, изначально у нас получилась экономия мощности, равная 60-70 Вт на скорости 40 км/ч. Как мы разобьем эту экономию в 60-70 Вт? Сколько даёт посадка, сколько велосипед, сколько шлем, а сколько колёса? Это как раз и является одной из задач моего проекта. Поскольку мы на самом деле не тестировали различные конфигурации колеса, то решили остановиться, по крайней мере, на 60 Вт экономии. Для каждого протокола мы использовали одни и те же колёса и покрышки, которые я ранее уже представлял на фото. Все заезды проводились в разделочном костюме

(они значительно уменьшают сопротивление воздуха во время движения) с короткими рукавами и с нарукавниками, а также в перчатках, но без бахил на туфлях.



Фото № 21. Велогонщик в разделочном костюме

3.3. Данные, полученные во время тестовых заездов на улице

Таблица № 1

Комплектация	Средний расчётный коэффициент аэродинамического сопротивления	Скорость (км/ч)	Мощность (Вт)
Шоссейный велосипед + шоссейный шлем + шоссейный руль	0,320	40,10	284,60
Шоссейный велосипед + шоссейный шлем + лежак на руле	0,276	40,27	253,60
Шоссейный велосипед + аэрошлем + лежак на руле	0,266	40,28	245
Разделочный велосипед + шоссейный шлем + аэрурь	0,275	40,17	246,90
Разделочный велосипед + аэрошлем + аэрурь	0,237	40,05	220

По данным таблицы наглядно виден ещё раз разрыв в приблизительно 65 Вт (снижение мощности на 22,7 %, как и до этого было в наших расчётах) между велосипедом в шоссейной комплектации и полностью разделочным велосипедом. Было похоже на то, что половину успеха составила посадка, но решить, каков был вклад велосипеда, а каков – шлема, довольно непросто.

$284,6 - 220 = 64,6$ Вт – экономия мощности для поддержания скорости;

$284,6/100 = 2,846$ Вт – 1 % мощности;
 $64,6/2,846 =$ на 22,7 % - снижение мощности.

Таблица № 2

Комплектация	Средний расчётный коэффициент аэродинамического сопротивления	Скорость (км/ч)	Мощность (Вт)
Шоссейный велосипед + шоссейный шлем + шоссейный руль	0,320	40,10	284,60
Шоссейный велосипед + шоссейный шлем + лежак на руле	0,276	41,02	284,60
Шоссейный велосипед + аэрошлем + лежак на руле	0,266	42	284,60
Разделочный велосипед + шоссейный шлем + аэруль	0,275	43,42	284,60
Разделочный велосипед + аэрошлем + аэруль	0,237	44,44	284,60

По данным этой таблицы ещё раз можно заметить тот факт, что если велосипедист едет на стандартном шоссейном велосипеде со скоростью 40 км/ч, то он сделает то же самое на разделочном велосипеде с разделочным шлемом, но уже со скоростью свыше 44 км/ч (будет ехать с такой же мощностью, то есть, прилагая абсолютно идентичные усилия на педали).

4. Результаты тестирования в аэродинамической трубе

Сейчас речь пойдёт об аэродинамической трубе. Там можно получить качественные, повторяемые данные, которые имеют смысл и хорошо сочетаются со значительным опытом тестировщика, который в этот момент управляет велосипедом. Тестирование будет проведено под углами наклона в 0 и 10 градусов.
Данные, полученные в аэродинамической трубе:

4.1. Данные, полученные во время тестовых заездов в аэродинамической трубе

Таблица № 3

Комплектация	Коэффициент аэродинамического сопротивления	Скорость (км/ч)	Мощность, требуемая для 40 км/ч (Вт)*
Шоссейный велосипед + шоссейный шлем + шоссейный руль	0,3019	40	278,30
Шоссейный велосипед + шоссейный шлем + лежак на руле	0,2662	40	248,90
Шоссейный велосипед + аэрошлем + лежак на руле	0,2547	40	239,50
Разделочный велосипед + шоссейный шлем + аэроруль	0,2427	40	229,60
Разделочный велосипед + аэрошлем + аэроруль	0,2323	40	221

*Мощность, требуемая для 40 км/ч, является исключительно аэро-мощностью, поэтому она значительно ниже мощности, замеренной на треке. С другой стороны, коэффициенты аэродинамического сопротивления на открытом воздухе и в аэродинамической трубе близко сопоставимы. Это лежит за пределами того, что нас интересует.

По данным таблицы наглядно виден разрыв в приблизительно 57 Вт между велосипедом в шоссейной комплектации и полностью разделочным велосипедом. Напомню, что по итогам наших заездов эта разница составила около 65 Вт, а снижение мощности было на 22,7 %. Теперь я подсчитаю, на сколько процентов снизилась мощность по результатам тестирования в аэродинамической трубе.

$278,3 - 221 = 57,3$ Вт - экономия мощности для поддержания скорости;

$278,3/100 = 2,783$ Вт - 1 % мощности;

$57,3/2,783 =$ на 20,6 % - снижение мощности.

Теперь можно сделать вывод о том, что разница в снижении мощности по сравнению с различными тестированиями составила всего около 2 %.

Таблица № 4

Комплектация	Коэффициент аэродинамического сопротивления	Скорость (км/ч) при 278 Вт	Мощность (Вт)
Шоссейный велосипед + шоссейный шлем + шоссейный руль	0,3019	40	278,30
Шоссейный велосипед + шоссейный шлем + лежак на руле	0,2662	41,65	278,30
Шоссейный велосипед + аэрошлем + лежак на руле	0,2547	42,25	278,30
Разделочный велосипед + шоссейный шлем + аэруль	0,2427	42,90	278,30
Разделочный велосипед + аэрошлем + аэруль	0,2323	43,50	278,30

По данным этой таблицы можно сделать вывод о том, что если велосипедист едет на стандартном шоссейном велосипеде со скоростью 40 км/ч, то он, прилагая абсолютно идентичные усилия на педали, будет ехать на разделочном велосипеде с разделочным шлемом только уже со скоростью свыше 43 км/ч.

5. Выводы по результатам тестовых заездов на улице и тестирования в аэродинамической трубе

Стоит упомянуть и про средний расчётный коэффициент аэродинамического сопротивления, который присутствует в приведённых таблицах, его значение было уже заранее рассчитано по результатам тестирования в аэродинамической трубе, и для итогов тестирования на улице я самостоятельно подобрал значения, соответствующие полученным результатам. Приятно, что у нас есть большой набор различных данных: теперь мы имеем два различных способа сравнения велосипедов и шлемов.

5.1. Сравнение двух видов шлемов

Разница между шоссейным шлемом и разделочным шлемом составила от 8,6 Вт до 26,9 Вт по результатам тестовых заездов, проведённых на улице. Результаты тестирования в аэродинамической трубе показали разницу 8,6 - 9,4 Вт. Такие итоги можно объяснить тем, что разделочный шлем, во-первых, является более лёгким по сравнению с обычным шлемом. Во-вторых, он имеет более аэродинамичную форму, удлинённую и вытянутую сзади, благодаря которой встречный поток воздуха во время езды обтекает поверхность всего шлема.

5.2. Сравнение различных вариаций велосипедов

Разница между шоссейным велосипедом с лежаком на руле и разделочным велосипедом составила от 6,7 Вт до 25 Вт по результатам тестовых заездов, проведённых на улице (подсчёт делался, конечно же, на основе результатов заездов в одинаковых шлемах). А результаты тестирования в аэродинамической трубе показали разницу 18,5 – 19,3 Вт. Такие итоги можно объяснить тем, что шоссейный велосипед даже со специальным лежаком на руле всё-таки уступает полностью разделочному велосипеду в скоростных и в аэродинамических составляющих. Разделочный велосипед как бы то ни было позволяет спортсмену сесть в более обтекаемую для встречного воздуха посадку, к тому же он обладает более лёгкими составляющими элементами.

Далее можно заметить, что разница между рамой шоссейного велосипеда с шоссейным рулём и такой же рамой с лежаком на руле составила огромные 31 Вт во время заездов на улице. Результат такого же тестирования в аэродинамической трубе оказался довольно схожим с нашим - 29,4 Вт. Эта разница стала возможной благодаря изменению посадки гонщика. Из-за того что лежак на руле даёт возможность спортсмену принять более-менее аэродинамическое положение на велосипеде, а обычный шоссейный руль в меньшей степени позволяет даже такую возможность, то разница между этими двумя вариациями велосипедов становится колоссальной.

Сравнивая стандартный шоссейный велосипед и разделочный велосипед (на велогонщиках рассматривается только шоссейный шлем), можно отметить следующие результаты: разница во время тестов, проведённых в нашей спортивной школе, составила очень серьёзные 37,7 Вт. В аэродинамической трубе цифры оказались просто космическими – 48,7 Вт. Причины такой большой разницы я уже писал выше в своей работе. Разделочный велосипед вместе с аэрорулём является попросту более

технологичным для данных тестовых заездов и способствующим велогонщику принимать более аэродинамическое положение во время движения.

Если сравнивать полностью противоположные вариации рассмотренных в моей работе велосипедов, а именно, это стандартный шоссейный велосипед с шоссейным шлемом и разделочный велосипед с аэрошлемом, то мы видим разницу, составляющую просто колоссальные 64,6 Вт по итогам тестовых заездов на улице. В аэродинамической трубе эта разница была чуть меньше – 57,3 Вт.

6. Аэродинамика в велоспорте

6.1. Оптимизированная посадка велогонщика

Как мы можем заметить из вышесказанных выводов, не только велосипед, но и посадка гонщика может значительно снизить потери в аэродинамике и увеличить эффективность спортсмена.

Как мы видим на фото, у гонщика очень высоко подняты плечи и голова. Руки широко расставлены. В результате линия спины изогнута, а фронтальная площадь — большая. А это решающие факторы, увеличивающие сопротивление воздуха.



Фото № 22. Неправильная посадка велогонщика

На следующей фотографии мы видим того же гонщика, но уже с оптимизированной посадкой.



Фото № 23. Аэродинамическая посадка велогонщика

Таким образом, гонщик сэкономил при оптимизации своей посадки около 25 Вт. В мире профессионального спорта, где разница всего лишь в 10 Вт определяет, выиграет ли спортсмен или будет в середине протокола, эта цифра действительно огромна. При просмотре снимка также заметно, что изменения не такие уж большие. Им поспособствовала лучшая растяжка спины, и в результате этого становится лучшее положение шлема и головы. Можно сделать вывод, что чем более плоская и вытянутая спина у гонщика, тем более аэродинамична его посадка. Также важно, чтобы шлем плотно прилегал к корпусу. Это два основных изменения, которые может сделать спортсмен даже без замеров. Прочие детали, как, например, насколько узко поставлены руки, горизонтальнее или вертикальнее надо расположить предплечья, всегда необходимо проверять индивидуально у конкретного гонщика. Пропорции гонщика имеют решающее значение для обтекания системы и возникающего отсюда сопротивления воздуха во время движения. Также важно, чтобы настройка посадки спортсмена была протестирована на велосипеде, настроенном для гонки, и именно с тем шлемом, который будет использовать спортсмен во время своего заезда.

6.2. Как же гонщику сесть в максимально аэродинамичную посадку?

В большинстве случаев аэродинамическое положение — не самое удобное и не простое. Во-первых, спортсмен должен мобилизовать соответствующие группы мышц. Часто при этом забывают о мышцах живота. Укороченные (нерастянутые) передние мышцы обычно приводят к изгибу в спине и мешают сесть в растянутой позиции. Очень важны, и не только для раздельных стартов, мышцы низа спины (ягодиц). Если они не растянуты, то спортсмен имеет тенденцию скользить вперед по седлу, а его ноги

в крайних случаях двигаются не параллельно верхней трубе рамы. Кроме того, широкий плечевой пояс часто является ограничивающим фактором. Для посадки с узко сведёнными плечами необходимо, чтобы плечевая область была подвижной, хорошо растянутой и стабилизированной. Не следует забывать о боковых мышцах туловища, которые вносят большой вклад в то, чтобы спортсмен ехал на велосипеде, не раскачиваясь.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что спортсмену крайне необходимо растягивать мышцы, стабилизировать и укреплять их силовыми упражнениями. Для растяжки мышц идеально подойдёт комплекс упражнений для велосипедиста, который необходимо выполнять как до, так и после тренировки. Потери энергии, возникающие тогда, когда гонщик елзтит по седлу или сильно раскачивается, очень огромны.

Новая посадка не может быть закреплена сразу. Если изменения очень значительны, то тренер спортсмена должен поэтапно работать над их усвоением, с тем, чтобы не перенапрягать его организм. Весь процесс часто занимает один или несколько месяцев или даже лет. Поэтому рекомендуется начинать готовить к ним гонщика уже на ранних этапах. Это не значит, что он должен немедленно принять некое экстремальное положение. Если же стоит такая задача, то нужно быть очень осторожным и начинать такую работу не ранее подросткового возраста. Конечно, это зависит от уровня развития индивидуального спортсмена и от того, насколько хорошо он обучен.

Улучшение посадки даёт большой прирост скорости, который не может быть достигнут спортсменом, тренирующимся или едущим во время соревнований в обычном положении корпуса (не в аэродинамической посадке). Примерно 90 % энергии, вложенной в работу на ровном участке, теряется в воздухе. Поэтому будет крайне успешным любое, даже самое небольшое улучшение в аэродинамике.

Подводя итог вышесказанному, хочу отметить, что аэродинамическая посадка напрямую связана с хорошо растянутой мускулатурой и стабильным корпусом гонщика. Иными словами, человеческий фактор играет в аэродинамике колоссальную роль, а не только конструкция велосипеда, шлема и некоторые внешние силы.

Заключение

В заключение своей работы я бы хотел рассказать о том, что я сделал в ходе выполнения своего проекта. Безусловно, главной целью моей проектной работы было исследование на тему того, какое влияние оказывают внешние силы, конструкция велосипеда и сам человек на скорость движения велогонщика и каким образом всё это происходит. В решении данного вопроса мне помогло участие в специальных тестовых заездах, проводимых в моей спортивной школе, и результаты, полученные на их основе. Также в своей работе я представил данные, полученные из аэродинамической трубы. В результате, я составил таблицы, в которых указаны результаты всех тестовых заездов, представленных в моей проектной работе, а также математические вычисления, подтверждающие эти результаты и выводы, составленные на основе всего материала. В ходе работы я указал о том, что велосипедный спорт играет важную роль в моей семье.

Я представил информацию о зарождении велоспорта, об анатомии велосипедиста, о том, из каких основных элементов состоит современный шоссейный велосипед, особенности его строения и, в частности, строения колёс. Ещё я указал разновидности шоссейных велосипедов в зависимости от различных признаков. В моей проектной работе присутствуют сведения о том, какая посадка велосипедиста считается правильной и наиболее аэродинамичной.

Мой проект дал мне много знаний о том, как появился велосипед, об аэродинамике велосипедиста во время езды, которая играет огромную роль в том, какой результат покажет спортсмен. Кроме того, я много нового узнал о том, как в реальной жизни происходят описанные мной тестовые заезды и как, непосредственно, делаются измерения тех или иных величин и с помощью каких приборов это происходит.

Работа над проектом вызвала у меня ещё больший интерес к велоспорту и к аэродинамике велосипедиста в целом, хотелось бы более подробно её изучить. Гипотеза, представленная мной перед началом работы, подтвердилась. Действительно, внешние силы, конструкция велосипеда и сам человек оказывают колоссальное влияние на скорость движения велогонщика, что подтверждают мои рассуждения в ходе работы. Я вновь убедился, что в этом виде спорта, как и во многих других важны, как покажется на первый взгляд, незначительные мелочи, из которых складывается итоговый результат спортсмена.

Хотелось бы отметить, что с результатами моей проектной работы ознакомились ребята из секции по велоспорту. Они наглядно увидели, сколько мощности, прилагаемой собственными усилиями во время езды на велосипеде, можно сэкономить благодаря улучшению аэродинамических составляющих велосипеда, шлема и собственной посадке.

Считаю, что тема моего проекта раскрыта, цель достигнута, задачи выполнены.

Я надеюсь, что сведения и выводы из моей проектной работы будут полезны другим любителям велоспорта. Они смогут, посмотрев и сравнив результаты различных тестовых заездов, увидеть, какой велосипед является одним из самых аэродинамичных и поэтому считается одним из самых быстрых. А так же от каких ещё конкретных факторов зависит то, насколько быстро велосипедист преодолеет свою дистанцию и сколько при этом он экономит прилагаемой своими усилиями мощности, что, безусловно, немаловажно для спортсмена.

Список использованных источников

1. Спорт: Энциклопедия ОЛМА / Е.Я. Гик. – М.: ОЛМА Медиа Групп, 2014;
2. <https://motocarrello.ru/znakomstvo/1310-ustrojstvo-velosipeda.html>;
3. <https://motocarrello.ru/znakomstvo/1322-shossejnyj-velosiped.html>;
4. <https://sibauto.su/shossejnye/velosiped-gonochnyj-shossejnyj.html>;
5. <https://sport-snaryazhenie.ru/velosipedy/zapchasti/148-ustroystvo>;
6. <https://velofans.ru/novichkam/kak-ustroen-velosiped>;
7. <https://velife.ru/vidy-vybor/shossejnyj-velosiped-otlichitelnye-osobennosti-i-prednaznachenie.html>;
8. <https://velomoda.by/blog/remont-velosipeda/ustrojstvo-velosipeda/>;
9. <https://www.velosiped-info.ru/ustrojstvo-velosipeda/ustroistvo-velosipeda/>.

Приложение

В своей работе я использовал **эмпирические и теоретические методы.**

К эмпирическим методам относятся:

1. Измерение и сравнение результатов тестовых заездов, проведённых в моей спортивной школе и в специальной аэродинамической трубе.
2. Эксперимент, в котором я принимал участие во время проведения тех самых тестовых заездов на улице.

К теоретическим методам относятся:

1. Анализ и синтез информации по влиянию вышесказанных признаков на скорость движения велосипедиста.
2. Индуктивный метод ведения работы, заключающийся в обобщении полученных результатов от единичного ко всем остальным вместе взятым.
3. Обобщение собранного материала.