

Я.Ю. Низовцева¹, Т. В. Черниговская¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ЗАКОНЫ ФИЗИКИ В КОНЬКОБЕЖНОМ СПОРТЕ

Аннотация. В данной работе изложен принцип о физических величинах, встречающихся в конькобежном спорте, такие как сила трения, сопротивление воздуха, центростремительное ускорение, давление.

Теоретическая часть содержит сведения об истории развития конькобежного спорта, экипировке, правил конькобежного спорта, о законах физики, применяющихся в конькобежном спорте.

Ключевые слова: конькобежный спорт, сила трения, сопротивление воздуха, центростремительное ускорение и давление.

Y. Y. Nizovtseva¹, T. V. Chernigovskayav¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation

THE LAWS OF PHYSICS IN SPEED SKATING

Abstract. This paper describes the principle of the physical quantities found in speed skating, such as the force of friction, air resistance, centripetal acceleration, pressure.

The theoretical part contains information about the history of speed skating, equipment, rules of speed skating, and the laws of physics applied in speed skating.

Keywords: speed skating, friction force, air resistance, centripetal acceleration, and pressure.

Введение

Конькобежный спорт или скоростной бег на коньках — вид спорта, в котором необходимо как можно быстрее на коньках преодолеть определённую дистанцию на льду по замкнутому кругу. На основе анализа и обобщения, систематизации знаний из разных источников выяснить, как знание законов физики может помочь конькобежцу выиграть соревнования.

На основе анализа и обобщения, систематизации знаний из разных источников выяснить, как знание законов физики может помочь конькобежцу выиграть соревнования.

История конькобежного спорта

Конькобежный спорт — один из старейших видов спорта. Самые древние коньки, обнаруженные археологами, принадлежали киммерийцам — кочевому племени, жившему 3200 лет назад в Северном Причерноморье.

В 1889 году в Амстердаме, Нидерланды, состоялся первый чемпионат мира среди конькобежцев. Рекорды в беге на коньках начали регистрироваться с 1890 года.

Развитие конькобежного спорта произошло с введением в строй катков с искусственной дорожкой. Первым чемпионатом на льду искусственной заморозки стал чемпионат Европы 1959 года в Гётеборге. А в 1960 году в Скво-Вэлли прошли первые Олимпийские игры на искусственном льду.

В 1985—86 появились первые полностью крытые конькобежные катки — один в Берлине, второй в Херенвене. Чемпионат мира в классическом многоборье 1987 года стал первым, который прошёл под крышей. А в 1988 году соревнования на Олимпийских играх в Калгари также прошли на крытом катке.

Со временем изменилась экипировка спортсменов — стали применяться новые костюмы, в 1997 году появился новый тип коньков — клап-скейты. Это позволило увеличить скорости бега.

Беговая дорожка

Беговая дорожка для конькобежного спорта в классическом варианте представляет собой овал длиной либо 400, либо 333.3 метра. Все крупные соревнования проходят исключительно на дорожках длиной 400 метров. Радиус внутреннего поворота составляет от 25 до 26 метров. Длина каждой прямой и длина каждого поворота около 100 метров.

Конькобежный каток делится на две дорожки — внутреннюю и внешнюю. Одна из прямых является переходной. Каждый спортсмен на каждом круге дистанции обязан поменять дорожку на переходной прямой. Исключение составляют командные забеги и масс-старт, где все спортсмены бегут по внутренней дорожке, рисунок 1.1.

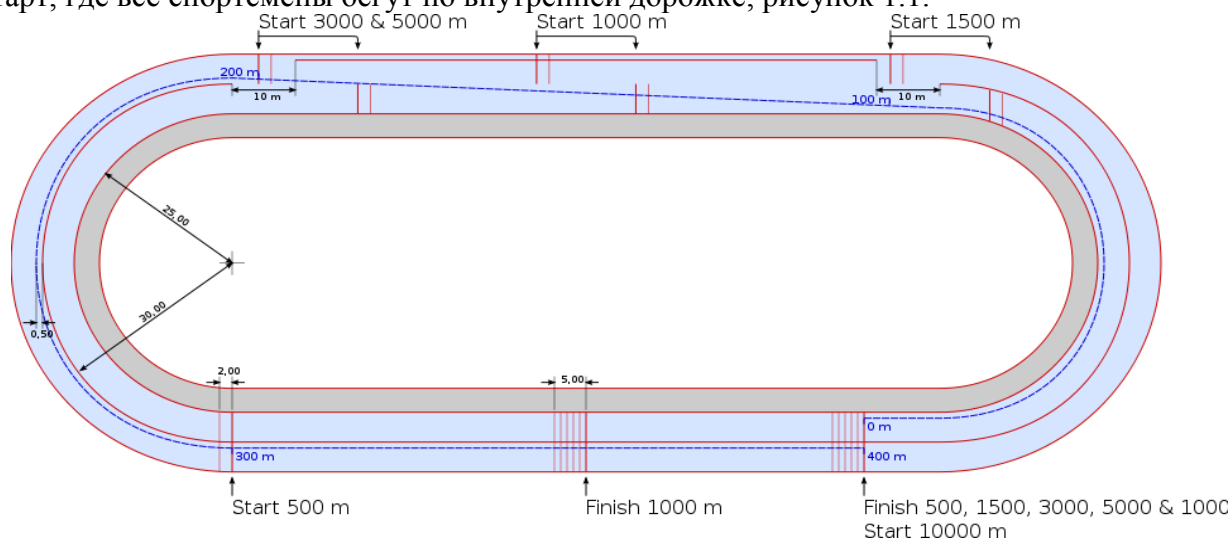


Рисунок 1.1. Внутренняя дорожка

Экипировка

Конькобежцы в классическом беге соревнуются в специальных комбинезонах и бегут на коньках—кляпах.

Костюм для конькобежного спорта подгоняют по фигуре, чтобы он плотно облегал спортсмена, но не стеснял движений. Вставки, которые мешают облеганию, запрещены. Главная задача комбинезона, снижение аэродинамического сопротивления, во время бега.

Конькобежный костюм- мощный каркас, он поддерживает тело спортсмена в специфическом положении и тем самым частично разгружает мышцы. На дистанции 5000 метров всё это позволяет выиграть спортсмену более 1 с.

Серая вставка на внутренней стороне бедра не просто украшение, это антифрикционная материя. Во время бега ноги спортсмена трутся друг об друга, это снижает скорость, которую развивает спортсмен, антифрикционная вставка сводит этот эффект до минимума.

У коньков—кляпов, появившихся в 90-х годах XX века, имеется лезвие с шарниром в передней части и подпружиненной задней частью. Это позволяет лезвию двигаться относительно ботинка, создавая дополнительную длину отталкивания и увеличивая тем самым скорость. Своё название «кляп» коньки получили за характерный звук (англ. clap - хлопок), который издаёт лезвие, когда после толчка спортсмена пружина возвращает его обратно к ботинку.

Величина овала лезвия конька (радиус кривизны) составляет от 21 до 28 метров. Лезвия изготавливаются из высококачественной углеродистой стали. Оно тоньше, чем у фигурных и хоккейных коньков — 1,0-1,2 мм. Для заточки коньков используется станок, в котором оба конька закрепляются на одном уровне лезвиями вверх параллельно друг другу. Поверхность лезвия шлифуется вначале одним жестким брусом, для того чтобы сформировать ровную кромку с углом 90°, после чего шлифуется более тонким брусом до зеркального состояния. Не допускается никаких заусенцев, неровных краёв, а также канавки в лезвии, так как это приводит к увеличению сопротивления при движении лезвия конька по льду, рисунок 1.2.



Рисунок 1. 2. Конькобежный конек

Овал лезвия

Овал лезвия — это скругление от переднего края к заднему.

В конькобежном спорте это скругление минимально. Овал лезвия жизненно необходим спортсмену-конькобежцу, чтобы переносить центр тяжести с задней точки лезвия на переднюю.

Сопротивление воздуха

Движение конькобежца осуществляется в газообразной среде, поэтому спортсмен при беге на коньках будет испытывать определенную силу сопротивления этой среды. Эта сила зависит от свойств среды (плотности и вязкости воздуха), размеров и формы тела спортсмена, а также от скорости движения конькобежца и выражается следующей формулой:

$$R_x = S * C_x * \rho * v^2$$

где, R_x — сила сопротивления воздушной среды при беге на коньках;

S — площадь поперечного сечения тела;

C_x — аэродинамический коэффициент;

ρ — плотность воздуха;

v^2 — квадрат скорости движения конькобежца относительно воздушной среды.

Сила сопротивления воздушной среды всегда направлена против движения и является тормозящей силой. Чем выше ледовая дорожка находится над уровнем неба, тем плотность воздуха меньше и снижается сопротивление воздуха, что способствует увеличению скорости конькобежца.

Сила трения

Сила трения — это сила взаимодействия между соприкасающимися телами, препятствующая перемещению одного тела относительно другого. Сила трения всегда направлена вдоль поверхностей, соприкасающихся тел.

$$F_{тр} = \mu * N$$

где, $F_{тр}$ — сила трения;
 μ — коэффициент трения;
 C_x — аэродинамический коэффициент;
 N — сила реакции опоры;

Когда говорят о трении, различают несколько отличных физических явлений:

1. Сопротивление при движении тела в жидкости или газе – его называют жидким трением;
2. Сопротивление, возникающее, когда тело скользит по какой-нибудь поверхности,
3. Трение скольжения, или сухое трение; сопротивление, возникающее при качении тела,
4. Трение качения.

Правильное использование соответствующих физических законов может помочь спортсмену в достижении успеха. Сила трения снижает спортивные результаты в конькобежном спорте.

Спортсменам конькобежного спорта необходимо знать законы физики, связанные с характером взаимодействия конька со льдом. Между лезвием конька и льдом, при скольжении, образуется пленка воды. Она очень тонкая, однако, без нее этого скольжения не было бы. Под давлением лед плавится, образуя смазку, что еще уменьшает трение скольжения. За счет движения конькобежца по льду возникает сила трения. Так же при скольжении по гладкой поверхности участвует сила трения покоя, позволяющая отталкиваться от гладкой поверхности, когда он ставит конек на ребро, или резко останавливается.

Сила трения скольжения — сила, возникающая между соприкасающимися телами при их относительном движении. Современная теория скольжения: при движении конькобежца по льду возникают силы трения, причем, механическая энергия сил трения переходит во внутреннюю энергию льда.

Именно за счет повышения внутренней энергии лед в точках соприкосновения с коньком расплавляется, образуется пленка воды, которая выполняет роль смазки и облегчает скольжение.

Центростремительное ускорение

Центростремительное ускорение — ускорение, характеризующее быстроту изменения направления линейной скорости при движении точки по окружности.

$$a_{цс} = \frac{v^2}{R}$$

где, $a_{цс}$ — центростремительное ускорение;
 v^2 — линейная скорость движения по траектории;
 R — радиус кривизны в траектории.

Скольжение при беге по повороту происходит на рёбрах коньков – левом наружном и правом внутреннем-при наклоне всего тела конькобежца налево. Это даёт возможность удерживаться у бровки закругления поворота, противодействия центробежной силе, которая при движении по окружности стремится вынести конькобежца наружу от бровки.

При беге по повороту в длинных дистанциях туловище конькобежца значительно наклонено вперёд, почти до горизонтального положения. Соответственно скорости движения и крутизне поворота оно имеет также наклон налево. Чем более скорость и меньше радиус поворота, тем больше центробежная сила. Поэтому при большой скорости или малом радиусе окружности поворота конькобежец, кроме наклона вперёд, должен наклониться налево больше, чем при малой скорости или на отлогом повороте.

Давление

Результат действия силы зависит не только от её модуля, направления и точки приложения, но и от площади той поверхности, перпендикулярно которой она действует.

Давление-величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности.

Чтобы определить давление, надо силу, действующую перпендикулярно поверхности, разделить на площадь поверхности.

$$P = \frac{F}{S}$$

где, P -давление;

F - Сила действующая перпендикулярно поверхности;

S - Площадь поверхности.

При беге по повороту в длинных дистанциях туловище конькобежца значительно наклонено вперёд, почти до горизонтального положения. Соответственно скорости движения и крутизне поворота оно имеет также наклон налево. Чем более скорость и меньше радиус поворота, тем больше центробежная сила. Поэтому при большой скорости или малом радиусе окружности поворота конькобежец, кроме наклона вперёд, должен наклониться налево больше, чем при малой скорости или на отлогом повороте.

Давление

Результат действия силы зависит не только от её модуля, направления и точки приложения, но и от площади той поверхности, перпендикулярно которой она действует.

Давление-величина, равная отношению силы, действующей перпендикулярно поверхности, к площади этой поверхности.

Чтобы определить давление, надо силу, действующую перпендикулярно поверхности, разделить на площадь поверхности.

$$P = \frac{F}{S}$$

где, P -давление;

F - Сила действующая перпендикулярно поверхности;

S - Площадь поверхности.

Практическая часть

Таблица 1.1 Определение зависимости силы трения и сопротивления воздуха от крытого или открытого катка.

Вид катка	Крытый каток	Открытый (на уровне моря)	Открытый (высокогорный)
Расчёты	$\mu=0,02$ $m=80 \text{ кг}$ $g=9,8 \text{ м/с}^2$ $t=10^\circ\text{C}$ Влажность=47,6 % $F_{\text{тр.}}=m \cdot g \cdot \mu=15,68 \text{ Н}$	$\mu=0,05$ $m=80 \text{ кг}$ $g=9,8 \text{ м/с}^2$ $t=-20^\circ\text{C}$ Влажность=68 % $v \text{ ветра}=2-3 \text{ м/с}$ $F_{\text{тр.}}=m \cdot g \cdot \mu=39,2 \text{ Н}$	$\mu=0,035$ $m=80 \text{ кг}$ $g=9,8 \text{ м/с}^2$ $t=-8^\circ\text{C}$ Влажность=79,5 % $v \text{ ветра}=2-3 \text{ м/с}$ $F_{\text{тр.}}=m \cdot g \cdot \mu=27,44 \text{ Н}$

Таблица 1.2 Определение Силы Центробежного ускорения на поворотах разного радиуса.

	Больший радиус	Меньший радиус
Ац.с.	$F_{ц.с.} = m * a_{ц.с.}$ $m = 80 \text{ кг}$ $v = 13,1 \text{ м/с}$ (средняя скорость конькобежца) $R = 25 \text{ м}$ $a_{ц.с.} = v^2 / R = (13,1)^2 / 25 = 6,8 \text{ м/с}^2$ $F_{ц.с.} = 6,8 \text{ м/с}^2 * 80 \text{ кг} = 544 \text{ Н}$	$F_{ц.с.} = m * a_{ц.с.}$ $m = 80 \text{ кг}$ $v = 13,1 \text{ м/с}$ (средняя скорость конькобежца) $R = 23 \text{ м}$ $a_{ц.с.} = v^2 / R = (13,1)^2 / 23 = 7,4 \text{ м/с}^2$ $F_{ц.с.} = 7,4 \text{ м/с}^2 * 80 \text{ кг} = 592 \text{ Н}$

Таблица 1.3 Определение сопротивления воздуха в крытом и открытом стадионе.

Вид катка	Крытый каток	Открытый (на уровне моря)	Открытый (высокогорный)
Расчеты	$R_{\chi} = S * C_{\chi} * \rho * v^2$ $C_{\chi} = 0,55$ $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ $v^2 = 201,4 \text{ м/с}^2$ $S = 0,084 \text{ м}^2$ $R_{\chi} = 11,631 \text{ Н}$	$R_{\chi} = S * C_{\chi} * \rho * v^2$ $C_{\chi} = 0,55$ $\rho = 1,37 \text{ кг/м}^3$ $v^2 = 201,4 \text{ м/с}^2$ $S = 0,084 \text{ м}^2$ $R_{\chi} = 12,747 \text{ Н}$	$R_{\chi} = S * C_{\chi} * \rho * v^2$ $C_{\chi} = 0,55$ $\rho = 1,32 \text{ кг/м}^3$ $v^2 = 201,4 \text{ м/с}^2$ $S = 0,084 \text{ м}^2$ $R_{\chi} = 12,282 \text{ Н}$

Определение давления лезвия на лёд с овалом и без овала

L_1 - Длина лезвия конька без овала

L_2 - Длина лезвия конька с овалом

D - Ширина лезвия конька

S_1 - Площадь лезвия без овала

S_2 - Площадь лезвия с овалом

Дано:

$$L_1 = 44,5 * 10^{-2} \text{ (м)}$$

$$L_2 = 22,25 * 10^{-2} \text{ (м)}$$

$$D = 1 * 10^{-3} \text{ (м)}$$

$$g = 10 \text{ (м/с}^2\text{)}$$

$$m = 80 \text{ (кг)}$$

Найти:

$$P_1 (>, <, =) P_2$$

Решение:

$$S_1 = 44,5 * 10^{-2} \text{ (м)} * 1 * 10^{-3} \text{ (м)} = 44,5 * 10^{-5} \text{ (м}^2\text{)}$$

$$S_2 = 22,25 * 10^{-2} \text{ (м)} * 1 * 10^{-3} \text{ (м)} = 22,25 * 10^{-5} \text{ (м}^2\text{)}$$

$$P_1 = F / S_1 = m * g / S_1 = 80 \text{ (кг)} * 10 \text{ (м/с}^2\text{)} / 44,5 * 10^{-5} \text{ (м}^2\text{)} = 17,98 * 10^{-5} \text{ (Па)}$$

$$P_2 = F / S_2 = m * g / S_2 = 80 \text{ (кг)} * 10 \text{ (м/с}^2\text{)} / 22,25 * 10^{-5} \text{ (м}^2\text{)} = 35,95 * 10^{-5} \text{ (Па)}$$

1. Рассчитав силу трения на крытом, открытом высокогорном и открытом равнинном можно сделать вывод, что $F_{тр}$ на крытом катке самая маленькая и равна 15,68 Н. На открытом катке $F_{тр}=39,2$ Н. На высокогорном открытом катке $F_{тр}=27,44$ Н. Следовательно, на крытом и открытом высокогорном катке спортсмен-конькобежец сможет показать результат намного лучше, чем на открытом равнинном катке

2. Найдя $F_{ц.с.}$ можно сделать вывод, что чем меньше радиус поворота, тем больше $F_{ц.с.}$. Следовательно, конькобежец проходивший малый радиус, быстрее пройдёт поворот.

3. Рассчитав силу сопротивления воздушной среды, можно сделать вывод, что на крытом катке сила сопротивления воздуха меньше чем на открытом катке. На открытом высокогорном катке сила сопротивления меньше чем на равнинном. Следовательно, на крытом катке конькобежец может развить самую большую скорость

4. Рассчитав давление лезвия с овалом на лёд и лезвия без овала можно сделать вывод, что давление лезвия без овала на лёд меньше, чем давление лезвия с овалом.

Заключение

Из проведенных расчетов можно сделать вывод, что для того чтобы выиграть соревнования спортсмену-конькобежцу требуется знание законов физики.

Данная работа рассматривает лишь один из вариантов влияния законов физики на спортивные достижения. Исследования в этом направлении могут быть продолжены. Это могло бы быть изучение не только связи физики с конькобежным спортом, но и другими видами спорта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. . Решетников, Н.В. Физическая культура /Николай Васильевич Решетников, Юрий Леонидович Кислицын. – Москва: Изд-во "Мастерство", 2002. - 152с.

2. Голощапов, Б.Р. История физической культуры и спорта /Борис Романович Голощапов. – Москва: Academia, 2001. - 312с.

3. Физическая культура студентов - основа их последующей успешной профессиональной деятельности. II Международный научно-практический семинар (6 февраля 2008 г., г.Минск) /под науч. ред. Г.А. Хацкевича. – Минск: Изд-во МИУ, 2008. - 240с.

REFERENCES

1. Reshetnikov, N. V. Physical culture / Nikolay Vasilyevich Reshetnikov, Yuri Leonidovich Kis-litsyn. - Moscow: Publishing House "Mastery", 2002. - 152s.

2. Goloshchapov, B. R. History of physical culture and sports / Boris Romanovich Goloshchapov. - Moscow: Academia, 2001. - 312s.

3. Physical culture of students is the basis of their subsequent successful professional activity. II International scientific and practical seminar (February 6, 2008, Minsk) / under the scientific editorship of G. A. Khatskevich. - Minsk: MIU Publishing House, 2008. – 240s.

Информация об авторах

Низовцева Ярослава Юрьевна – студентка факультета «Транспортные системы», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: pikachu-pikachu00@mail.ru

Черниговская Татьяна Викторовна – старший преподаватель кафедры «Физическая культура», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск e-mail: Lida12233@yandex.ru

Authors

Nizovtseva Yaroslava Yuryevna- Student of the Faculty "Transport Systems", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: pikachu_ pikachu00@mail.ru

Chernigovskaya Tatyana Viktorovna - senior lecturer of the Department "Physical Culture", Irkutsk State Transport University, Irkutsk e-mail: Lida12233@yandex.ru

Для цитирования

Низовцева Я. Ю., Черниговская Т.В. Законы физики в конькобежном спорте. [Электронный ресурс] / Т.В. Черниговская // Молодая наука Сибири: электронн. научн. журн. – 2021. – №2 – Режим доступа: <https://mnv.ircgups.ru/toma/121-2021> свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус., англ.

For citation

Nizovtseva Ya. Yu., Chernigovskaya T. V. The laws of physics in speed skating [Electronic resource] // Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal [Young Science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 2. - <https://mnv.ircgups.ru/toma/121-2021>