



Физики

● НА ВОПРОСЫ ЧИТАТЕЛЕЙ

О Т Ч Е Г О Л Е Д С К О Л Ъ З К И Й

Кандидат технических наук В. БАЛАКИН (г. Гомель).

Хорошо знакомое каждому выражение «скользкий лед», если перевести его на строгий язык физики, означает, что в месте контакта какого-либо тела со льдом весьма мала сила трения. Количественно эта весьма малая сила оценивается коэффициентом трения в пределах от 0,004 до 0,04, что примерно соответствует условиям трения двух твердых тел, разделенных тонким слоем смазки. И это никак не совпадение, а вполне закономерно: «скользкость льда» возникает благодаря тому, что в месте контакта появляется пленка воды, которая выполняет роль смазки. Причем воды этой должно быть больше некоторого порогового количества: вода начинает играть роль смазки лишь после того, как толщина ее слоя становится больше, чем 0,1 микрометра (0,0001 миллиметра).

Появление водяной пленки между скользящим телом и льдом объясняется довольно просто: это — следствие местного нагрева льда, причем тепло создается работой сил трения. Можно написать довольно простое соотношение, которое покажет, чему равно количество выделяемого в данном случае тепла, — оно будет прямо пропорционально коэффициенту трения, нагрузке и скорости скольжения и обратно пропорционально площади входящих в соприкосновение тел. Конкретные цифры в этом случае могут быть такие: у лучших спринтеров тепловыделение на границе конек—лед достигает 50 Вт/см²; во время ходьбы человека по льду при проскальзывании обуви на мягкой резиновой подошве тепловыделение составляет примерно 0,2 Вт/см², а обуви на кожаной или жесткой рези-

новой подошве — 1—2 Вт/см². Сравнивая две последние цифры, легко объяснить, почему в обуви на жесткой подошве небезопасно ходить по льду: из-за сравнительно активного тепловыделения больше появляется воды-смазки, и лед становится более скользким.

Появление воды-смазки зависит, однако, не только от общего количества выделившегося тепла, но в значительной мере еще и от его распределения.

Выделяющееся при скольжении тепло образует в основном два тепловых потока: один из них направлен вверх, в скользящее тело, например, в полоз конька, а второй поток направлен вниз, в лед. Под действием этого второго теплового потока происходит нагревание льда, а затем и плавление его тонких поверхностных слоев. И ясно, что, чем большая часть общего тепла пойдет вниз, в лед, тем интенсивнее будет идти этот процесс. А отсюда важный практический вывод: процесс скольжения можно в определенной мере управлять, подбирая, например, материал, из которого сделано скользящее тело, под-

бирая такие его характеристики, как теплоемкость и плотность. Если же материал скользящего тела задан, то можно влиять на перераспределение тепла, меняя определенным образом конфигурацию тела, формируя условия теплоотвода. И, конечно же, можно влиять на интенсивность процесса оплавления льда и образования воды-смазки, меняя площадь соприкосновения скользящего тела со льдом, то есть меняя удельную нагрузку на лед.

Скорость оплавления льда, а значит, в итоге и количество образовавшейся воды-смазки зависит от ряда характеристик самого льда, прежде всего от его плотности и начальной температуры: чем выше эта начальная температура и чем меньше плотность льда, тем интенсивнее идет процесс его оплавления. Отсюда, кстати, становится понятным, почему лед, припорошенный снегом, оказывается более скользким: плотность снега значительно меньше, чем плотность льда, снег довольно быстро плавится и создает водяную пленку.

Вооружившись этими начальными сведениями о процессе скольжения, попробуем объяснить некоторые особенности разных видов «приборов скольжения» — коньков. В частности, попробуем выяснить, почему у беговых коньков длинный и узкий полоз, а у коньков для игры в хоккей с шайбой полоз изогнутый и сравнительно широкий. Чтобы ответить на эти вопросы, нам придется рассмотреть три возможных случая, так сказать, взаимодействия конька со льдом.

Случай первый. Конек скользит по льду, температура которого близка к температуре плавления. При этом нужно сравнительно немного тепла для оплавления

льда, он начинает плавиться практически сразу же после соприкосновения с коньком. Процесс плавления идет от самой передней кромки полоза, от точки А (левый рисунок), а значит, по всей его длине образуется водяная пленка.

Случай второй. Температура льда значительно ниже нуля градусов, значительно ниже точки плавления. При этом передняя часть полоза не успевает достаточно прогреть лед, она (передняя часть полоза) движется по льду либо совсем без смазки, либо лишь по отдельным очагам оплавления. Сплошное оплавление льда начинается от некоторой точки В на заметном расстоянии от передней кромки полоза (правый рисунок). В этом случае толщина слоя расплавленного льда в средней части конька и у задней его кромки может существенно различаться.

Третий случай. Лед очень холодный, и выделившегося тепла не хватает на то, чтобы произвести сплошное оплавление льда по всей длине полоза. Для типичного бегового конька такая ситуация возникает при довольно низкой температуре — при минус 40 градусах.

Может показаться, что для конькобежца наиболее благоприятен первый случай. Так оно, видимо, и было бы, если бы не одно обстоятельство, о котором мы пока не говорили: при слишком интенсивном плавлении льда полоз конька может весьма глубоко погрузиться в него, и сопротивление скольжению из-за этого возрастет.

Чаще всего конькобежцы выходят на лед, так сказать, достаточно холодный, но в то же время не доведенный до пороговой температуры третьего случая — до минус 40 градусов. При этом соотношение между

передней, плохо скользящей частью полоза АВ и задней его частью ВВ, хорошо скользящей благодаря наличию водяной смазки зависит как от начальной температуры льда, так и от общей длины конька: чем он длиннее, тем большая часть полоза движется по водяной пленке. Это, видимо, одна из главных причин, заставляющих делать беговой конек достаточно длинным. А вот слегка изогнутый хоккейный конек обеспечивает переменное давление на лед по длине полоза — в центре конька давление оказывается наиболее высоким. При этом оплавление льда в центральной части конька начинается уже на сравнительно малых скоростях движения, что очень выгодно для стартовых режимов, в начале быстрых рывков. В то же время такая конфигурация полоза требует значительных мускульных усилий, и это, вероятно, одна из существенных причин частой смены игроков.

Задумываясь о механизмах скольжения конька по льду и сделав некоторые предварительные расчеты, можно попытаться предложить конкретные способы оптимизации условий скольжения. Так, скажем, можно подумать об индивидуальных коньках для каждого спортсмена или даже об индивидуальных коньках для данной конкретной погоды, для определенной температуры льда. Можно попытаться улучшить условия «самосмазывания» коньков, рассчитав или подобрав оптимальную ширину и конфигурацию полоза, а также работая с материалом самого конька или даже пытаясь создать теплоизоляцию, которая улучшала бы распределение выделяющегося тепла, направляя его главным образом в область контакта конька со льдом.

