

ЧТОБЫ ПОВЕРНУТЬ, НАКЛОНИ ГОЛОВУ

Доктор технических наук В. БАЛАКИН (г. Гомель)

Наблюдая по телевизору за соревнованиями по санному спорту, каждый, вероятно, вспоминает свой детский восторг от быстрого скольжения санок по длинному склону горы. Однако спортсмен-саночник испытывает совсем другие эмоции. Спуск по ледяному желобу со скоростью свыше 100 км/ч требует от него большого мужества и мастерства. Сложную трассу нужно пройти, не касаясь бортов (иначе потеряешь время, а то и получишь травму), по оптимальной траектории на виражах и в кольце. Нередко спортсмен, выигрывая по времени старт и середину дистанции, мастерски управляя санями, все-таки проигрывает заезд на нижних участках трассы. Почему это происходит, ответить часто не может ни он сам, ни его опытный тренер. И мало кто из зрителей знает, как управляют санями, не имеющими поворотных полозьев. Попробуем разобраться во всем этом.

Катание на санках с гор – веселая зимняя забава, любимая с детства. Но на крутых склонах нужно и сани брать попрочнее, и голову защищать шлемом.

Санные и бобслейные трассы – сооружения сложные и весьма протяженные (см. "Наука и жизнь" № 3, 1983 г.). Построены они обычно на склонах гор или холмов и нередко залиты льдом с искусственным охлаждением. Перепад высот между точками старта и финиша санной трассы достигает 126 метров, а ее длина вместе с тормозным участком, имеющим уклон "вверх", доходит до 1400 метров. На каждой трассе есть свыше десятка виражей, уклоны разной крутизны, кольцевые участки, "горки" и другие особенности.

Единственная отечественная трасса была построена в латвийском городе Сигулда на склоне реки Гауя, и ее отметка старта для мужчин поднята над высоким берегом еще на высоту пятиэтажного дома. Она удовлетворяет всем международным стандартам и позволяла СССР в свое время претендовать на проведение зимних Олимпийских игр. Сегодня в России подобной трассы нет, а попытки построить такую же вблизи Сочи (район местечка Красная Поляна) были отложены в связи с политической нестабильностью в Абхазии.

На латвийской трассе имеется 15 виражей, кольцо перед финишем, четыре стартовых участка (бобслейный, мужской, женский и юношеский), длинный прямолинейный спуск с уклоном 8,5о между четырнадцатым и пятнадцатым виражами и "горка" с выпуклостью вверх на выходе из пятнадцатого виража и входе в кольцо.

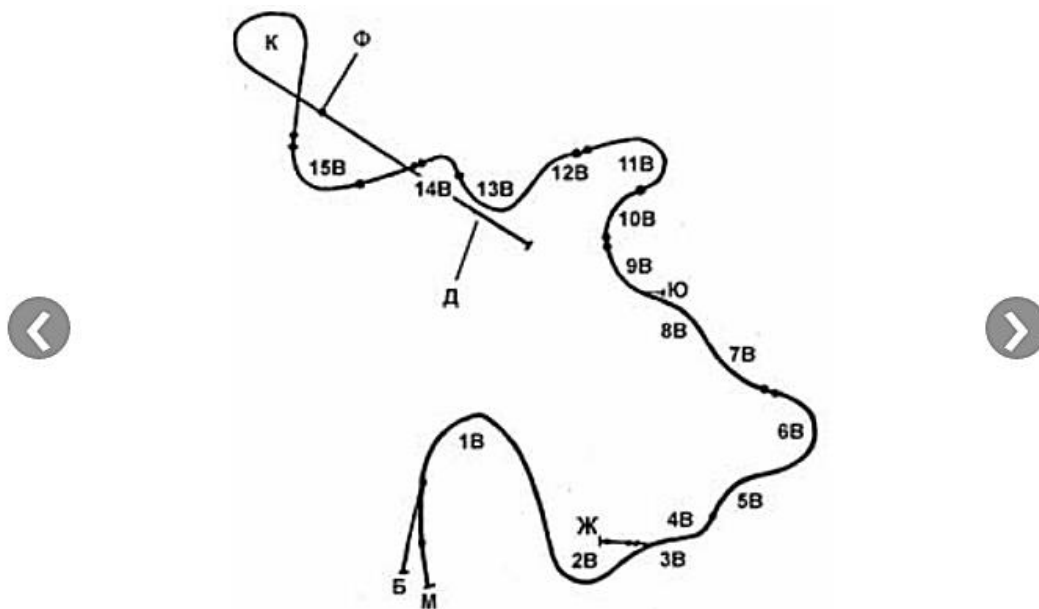


Схема трассы в Сигулде. Б - бобслейный старт; М - мужской старт; Ж - женский старт; Ю - юниорский старт; Ф - финиш; К - кольцо; Д - прямолинейный участок; 1в - 15в - номера виражей. Перед пятнадцатым виражом сани развивают максимальную скорость.

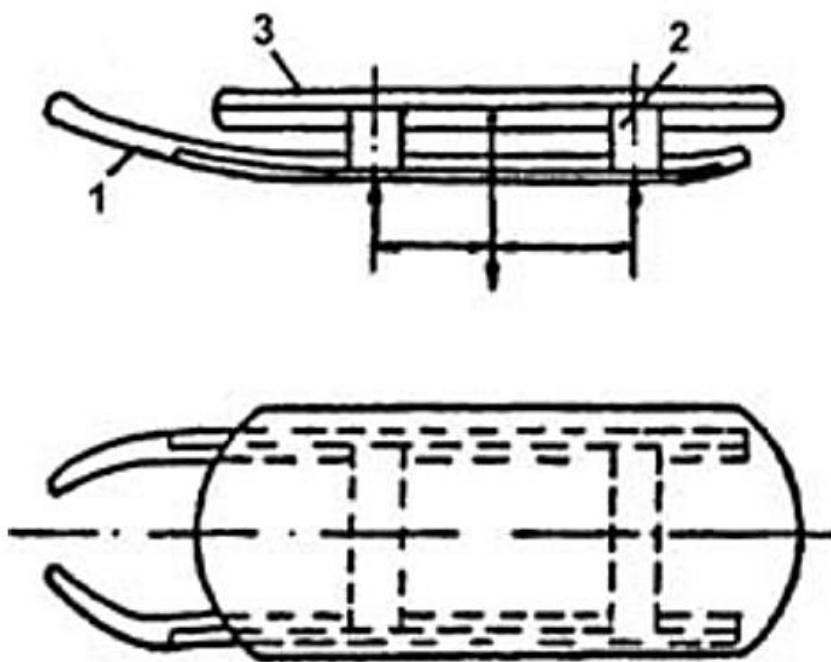
В санном спорте результат заезда зависит от начальной скорости, полученной спортсменом на старте, мастерства управления санями и качества саней. Посмотрим, что происходит при движении по трассе.

Спортсмен садится на пластиковое ложе саней и берется за стартовые ручки в начале трассы. Качнувшись несколько раз вместе с санями вперед-назад и оттолкнувшись от ручек, он выезжает на наклонный прямолинейный участок трассы. В этот момент фотоэлектрический датчик включает секундомер. Опытный спортсмен успевает еще три-четыре раза оттолкнуться руками в шипованных перчатках ото льда и увеличить скорость. После этого он ложится на сани.

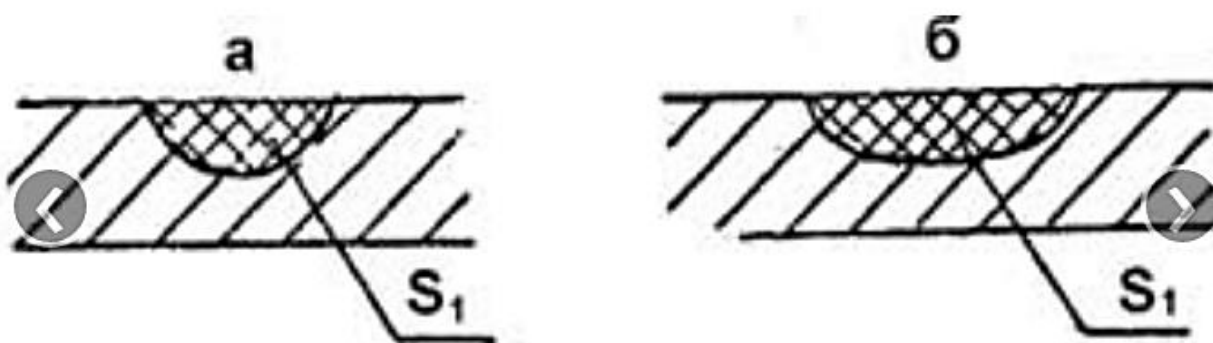
Скольжение саней происходит под действием скатывающей силы - проекции веса саней со спортсменом на направление движения. А тормозит их сила трения полозьев по льду, которая зависит от величины коэффициента трения. Величина эта непостоянна: она уменьшается до какого-то предела во время движения, когда лед под полозьями начинает подтаивать. Именно поэтому, кстати, перед стартом спортсмен и раскачивает сани: он "нагревает" полозья трением. При движении по криволинейным участкам трассы - виражам, кольцу и "горке" - возникают еще и центробежные силы, направление которых зависит от ориентации участка. В конце трассы, где скорость максимальна, они могут в пять раз превышать вес саней.

Здесь и заключен ответ на вопрос: почему на международных соревнованиях 80-х годов наши спортсмены неизменно "застревали" на нижних участках трассы и занимали лишь четвертые-пятые места? Выяснилось, что все дело в конструкции саней. Их полозья изогнуты в вертикальной плоскости, чтобы можно было вписаться в вираж, не врезаясь в стенку трассы. Когда сани скользят по прямому участку, длина контакта полоза со льдом невелика. Еще меньше она при прохождении "горки". Сила трения, тормозящая сани, здесь очень мала. Но на нижних, вогнутых, участках трассы она резко возрастает. Во-первых, полозья там опираются на лед по всей длине. А во-вторых, под действием большой центробежной силы начинают

деформироваться кронштейны, крепящие обтекатель саней к полозьям. Полозья становятся слегка непараллельными; из-за этого увеличивается ширина дорожек трения - царапин на льду. Трение растет, скорость падает. Отсюда был сделан вывод: перед соревнованиями необходимо тщательнейшим образом проверять параллельность полозьев под нагрузкой, в несколько раз превышающей вес саней со спортсменом.

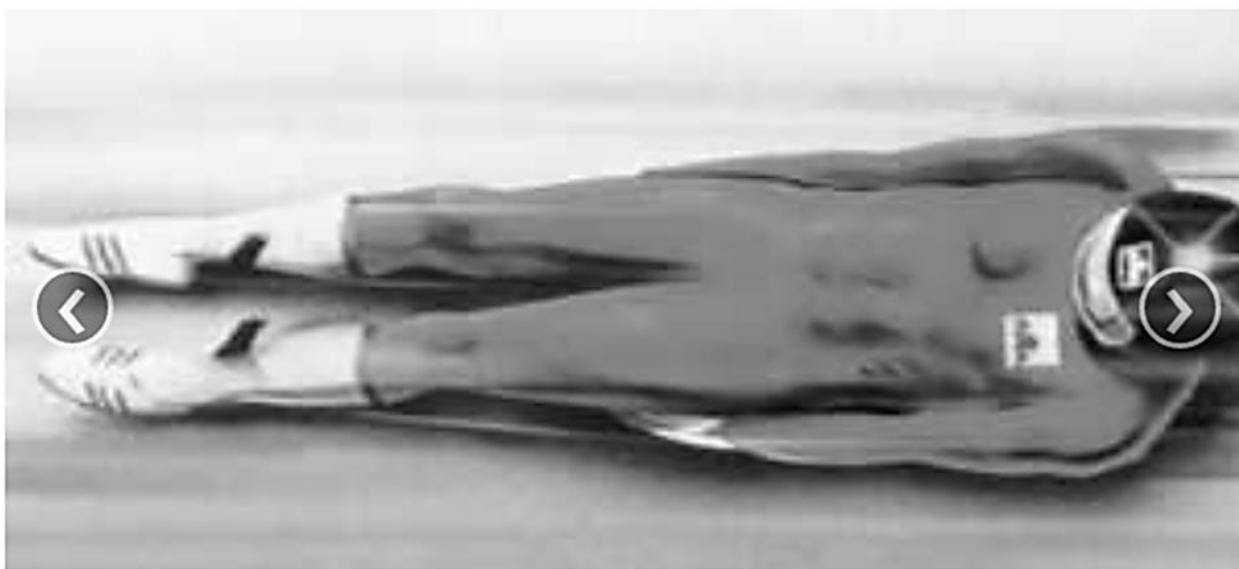


Полозья саней 1 соединяются кронштейнами 2 с обтекателем 3, на который во время спуска ложится спортсмен.



Под действием центробежной силы на крутых виражах кронштейны деформируются, санный след становится шире, трение больше. Внизу: площадь следа на "горке" (а) и на пятнадцатом вираже (б).

При движении саней возникает еще одна сила - сила аэродинамического сопротивления, которая очень быстро увеличивается с ростом скорости спуска (пропорционально ее квадрату). Чтобы уменьшить силу сопротивления, спортсмен во время движения лежит на санях, следя за трассой боковым зрением. Неопытные саночники на сложных участках трассы поднимают голову, пытаясь получше разглядеть дорогу. Хороших результатов так показать нельзя: поднятая голова увеличивает площадь поперечного сечения саней и, следовательно, силу лобового сопротивления. Но эта же сила позволяет управлять санями. Спортсмену достаточно

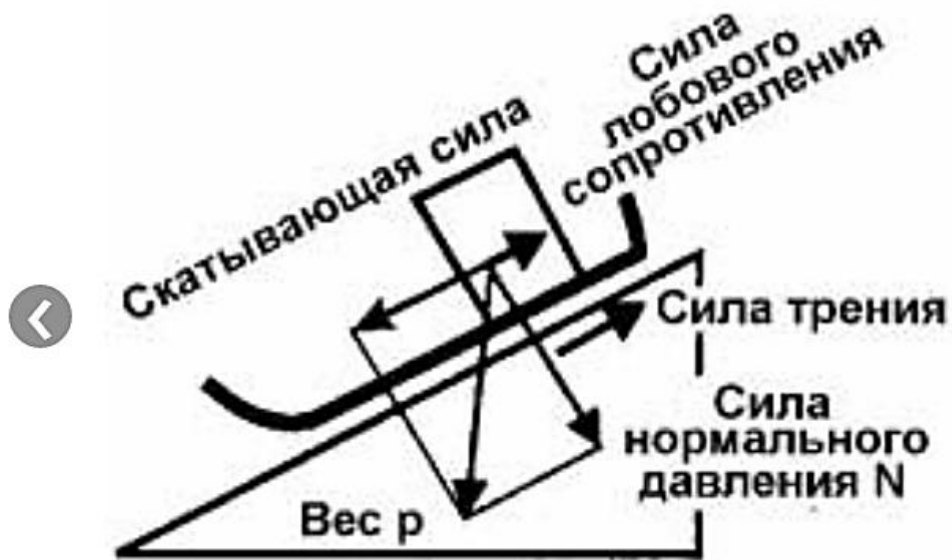


Во время спуска спортсмену приходится следить за трассой боковым зрением. Приподнимая голову, как на рисунке, он увеличивает лобовое сопротивление и теряет скорость. Хороших результатов так показать нельзя!

наклонить голову в сторону плеча, чтобы возникло дополнительное давление, не совпадающее с центром масс саней. Силы этого давления хватает, чтобы сани начали поворачивать. Именно так и изменяют траекторию движения саней на вираже.

Можно ли как-то увеличить скорость спуска? Оказывается, можно. Для этого есть два пути: увеличить скатывающую силу и уменьшить силу сопротивления. Но здесь есть свои ограничения.

Величина скатывающей силы зависит от массы саней вместе со спортсменом. Правила международных соревнований определяют, что масса одноместных саней не должна превышать 22 килограммов, а двухместных - 24 килограммов. Спортсменам разрешается применять дополнительный вес в виде пояса или жилета – мужчинам не более 10, а женщинам 8 килограммов.



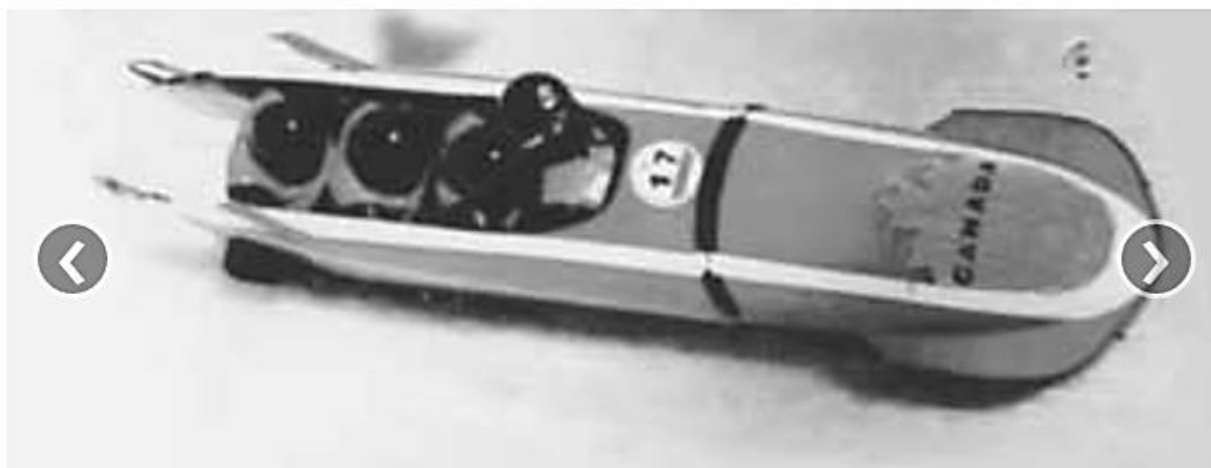
Скорость спуска и масса.

Силу сопротивления уменьшают, надевая обтекаемый аэродинамический костюм и слегка подогревая полозья саней. Нагретый полоз сильнее плавит лед, и в зоне его контакта появляется пленка воды. Она играет роль смазки, уменьшающей силу трения (см. "Наука и жизнь" № 3, 1982 г., № 10, 1997 г.). Но и этот способ ограничен правилами международных соревнований. Они предусматривают термический контроль полозьев перед каждым заездом и после него и определяют, что полозья не должны быть теплее воздуха на высоте 0,5-1 метр более чем на 5 градусов.



Спортсмен, одетый в обтекаемый костюм, съезжает по ледяному желобу трассы со скоростью свыше 100 км/ч. Проходя повороты, он слегка наклоняет голову к плечу, создавая добавочное боковое сопротивление, которое разворачивает сани.

В заключение несколько слов о бобслее. Он отличается от санного спорта тем, что его сани - боб - имеют не полозья, а две пары коньков. Передними коньками управляет рулевой или, как его еще называют, пилот. Бобы бывают двухместными и четырехместными. на старте спортсмены разгоняют боб и запрыгивают в него на ходу. Бобы движутся медленнее саней, и спортсмены более защищены его обтекаемым корпусом от ударов о борта трассы.



Управляемые сани для бобслея - боб - рассчитаны на двух или на четырех человек. Боб имеет обтекаемый корпус и две пары коньков; передние коньки может поворачивать рулевой, или, как его еще называют, пилот.

ПОДРОБНОСТИ ДЛЯ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ СКОРОСТЬ СПУСКА И МАССА

Посмотрим, как влияет масса системы сани - спортсмен на скорость спуска. Рассмотрим уравнение ее движения в какой-то фиксированный момент времени t :

$$ma = mg \sin \alpha - kN - c \rho s v^2 / 2.$$

Это выражение для второго закона Ньютона; слева - произведение массы на ускорение, а справа - сумма всех действующих сил: скатывающей силы, силы трения и силы лобового сопротивления. Обозначения:

m - масса саней со спортсменом; v - скорость; a - ускорение; k - коэффициент трения; c - коэффициент лобового сопротивления; ρ - плотность воздуха; s - площадь поперечного сечения системы сани - спортсмен; N - нормальная (перпендикулярная к поверхности) нагрузка.

Величина N зависит от того, по какому участку трассы движутся сани: $N = mg \cos \alpha$ на прямолинейных участках и

$$N = \sqrt{(mg \cos \alpha)^2 + (mv^2/r)^2}$$

(где r - радиус кривизны траектории) на виражах, как равнодействующая проекции силы тяжести на перпендикуляр к траектории и центробежной силы.

Масса входит во все члены уравнения (в скрытом виде даже в площадь поперечного сечения s), так что на скорость спуска она вроде бы влиять не должна. Однако происходит парадоксальное явление: увеличение массы приводит не только к росту скатывающей силы, но и к уменьшению силы трения. Сила нормального давления N при возрастании веса тоже растет, и это действительно должно привести к усилению трения на любой "нормальной" поверхности. Но только не на льду: он начинает интенсивно плавиться, становясь гораздо более скользким. В итоге сумма сил в правой части уравнения увеличивается, ускорение, а значит, и скорость спуска, растет.



Один из лучших комплексов сооружений для занятий зимними видами спорта построен на отрогах Скалистых гор на юге Канады, в городе Калгари.