

# ЛЮДИ и ЛЫЖИ

А.В. КОПТЮГ, М. ТИННСТЕН, М. БЭКСТРЁМ

*И в России, и в Скандинавии лыжный спорт занимает почетное место. Но если в Норвегии наибольшей популярностью пользуются беговые («равнинные») лыжи, то в России и Швеции пальма первенства безраздельно принадлежит горнолыжным видам спорта. И хотя в последние годы среди молодежи растет увлечение снежной доской, но достигнуть популярности горных лыж ей пока не удастся. Сегодня самое время поговорить о некоторых интересных исследованиях в области технологий зимних видов спорта, в особенности горнолыжного. В 2006 г. в Турине (Италия) состоялась Зимняя Олимпиада, а в будущем 2007 г. чемпионат мира по зимним видам спорта пройдет в шведском местечке Оре — всего в 100 километрах от Эстерзунда, где находится одно из отделений Университета Центральной Швеции, чьи научные результаты в области спортивных технологий мы представляем ниже*



**КОПТЮГ Андрей Валентинович** — кандидат физико-математических наук, доцент факультета информационных технологий Университета Центральной Швеции

**ТИННСТЕН Матс** — доктор технических наук, декан факультета инженерии, физики и математики Университета Центральной Швеции

**БЭКСТРЁМ Микаэль** — доктор технических наук, доцент факультета инженерии, физики и математики Университета Центральной Швеции





*Лыжи, в особенности горные, для шведов не просто спорт, а скорее стиль жизни. Это то, что с самого детства очень близко сердцу практически каждого жителя страны и что совершенно не знает возрастных границ. Одна из недель традиционных весенних каникул в Швеции так и называется — лыжная неделя.*

*Шведские дети учатся стоять на лыжах зачастую в то же самое время, как учатся ходить. На горнолыжных склонах можно встретить людей всех возрастов, от 2—3-летней малышни до людей «глубоко пенсионного» возраста. Назвать последних пожилыми язык не повернется — настолько они подтянуты и спортивны. В теплые весенние дни на склонах какого-нибудь из многочисленных шведских так называемых семейных горнолыжных курортов множество молодых родителей «выгуливают» свою мелкоту на взрослых склонах на некое подобии шлейки.*

*Но надо отдать должное шведам — безопасность своих детей они ставят очень высоко: детишки обязательно одеты в защитные шлемы и очки. Частенько можно наблюдать и более экзотические картины. Например, когда молодая, бронзово-загорелая мама катится вниз, придерживая на «шлейке» своего отпрыска в полном горнолыжном снаряжении (шлем, горнолыжные очки, лыжи, ботиночки, комбинезон, но, по традиции, без палок), и одновременно щебечет с кем-то по мобильному телефону. Именно такой поистине всенародной любви к лыжам шведы в значительной мере обязаны и своими достижениями в горнолыжном спорте. Имена таких звезд, как Ингмар Стенмарк, за 10 лет выигравшего 87 (!) чемпионских титулов (включая 13 титулов в одном сезоне), и сегодняшних молодых чемпионов, как обладательница «Большого Хрустального Глобуса» Аня Персон, говорят сами за себя*

## Наука и спорт

Скорее всего эти два понятия не слишком ассоциируются друг с другом у большинства читателей, что довольно естественно. В первую очередь потому, что проводить научные исследования в области спортивных технологий весьма непросто. А во-вторых, потому, что исследовательских центров, работающих в этой области, как и университетов, готовящих соответствующих специалистов, в мире не так уж и много. Вместе с тем благодаря своему быстрому развитию индустрия спорта и отдыха представляет собой перспективную область для прикладных научных исследований, причем наиболее впечатляющие результаты достигнуты на стыках науки и производства.

Благодаря своим традициям и, не в последнюю очередь, своему географическому положению, Университет Центральной Швеции за последнее время превратился в серьезный центр научных исследований и образования в области технологий спорта и активного отдыха. Научные исследования и подготовка студентов здесь ведутся при поддержке и участии национальной шведской сборной по зимним видам спорта и шведского Олимпийского комитета.

Исследовательские группы в области спортивных технологий обычно мультидисциплинальны и включают в себя как специалистов в механике, материаловедении, электронике, компьютерных технологиях и технологиях спорта, так и психологов, врачей, дизайнеров. Многие студенты и сотрудники сами являются активными спортсменами. Все исследования нацелены на разработку новых подходов к решению практических задач,

Наскальному рисунку лыжника из Рёдёй (Норвегия) — около 4 тыс. лет



что является значительной поддержкой региональному бизнесу. Успех многих предприятий Ямтландии, где в основном доминирует мелкий и средний бизнес, напрямую определяется высоким уровнем исследований, проводимых университетом. Не в последнюю очередь этим исследованиям обязаны своими успехами в соревнованиях по зимним видам спорта шведские спортсмены, в особенности в отношении лыжного спорта и хоккея.

В спортивных научных изысканиях специалисты вынуждены иметь дело с чрезвычайно сложными динамическими взаимодействиями человеческого тела и спортивного оборудования, да еще при постоянно меняющихся внешних условиях. Человеческое тело уже само по себе является непростым объектом исследования таких привычных дисциплин как физиология, анатомия и медицина. Свойства материалов и механизмов также традиционно изучаются серьезными самостоятельными дисциплинами такими, как химия, материаловедение, механика и т. д. Исследования же спортивных технологий, идущие на «стыках» многих дисциплин, не только обязаны быть мультидисциплинарными, но и требуют при этом особой подготовки специалистов. В Швеции, как и в России, к этим проблемам относятся очень серьезно, вкладывая значительные ресурсы в обучение и исследования в этих областях.

## Непростые лыжи

Все сказанное выше в полной мере относится к зимним видам спорта, в том числе к лыжам. И если в прошлом практически единственным материалом, применяемым при изготовлении лыж и лыжных палок, являлось дерево, то сегодняшние технологии производства лыжного инвентаря по сложности сравнимы с космическими. В производстве современного лыжного снаряжения высокого класса дерево практически не используется, его вытеснили различные пластмассы,

*Программа образования по специализации «Технологии спорта и отдыха» Университета Центральной Швеции является уникальной не только для Швеции, но и для Европы в целом. Тематика исследований по этому направлению обширна: спортивный инвентарь, увеличение эффективности как самого инвентаря, так и самой главной части спортивных состязаний — человека, минимизация риска травматизма, спортивные технологии для инвалидов и т. п.*

*Более подробную информацию можно узнать на сайтах: [www.miu.se](http://www.miu.se) (университет), [www.sportstech.se](http://www.sportstech.se) («Технологии спорта и отдыха»), [www.are2007.com](http://www.are2007.com) (чемпионат мира по горнолыжному спорту в г. Оре)*



**Mittuniversitetet**  
MID SWEDEN UNIVERSITY

*Университет Центральной Швеции, в котором наряду с образованием ведутся научные исследования, — самый молодой из университетов страны. Это единственное подобное образовательное учреждение в провинциях Ямтландия и Вестра Норрланд, составляющих центральную Швецию и занимающих площадь в 71 000 квадратных км. Одной из основных специализаций отделения в г. Эстерзунде являются спортивные технологии. С 2004 года на базе факультета инженерии, физики и математики создано новое научно-образовательное направление «Технологии спорта и отдыха»*



композитные материалы и металлы (сталь, титан, алюминий), которые при меньшем весе обладают значительно большей прочностью и износоустойчивостью.

Вопросы износоустойчивости лыж могут показаться надуманными, но это далеко не так. Пусть снег, особенно свежесвыпавший, и кажется совсем мягким, но спрессованный на лыжне или горнолыжном склоне он при столкновении ведет себя почти как асфальт. К тому же при высоких скоростях скольжения обдирает скользящие поверхности лыж не хуже наждачной бумаги. Однако при этом поверхность лыж должна обеспечивать легкость скольжения на всех возможных скоростях и при разных погодных условиях.

Лыжи, лыжные палки, ботинки и крепления при «работе» подвергаются значительным нагрузкам (вибрационным, растяжения, сжатия, кручения и т. д.). Вместе с тем они должны по возможности «гасить» эти нагрузки, не передавая их спортсмену, поскольку человеческие мышцы, сухожилия и кости могут таких нагрузок и не выдержать. Лыжные крепления должны обеспечивать определенную подвижность, но при этом препятствовать «ненужным» движениям, а также должны автоматически отстегиваться при падении лыжника, чтобы не допустить травм. И это — лишь часть проблем, над которыми работают исследователи в области спортивных технологий Университета Центральной Швеции.

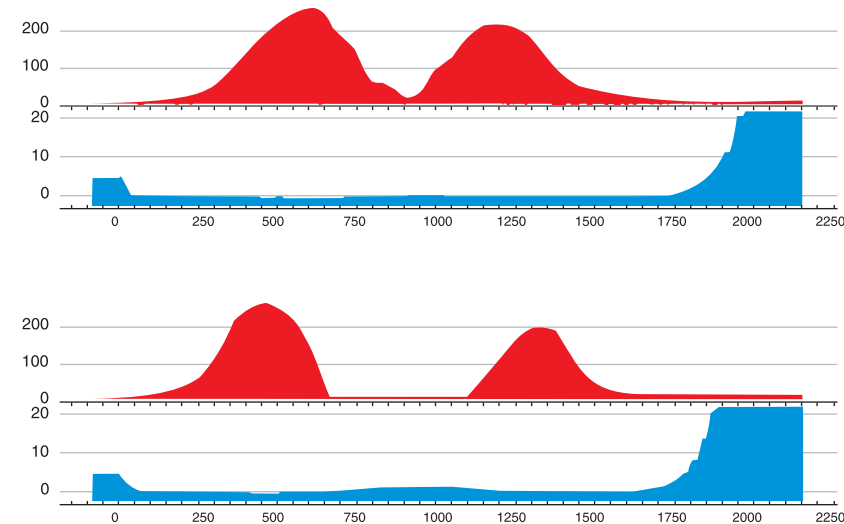
### Эксперименты: что и как измерять

Серьезная наука всегда основывается не на голословных утверждениях, но на экспериментальных данных. Только так можно достичь глубокого понимания основ задействованных процессов, достигнув в конце концов одной из основных целей, а именно — возможности де-

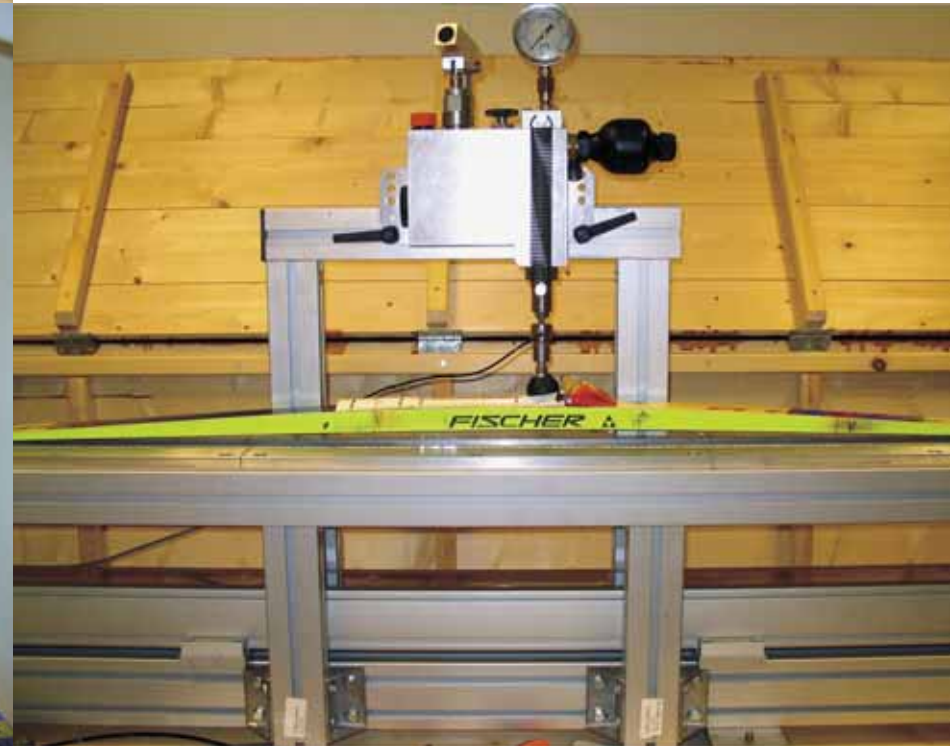


лать предсказания. Наука спорта и спортивных технологий в этом смысле не является исключением.

Но до того как приступать к измерениям, необходимо понять, что и как нужно мерить. Если из результатов эксперимента исследователь не сможет извлечь ничего конкретного, то это будет пустая трата времени, к тому же зачастую весьма дорогостоящая. Более того, как и в любой прикладной науке, результаты исследований здесь должны представлять ценность для «потребителя», т. е. для тех, кто непосредственно занимается спортом, и их тренеров.



Два профиля распределения давления на лыжню, полученные на испытательном стенде (верхние красные кривые — профиль давления, голубые нижние кривые — профиль изгиба нижней поверхности лыжи). Из-за характерного прогиба лыжи профиль давления имеет два «горба»: один ближе к «носки» лыжи, другой — к «пятке». Считается, что наилучшим для мокрого снега является профиль давления с размытыми «горбами», а для сухого снега в морозную погоду — с «узкими», т. е. с четко выраженными зонами давления лыжи на поверхность



Уникальный стенд для измерения характеристик беговых лыж, созданный в Университете Центральной Швеции. Наиболее важными из измеряемых являются параметры, связанные с упругостью, жесткостью и кривыми прогиба лыж, а также профиль давления на лыжню при различных нагрузках.

По договоренности со шведской национальной сборной по зимним видам спорта, опубликование материалов, связанных с этими исследованиями, было задержано до проведения Зимней Олимпиады в феврале 2006 г. Фотографии публикуются впервые

Для лыжного спорта первоочередной интерес представляют параметры, характеризующие «инвентарь», тело спортсмена и в особенности их взаимодействие в разных режимах. Необходимость детальных измерений параметров лыж диктуется, в частности, необходимостью подбора идентичных пар.

Известно, что даже лыжи, изготовленные на промышленных линиях ведущих компаний, отличаются одна от другой. Для улучшения спортивных результатов из многих сотен лыж подбираются пары одинаковых. Традиционно это делается «на слух» — по звучанию лыжи (характеристикам вибраций), «на глазок» и руками — по изгибу. Соответственно подобная процедура более всего напоминает некий шаманский ритуал. Особой точности от подобного подбора ожидать не приходится. Гораздо более эффективным является использование специального экспериментального стенда, где можно подобрать не только пары одинаковых лыж, но и лыжи, наиболее подходящие к индивидуальному стилю того или иного спортсмена.

Конечно, далеко не все и не всегда можно измерить в «тепличных» условиях лабораторных корпусов. Значительную долю обычно составляют

эксперименты в условиях, максимально приближенных к «боевым», т. е. сделанные непосредственно на лыжне и на горных склонах.

## Биомеханика лыжного спорта

Основной целью атлетов при их подготовке к соревнованиям является улучшение спортивных показателей: «выше, дальше, быстрее». Этот лозунг как нельзя лучше характеризует цели и задачи биомеханики лыжного спорта, занимающейся изучением

взаимодействия работы «частей» тела спортсмена и спортивного снаряжения (лыж, лыжных палок, ботинок, креплений и т. д.). С точки зрения «потребителя» (спортсменов и тренеров), наибольший интерес заключается в возможности получения практических рекомендаций по технике движения, а также индивидуального подбора лыж и лыжных палок.

К сожалению, возможности экспериментирования в спортивных науках зачастую ограничены. Более того, некоторые стандартные типы экспериментов здесь просто

невозможны. Например, во многих других дисциплинах экспериментирование идет по так называемой степени возрастания сложности выделяемых элементов общей системы. То есть сначала экспериментально исследуются какие-то ее простейшие узлы (части), затем — более сложные, и таким способом исследователь постепенно продвигается к пониманию работы системы во всей ее целостности.

Однако такой подход в биомеханике во многих ситуациях крайне затруднителен. Скажем, вам нужно провести детальные исследования

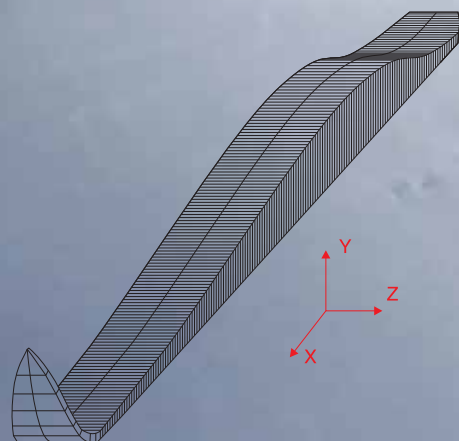
При отталкивании спортсмена двумя руками происходит интенсивное движение верхней части его тела. Расход энергии на эти движения весьма значителен, и возможность избежать лишних энергетических трат может обеспечить определенные преимущества на лыжне. Компьютерное моделирование позволяет ответить на ряд возникающих при исследованиях вопросов. Например, следует ли спортсмену при отталкивании двумя руками держать локти прижатыми к телу или стоит разводить их в стороны. К сожалению, многие детали этих исследований раскрыть сейчас нельзя, поскольку они используются при подготовке шведских олимпийцев

Лыжный спорт динамичен по своей природе, без исследований движений спортсмена обойтись невозможно. Видеосъемка спортсмена на лыжне помогает лишь частично, поскольку очень сложно стабильно выдерживать нужный ракурс. В Университете Центральной Швеции создана специальная «бегущая дорожка», позволяющая вести цифровую видеосъемку спортсмена со специальными отражающими маркерами на теле. Данные используются в различных исследованиях, включая моделирование и биомеханику лыжного спорта



Компьютерные модели использовались при исследованиях влияния «позы» лыжника на эффективность работы его мышц. Ранее считалось, что при отталкивании двумя руками наиболее эффективной для лыжника является поза с выпрямленными в коленках ногами. Однако на сегодняшний день рекомендации тренеров изменились





Компьютеру в целом безразлично, что моделируется — живой объект или неживой, вопрос лишь в адекватности модели. Поскольку компьютер оперирует цифровыми величинами, исследователь легко может извлечь из результатов моделирования значения нужных ему параметров, которые затем можно измерить в реальности. Это могут быть как простые физические параметры (сила и давление), так и геометрические профили лыж или лыжных палок



Гусеничные вездеходы BAE Hägglund BV 206, производимые шведской компанией «Бае Хагглунд», подарены университету шведскими вооруженными силами. На их основе созданы три мобильных измерительных лаборатории. Однако даже такие гусеничные машины большой проходимости не могут работать очень высоко в горах. Тогда исследователям приходится превращаться в шерпов и нести оборудование на своих плечах

взаимодействия ноги спортсмена с лыжными креплениями — совершенно невозможно отделить «части и узлы» человеческого тела от их «владельца»! В подобных случаях на помощь приходит математическое (компьютерное) моделирование. Используя хорошую модель, исследователь может ответить на очень многие вопросы, проводить оптимизационные исследования и строить прогнозы. Правда, и в этом случае все равно не избежать экспериментов — результаты проверять все-таки придется! Однако моделирование вполне может сократить затраты времени, средств и усилий исследователя. Правда, остается один небольшой вопрос: а что это такое «правильная» модель и как ее создать? На самом деле это очень сложное, самостоятельное поле исследований, о котором мы поговорим как-нибудь в другой раз...

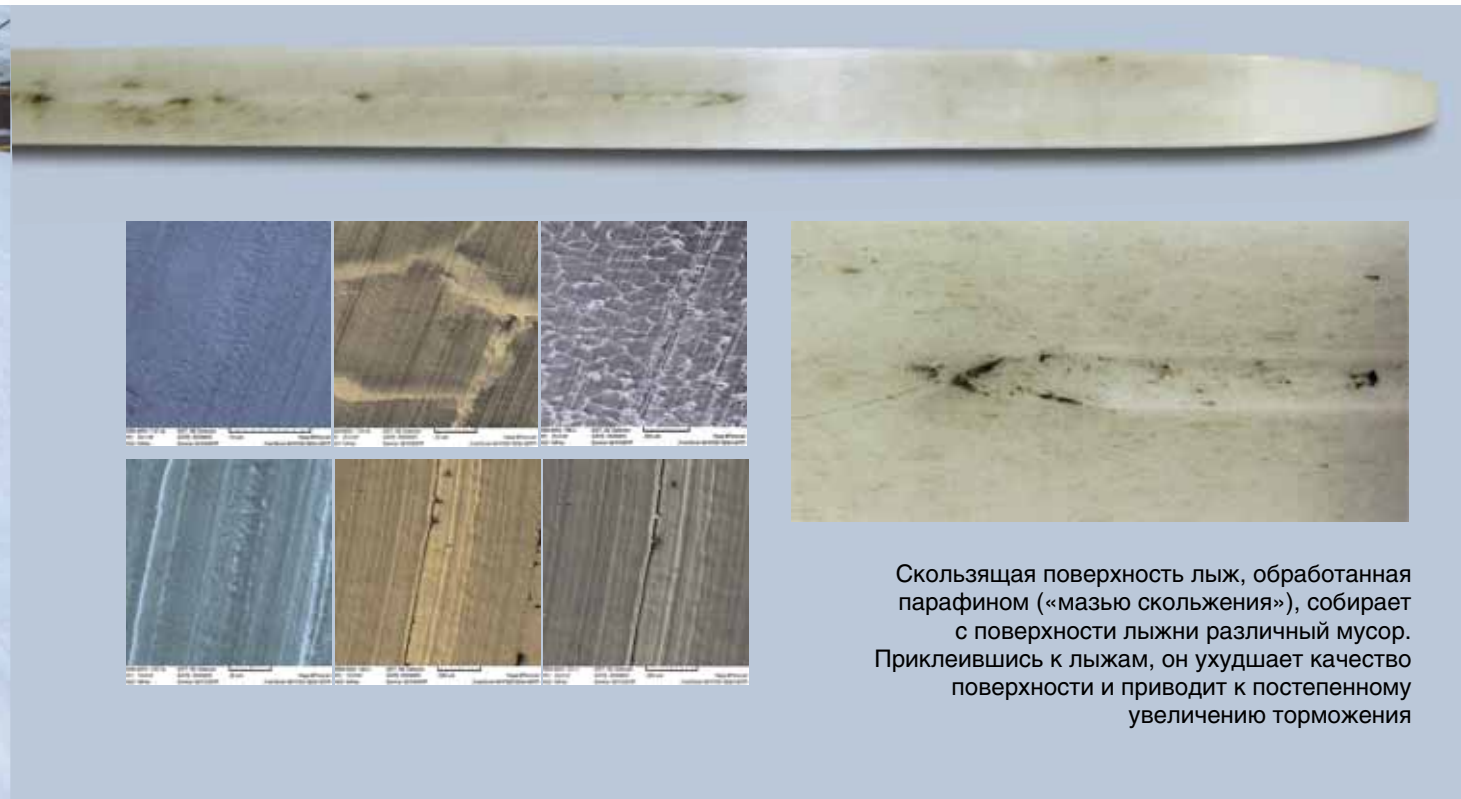
Компьютерная модель, используемая в Университете Центральной Швеции, учитывает работу более 300 индивидуальных мышц и более 50 костей и других анатомических элементов тела спортсмена. Она помогает определить, как распределяется нагрузка между отдельными мышцами при разных движениях спортсмена, как влияют на расход энергии параметры лыж и лыжных палок и т.п. По просьбе национальной

шведской сборной по лыжам ее используют с целью оптимизации движений спортсменов и при подборе для них лыжного инвентаря.

Компьютерные модели помимо всего прочего оказались очень хороши для генерации реалистичных «картинок» и «мультишек». Это важно, например, в исследованиях влияния позы лыжника на эффективность работы некоторых его мышц. Так, ранее считалось, что при отталкивании двумя руками наиболее эффективной для лыжника является поза с выпрямленными в коленках ногами. Однако на сегодняшний день тренеры, исходя из исследований, советуют спортсменам держать ноги полусогнутыми. Использование моделирования помогает определить позу, наиболее выгодную для индивидуального спортсмена с учетом выбранных лыж и лыжных палок.

### Мазать или не мазать?

Мазать или не мазать (лыжи специальной мазью для улучшения скольжения) — вот в чем вопрос... У многих читателей — как профессиональных спортсменов, так и любителей лыжного спорта — вероятно, не возникнет даже и тени сомнения: «Конечно же, мазать!



Скользящая поверхность лыж, обработанная парафином («мазью скольжения»), собирает с поверхности лыжни различный мусор. Приклеившись к лыжам, он ухудшает качество поверхности и приводит к постепенному увеличению торможения

Специальная установка для измерений сопротивления лыж при скольжении под различной нагрузкой выполнена на базе снегохода. Измерения проводятся на ровном участке профилированной лыжни, что повышает воспроизводимость и точность измерений

Как такое только в голову может прийти? Все мазали, мажут и будут мазать, поскольку это улучшает скольжение!»

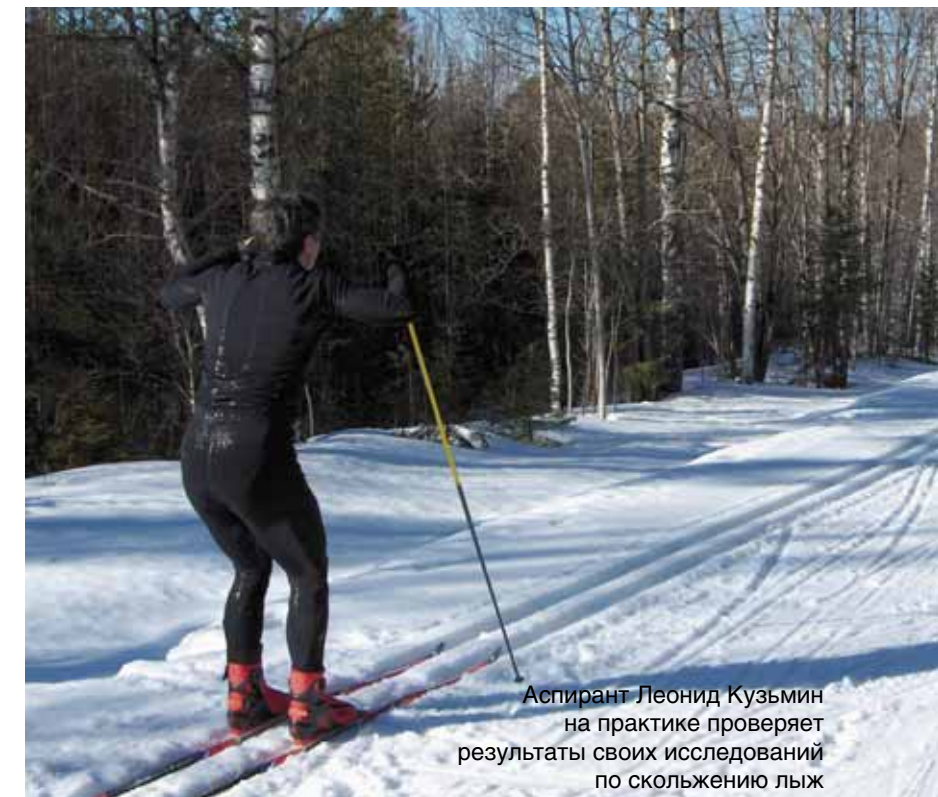
Однако все не так просто, как принято считать. Обычно скользящая поверхность современных лыж для классического хода мажется следующим образом: по концам лыжи наносится парафин (мазь для «улучшения скольжения»), а посередине лыжи (под колодку) — мазь для «держания», обеспечивающая возможность отталкиваться. При подготовке лыж для конькового хода на всю скользкую поверхность наносится парафин. «Старые» же, т.е. деревянные, лыжи мажутся по-другому: мазь для «держания» наносится на всю скользкую поверхность.

Так вот, вопрос, поставленный в начале главы, относится именно к парафину как мази, улучшающей скольжение. Многим, очевидно, на собственном опыте пришлось убедиться в том, что в определенных условиях использование даже самых лучших мазей для скольжения может это самое скольжение ухудшить. Тем не менее вряд ли кому-то пришлось в голову поставить под сомнение общепринятую концепцию и задаться крамольным вопросом: а надо ли на самом деле парафинить лыжи? Но наука как раз и сильна людьми, которые сохранили возможность разумно «сомневаться». Исследователи должны опираться только на твердо установленные, независимо подтвержденные факты, даже если они и противоречат принятому мнению.

На микрофотографиях материала скользкой поверхности лыж, сделанных на электронном микроскопе, не видно никаких «пор», которые могли бы закрываться благодаря применению парафина

Поэтому специалисты Университета Центральной Швеции совместно с коллегами из Университета в Люлео (Северная Швеция) начали исследования с целью определения основных факторов, влияющих на скольжение лыж.

Дело в том, что технология изготовления беговых лыж непрерывно совершенствуется. В том числе за последние несколько лет изменились материалы, которые ставятся на нижнюю поверхность лыж. Если раньше у лыжников единственным способом улучшить скольжение деревянных лыж было использование различных мазей, то теперь появился богатый выбор пластиковых покрытий, которые сами по себе имеют



Аспирант Леонид Кузьмин на практике проверяет результаты своих исследований по скольжению лыж

прекрасное скольжение. Чтобы сравнить параметры скольжения лыж с разными вариантами покрытия скользящих поверхностей, ученым пришлось создать новую измерительную технологию и соответствующую аппаратуру. А для того чтобы исключить влияние посторонних факторов, эксперименты проводились без нанесения на лыжи основной мази («мази держания»).

Полученные результаты удивили многих, включая самих специалистов. Многочисленные эксперименты с «намазанными» и «ненамазанными» лыжами все время давали одинаковый результат: напарафиненные лыжи сначала скользили лучше, но затем это преимущество быстро пропадало при движении. Еще через какой-то промежуток времени «намазанные» лыжи начинали скользить хуже «ненамазанных». Расстояние, после которого скольжение «намазанных» лыж становилось хуже, чем лыж, не покрытых парафином, варьировало в разных экспериментах и составляло от нескольких сот метров до нескольких километров, однако конечный результат оставался неизменным.

Причину удалось выяснить после детальных исследований. Ранее считалось, что парафин закрывает поры на поверхности лыж, улучшая таким образом ее гладкость. Однако нижняя поверхность современных беговых лыж в основном покрывается высокомолекулярным полиэтиленом, обладающим значительной износостойкостью и прекрасным скольжением. При подготовке лыж их нижнюю поверхность к тому же дополнительно выравнивают («циклюют», как паркетный пол) специальными металлическими скребками. В результате поверхность полимера уже приобретает структуру, оптимальную как для отталкивания, так и для скольжения. Положительное же действие парафина на деревянные лыжи объясняется вовсе не закрыванием «пор» на их скользящей поверхности, но уменьшением её «средства» с водой: при нанесении парафина она из гидрофильной превращается в гидрофобную, т. е. отталкивающую воду.





Фото К. Норденмарк

*Вместо заключения нам хотелось бы обратить внимание читателей на тот факт, что научные исследования совершенно необязательно должны быть скучны. Более того, наряду с хорошей профессиональной подготовкой залогом успеха в науке зачастую являются как раз интерес и энтузиазм исследователей. И в этом смысле благодатную почву для них предоставляют спорт и спортивные технологии — одна из немногих областей науки, где предмет исследований и любимое занятие могут совпасть не просто без ущерба друг для друга, но с большой пользой для дела и для здоровья и вдобавок — с огромным удовольствием!*

*В статье использованы материалы исследований и фотографии авторов — молодых сотрудников Университета Центральной Швеции, работающих по направлению «Технологии спорта и отдыха», по совместительству — больших энтузиастов горнолыжного спорта:*



Йоаким ХОЛБЕРГ — аспирант Университета Центральной Швеции, ведет исследования в области биомеханики лыжного спорта, увлекается горнолыжными видами спорта, горным и лыжным туризмом



Мари ЛУНД — аспирантка Университета Центральной Швеции, ведет исследования в области биомеханики лыжного спорта. Входит в сборную Швеции по лыжному ориентированию, призер чемпионатов мира по лыжному ориентированию в 2003 и 2004 гг.



Петер КАРЛСОН — доцент факультета инженерии, физики и математики Университета Центральной Швеции. Увлекается лыжами и шахматами

Леонид КУЗЬМИН — выпускник МВТУ (ныне МГТУ) им. Н. Э. Баумана и Московской государственной академии физической культуры, чемпион СССР по лыжному ориентированию (1989 г.), чемпион Москвы по биатлону (1982 г.). Аспирант Университета Центральной Швеции, чемпион Ямтландии по беговым лыжам. Его диссертационная работа о влиянии парафина на скольжение, выложенная в Интернете (<http://epubl.ltu.se/1402-1757/2006/03/LTU-LIC-0603-SE.pdf>), «скачивалась» для прочтения до 2500 (!) раз в день

