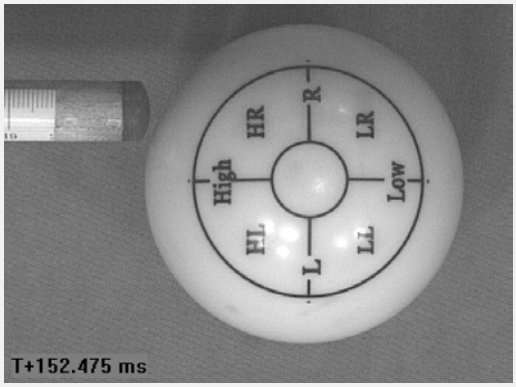
Жесткая или мягкая бильярдная наклейка: какую выбрать?

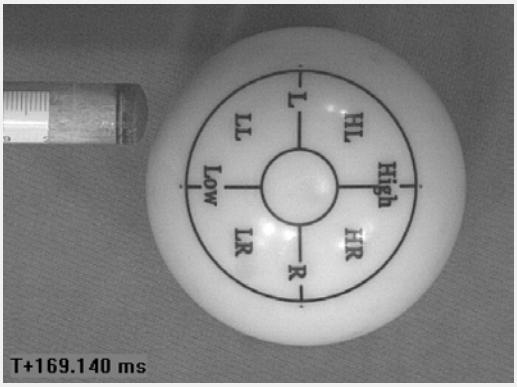
А.Сорокин
Апрель, 2023

Со времен изобретения бильярдной наклейки прошло уже более 200 лет, но споры о том, какая наклейка лучше, не утихают и по сей день. У каждого любителя бильярда есть свои предпочтения: кому-то нравятся наклейки твердые, кому-то средние или мягкие. А еще есть наклейки однослойные и многослойные, сделанные из кожи оленя, лося, бизона или буйвола. Одним словом, здесь – огромное поле для экспериментов и субъективных выводов. В этой статье сделана попытка разобраться в некоторых свойствах бильярдных наклеек, опираясь не на субъективные ощущения во время удара кием по бильярдному шару, а с помощью количественных измерений поступательной и угловой скорости бильярдного шара.

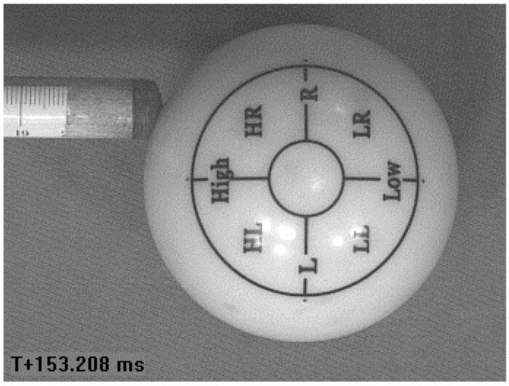
С помощью цифровой высокоскоростной монохромной камеры Phantom V12 при частоте съемки 30000 кадров/сек были отсняты удары одним и тем же кием с установленными на него разными наклейками. Все удары выполнялись с одинаковой скорость кия и с одинаковым смещением оси кия относительно центра битка (одинаковые настолько, насколько это позволяет станок для тестирования киев). Скорость кия в момент удара по битку составляла 4,69 м/с, а смещение оси кия относительно центра битка 15,2 мм.

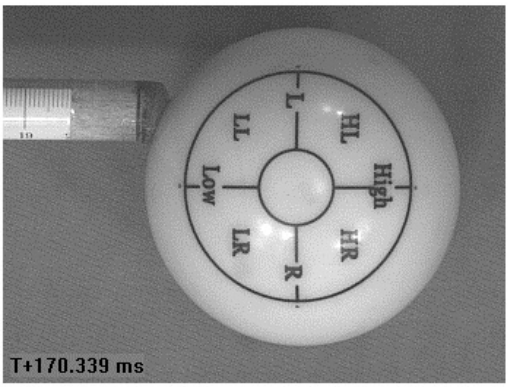
Ниже представлена GIF анимация удара кием с твердой наклейкой Kamui Black H и аналогичный удар с очень мягкой наклейкой Rocket:





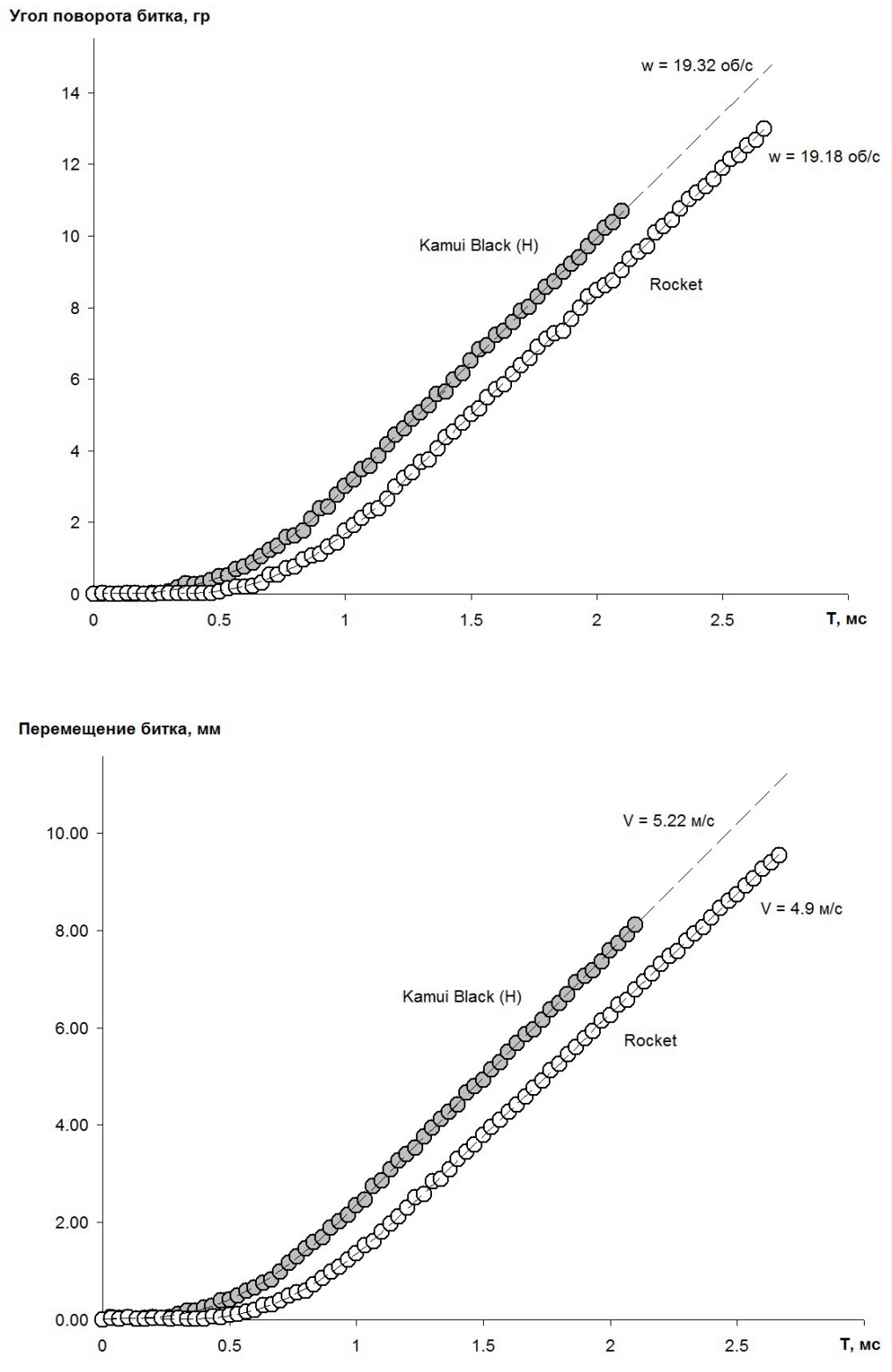
Первое, что бросается в глаза, это – отличие размера пятна контакта в момент максимального сжатия наклейки. Для Kamui Black H пятно контакта составляет в диаметре около 5-6 мм, для Rocket же – все 10 мм.





Второе отличие – различное время контакта кия и битка. Для Kamui Black H время контакта равно 1,37 мс, для Rocket – 1,93 мс.

Далее для каждого кадра скоростной съемки можно достаточно точно определить перемещение и угол поворота битка в течение удара. Выглядит это следующим образом:



Темные кружки относятся к наклейке Kamui Black H, светлые – Rocket. По горизонтальной оси отложено время контакта; T=0 соответствует моменту контакта наклейки и битка. Если внимательно посмотреть на эти графики, то можно заметить, что до тех пор, пока наклейка полностью не сожмется, биток не перемещается и не поворачивается. То есть, упругость даже твердой наклейки настолько мала по сравнению с инерцией шара, что даже на скоростном видео определить перемещение и поворот битка не представляется возможным.

Это – очень интересный факт, и насколько, я знаю, раньше никто не обращал на него внимания. Интересен этот факт, прежде всего тем, что он «множит» на ноль результативность всех идей об увеличении скорости вращении шара за счет увеличения времени контакта. Перемещение и вращение битка начинается только в тот момент, когда уже начинается сжатие самого древка кия. По мере сжатия и распрямления кия происходит увеличение угловой и поступательной скорости битка. После того, как кий и биток разомкнутся, угловая и поступательная скорость последнего остается практически неизменной; это хорошо видно по тому, как измеренные точки замечательно аппроксимируются прямой линией. По углу наклона этих прямых можно определить численные значения угловой и поступательной скорости битка после удара. Для твердой наклейки Kamui Black H поступательная скорость равна 5,22 м/с, а угловая – 19,32 об/с. Для мягкой наклейки Rocket обе скорости меньше: V=4.9 м/с; w=19,18 об/с. Это означает, что часть энергии удара на кие с мягкой наклейкой рассеялась в тепло, колебания кия и т.п.

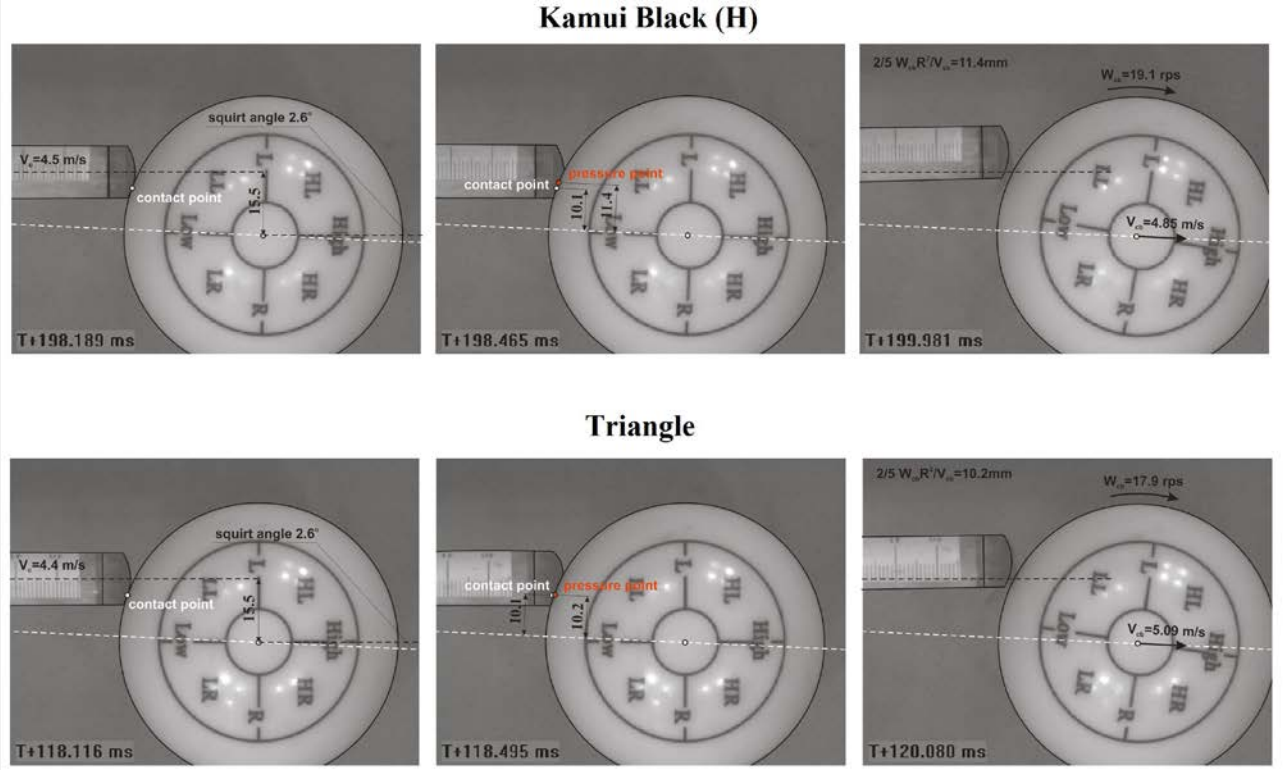
Отсюда можно было бы сделать поспешный вывод о том, что твердая наклейка лучше «крутит» шар, но это не совсем так. Дело в том, что в большинстве случаев сами по себе абсолютные величины угловой или поступательной скорости не имеют большого значения, если только не стоит задача прожечь вращающимся шаром сукно, оторвать борт сильным ударом или сыграть какой-нибудь безумный «космос». В играх, где контроль шара преобладает над силовой кладкой, значение имеет не максимальная величина угловой скорости битка, а отношение этой угловой скорости к поступательной скорости битка, т.е. w/V. Если чуть-чуть углубиться в физику, то станет понятно, что отношение w/V есть не что иное (с точностью до коэффициента), как величина смещения точки соударения кия относительно центра битка. Для твердой наклейки Kamui Black H это отношение скоростей составляет w/v=19.32/5.22=3.70, а для мягкой наклейки Rocket – w/v=19.18/4.88=3.93, т.е. на 6% больше; это не так много, но тем не менее.

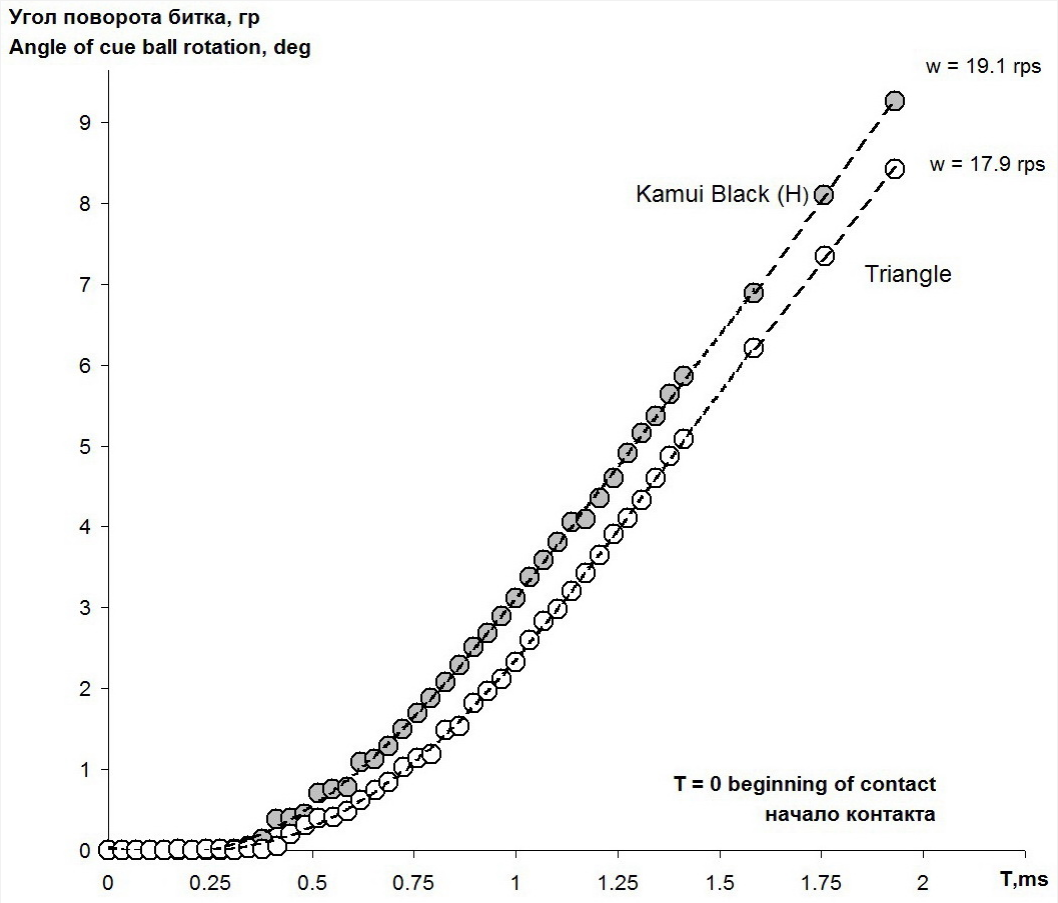
Тут возникает законный вопрос: как получилось так, что смещения кия для обеих наклеек одинаковы, а отношения скоростей отличаются? Скорее всего, это связано с тем, что во время удара наклейка касается битка не в одной точке, а образуется достаточно большое пятно контакта. В каждой точке этого пятна со стороны кия на биток действует определенная сила; в разных точках – разные силы. Говоря научным языком, в пятне контакта есть эпюра давления. Если для каждой точки пятна контакта определить величину приложенной силы и смещение этой точки относительно центра шара, то можно определить результирующую силу и точку ее приложения на шаре (т.е найти центр давления). Эта алгебраическая процедура аналогична тому, как отыскивается центр тяжести тела, подъемная сила и центр давления на крыле самолета и т.п. Найденный так центр давления совсем не обязан находиться в центре пятна контакта; его положение определяется физическими свойствами наклейки, ее геометрией и т.п. Поэтому, даже для одинаковых смещений оси кия относительно центра битка, для разных наклеек

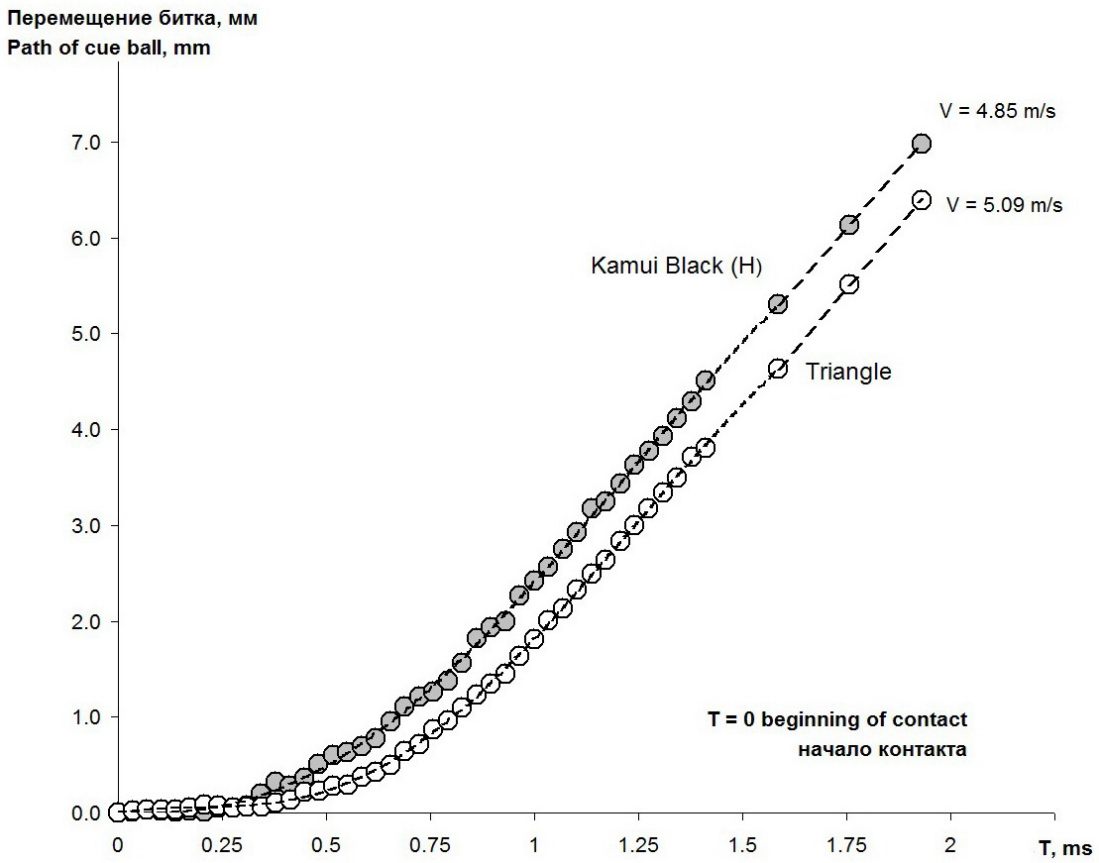
положение центра давления – различное. Поскольку центр давления – это та точка, куда приложена результирующая сила, то положение центра давления и есть реальное смещение, которое и определяет угловую и поступательную скорость битка.

Теперь возникает новый вопрос: как для каждой наклейки определить положение центра давления? Можно, конечно, измерить упругость, твердость и множество других параметров наклейки и потом пытаться написать какие-то уравнения, описывающие деформацию наклейки. Но это – сама по себе очень сложная задача, да еще она и усложняется тем, что во время удара биток поворачивается, модифицируется пятно контакта, меняется эпюра давления. Все эти проблемы можно обойти, если вычислять положение центра давления из измеренных значений угловой и поступательной скорости битка в конце удара. Как уже говорилось выше, отношение угловой скорости к поступательной – это есть реальное смещение точки приложения результирующей силы относительно центра битка $b=(2/5*R^2)*w/V$; причем здесь происходит автоматическое осреднение за все время контакта. Для твердой наклейки Kamui Black H смещение центра давления относительно центра битка получилось равным b=10.74 мм, а для мягкой наклейки Rocket – b=11,40 мм. Это равносильно тому, что при ударе мягкой наклейкой Rocket по битку удар был нанесен почти на 1 мм выше, чем при ударе кием с наклейкой Kamui Black H.

Полученный результат вовсе не означает, что все мягкие наклейки будут вести себя аналогичным образом по сравнению с жесткими наклейками. Ниже представлен результат аналогичного сравнения твердой наклейки Kamui Black H и обычной (не прессованной) наклейки Triangle.



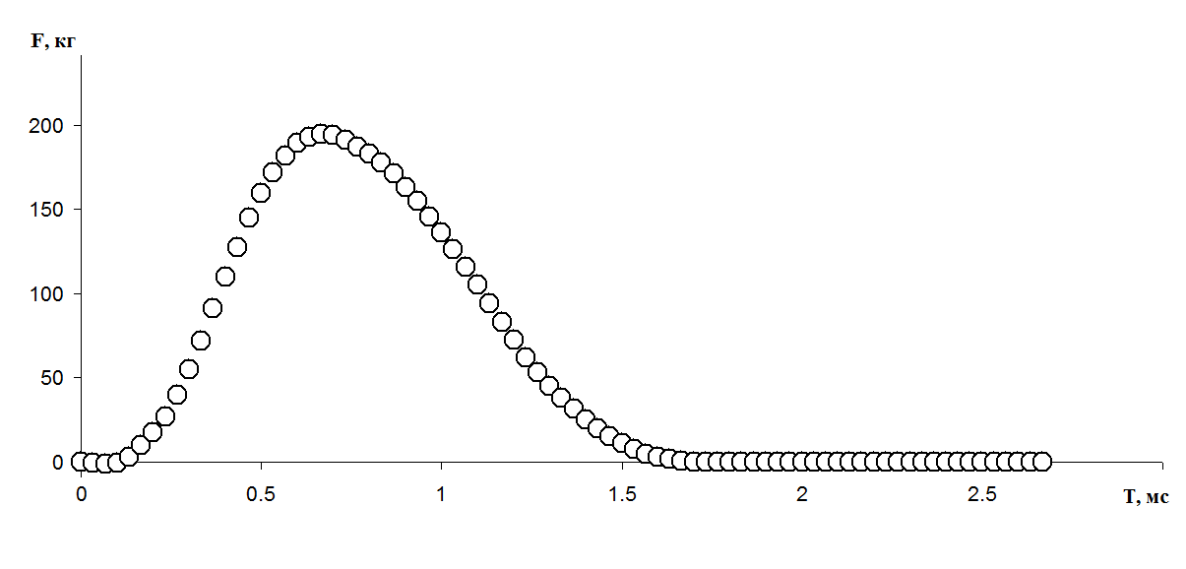

Угол поворота битка, гр
Angle of cue ball rotation, deg
w = 19.1 rps
w = 17.9 rps
Kamui Black (H)
Triangle
T = 0 beginning of contact
начало контакта
T,ms


Перемещение битка, мм
Path of cue ball, mm
V = 4.85 m/s
V = 5.09 m/s
Kamui Black (H)
Triangle
T = 0 beginning of contact
начало контакта
T, ms

В этом случае жесткая наклейка Kamui Black H «выигрывает» больше 1 мм у более мягкой наклейки Triangle.

Скорее всего, здесь дело не в величине жесткости наклейки, а в распределении жесткости по ее диаметру. Т.е., если центр наклейки более жестче краев (это можно добиться определенным способом опрессовки наклейки), то вполне логично предположить, что центр давления будет смещен ближе к оси кия, что и приведет к увеличению фактического смещения относительно центра битка, а соответственно – к большим значениям угловой скорости шара относительно поступательной. Видимо, это и ассоциируется с понятием наклейка «перекручивает». Если же периферия наклейки более жесткая, то фактическое смещение уменьшается, и наклейка «крутит» хуже.

На этом можно было бы поставить точку, но, как всегда, есть некоторые мелочи. А, как известно, «дьявол кроется в мелочах». Все рассуждения, приведенные выше, никак не учитывают деформацию кия во время удара, а ведь усилия на торец кия во время удара колоссальны. Если взять данные для измерения перемещения битка за время удара (второй график в самом начале), аппроксимировать эти значения гладкой кривой, вычислить первую производную (т.е. найти значения мгновенных скоростей битка), затем вторую производную (найти значения ускорения), то можно вычислить величину результирующей силы в центре давления. Вот как это выглядит на примере мягкой наклейки Rocket для удара средней силы:



Легко видеть, что максимальное усилие составляет более 200 кг. Если учесть, что усилие приложено не по оси кия, а со смещением (смотри положение центра давления на наклейке), то понятно, что такая сила приведет не только к продольному сжатию кия, но и к его изгибу. Причем, чем дальше центр давления располагается от оси кия, тем больше будет изгибающий момент. Хорошо или плохо то, что кий во время удара изгибается – это тонкий вопрос. Дело в том, что если кий практически не гнется (например, как кий фирмы «Cuetec» для Русского бильярда), то все эти 200 кг действуют на биток, пытаясь раскрутить его через плечо, равное смещению центра давления относительно центра битка, т.е. 10-12 мм, как в нашем случае. Если же кий изгибается, то в начале удара кием по шару часть энергии удара «закачивается» в потенциальную энергию согнутого кия, а затем кий «выстреливает», при этом сила упругости согнутого кия уже направлена практически

по касательной к шару. То есть, распрямляющийся кий пытается раскрутить шар через максимально возможное плечо, равное радиусу шара. Вот тут может возникнуть закономерный вопрос: а насколько велика добавка в угловую скорость от распрямляющегося кия, ведь в течение удара кий гнется на несколько миллиметров? Действительно, если попробовать руками загнуть кий на такую величину, держа его за турняк и за кончик шафта, то усилие изгиба составит десятки грамм. Это ни в какое сравнение не идет с теми 200 кг. Но тут нужно понимать, что при сгибании кия руками реализуется статическая нагрузка; при ударе же (динамическая нагрузка) кий будет гнуться совсем по-другому. Дело в том, что за очень короткое время удара (1-2 мс) нужно не просто изогнуть кий, а переместить массу кия, придать ей скорость. Поскольку время удара очень мало, то даже при незначительном перемещении всей массы кия возникают достаточно большие ускорения, т.е. нужны большие усилия, чтобы преодолеть инерцию кия. Природа так устроена, что все идет по пути наименьшего сопротивления, т.е. при реальном ударе выгоднее гнуться не всему кию, а только небольшой его передней части (несколько сантиметров, которые весят, в лучшем случае, несколько десятков грамм). И вот при таком изгибе упругие силы уже на порядок (а то и на несколько) больше, чем если бы изгибался весь кий. Поскольку изогнутая часть кия весит относительно немного, то она и распрямится достаточно быстро, дополнительно раскручивая шар. Таким образом, получается, что в некоторых случаях выгодна поперечная деформация кия, а значит можно ее искусственно стимулировать. Один из способов «закачать» побольше энергии в деформацию изгиба – это переместить точку давления к внешнему краю наклейки, например, сделать (опрессовать) наклейку так, чтобы ее края были более жесткими чем середина. Еще один способ можно увидеть на снукерных киях некоторых топовых игроков: их наклейка имеет явно выраженную грибообразную форму, причем–иногда эта форма – рукотворная. Такая форма, так же, как и уплотнение краев наклейки, позволяет переместить точку давления подальше от оси кия, т.е. создать больший изгибающий момент в кончике шафта. Эту идею также успешно использует Виталий Архипов на своих киях. Кстати, наличие втулок, стаканов на кончике шафта в этом случае, думаю, не будут способствовать «правильному» изгибанию шафта.

В общем, как обычно, вышло так, что получаются взаимоисключающие вещи. Жесткая наклейка в центре – это хорошо, но и жесткая по краям – тоже может быть полезна при определенных условиях. Нужно искать компромисс для каждого конкретного кия.