

Рон Шепард

**Все, что Вы всегда хотели знать о сносе битка,
но не решались спросить**

Ron Shepard

**«Everything You Always Wanted To Know About Cue Ball Squirt,
But Were Afraid To Ask»**

2001

Перевод: Сергей Тихонов; декабрь, 2012 г.

Дата внесения последних изменений: 22 ноября 2016 г.

Формулировка проблемы

После нецентрального удара, нанесенного кием по битку, шар движется не параллельно продольной оси кия в момент контакта наклейки и битка. (Нецентральными являются удары, при которых вертикальная плоскость, проходящая через ось кия, смещена относительно центра битка. Прим. пер.). Такое отклонение битка называют **сносом**. Термин «снос» (по-английски – *squirt*; прим. пер.) впервые был введен Робертом Бёрном (*Robert Byrne*) в книге «*Advanced Technique In Pool And Billiards*», Harvest, San Diego, 1990. Иногда вместо него используют названия «отклонение битка» или «отброс» (*cue ball deflection*; *cue ball push*). К настоящему моменту было высказано немало предположений относительно причин возникновения сноса, влияния на него хвата кия и техники удара, а также характеристик бильярдного оборудования. Многие из этих толкований недостаточно полны, некоторые несколько неточны, а в ряде случаев – вообще ошибочны.

Простое объяснение

Приведем простое объяснение причин возникновения сноса. После нецентрального удара биток приобретает два вида движения: поступательное перемещение и вращение относительно вертикальной оси (*боковое вращение*; прим. пер.). При нормальном ударе наклейка кия не проскальзывает относительно поверхности шара и находится с ним в соприкосновении в течение очень малого отрезка времени (примерно 0,001 секунды). Пока кий и шар контактируют, биток немного продвигается относительно своего начального местоположения. В это же время, сцепленные между собой биток и наклейка поворачиваются вокруг центра шара. Так как импульс силы (*количество движения*; прим. пер.) при этом сохраняется, перемещения битка и наклейки должны происходить в противоположных направлениях (*имеется в виду то, что если наклейка смещается, например, направо относительно продольной оси кия, то биток отклоняется налево*; прим. пер.). Скорость перемещения шара и наклейки зависит от отношения их масс. Если шар гораздо массивней наклейки, то его движение значительно медленней по отношению к перемещению наклейки. И наоборот, если

масса наклейки превалирует по отношению к массе шара, биток будет смещаться с большей скоростью, чем наклейка. Угол сноса битка (*точнее говоря, тангенс этого угла; прим. пер.*) определяется отношением компоненты его скорости, направленной в сторону смещения, к компоненте поступательной скорости, направленной вперед параллельно продольной оси кия.

Важность проблемы

Почему важно понимать – что такое снос и от чего зависит его величина? Чтобы соударение битка с прицельным шаром произошло в требуемой точке, игрок, прежде всего, должен «увидеть» номинальную прямолинейную траекторию битка. Если удар по битку наносится с боковым смещением наклейки от центра шара, то предстоит учесть предстоящее искривление траектории за счет проявления эффекта «массé». (*Здесь и далее Рон Шепард пользуется термином «массé», чтобы указать на непрямолинейный вид траектории битка после наклонного нецентрального удара. Такое искривление, именуемое по-английски swerve, не имеет никакого отношения к сносу. Этот эффект уже давно и довольно подробно раскрыт в бильярдной теории. Еще в 1835 году Г.Кориолис привел его толкование в своей известной [книге](#) по математике бильярдной игры. В российском бильярде понятие «массé» обычно применяют лишь к существенно наклонным ударам. Прим. пер.*). В случае, когда при соприкосновении с битком продольная ось кия параллельна поверхности стола (*при горизонтальном ударе; прим. пер.*), такого эффекта нет. Но на практике некоторая наклонность кия обязательно проявляется. Поэтому, при нецентральных ударах эффект «массé» в той или иной мере имеет место, и его последствия необходимо учитывать. Но это – самостоятельная проблема, требующая отдельного обсуждения. В реальной игре, независимо от горизонтальности расположения кия, при нецентральных ударах проявляет себя и снос, что еще больше осложняет «жизнь» игроку. Ему приходится оценивать величину отклонения битка от оси кия и заботиться о компенсации этого отклонения. Причем, учитывать величину сноса приходится независимо от того, как это делает игрок – с помощью осознанного пошагового расчета или нанося удар по наитию. Если при компенсации сноса будут допущены ошибки, то биток после отделения от кия будет перемещаться в неверном направлении. А это значит, что цель, поставленная перед ударом, в таком случае не будет достигнута.

Если каждому кию присущ снос, который игроку приходится учитывать, то следует задаться вопросом – а как на величину сноса влияет используемое бильярдное оборудование? Ответить на него будет проще, если понять – насколько точно нужно выполнить типичный удар, чтобы он стал результативным. Когда прицельный шар располагается недалеко от атакуемой лузы, успешное завершение удара возможно после попадания битком в довольно-таки большую область возможных точек соударения. Точка контакта, обеспечивающая попадание прицельного шара внутрь лузы от ее правой губы, может быть удалена на десять миллиметров от точки, после соударения с которой шар направится в лузу, соприкоснувшись с левой губой. Все точки, лежащие внутри указанного интервала, также обеспечат успех удара. Когда же прицельный шар перед ударом находится далеко от лузы, его попадание в лузный створ возможно лишь после весьма точного соударения с битком. Если прицельный шар располагается вблизи центра стола, расстояние между точками соударения, обеспечивающими попадание в лузу от

левой и правой губ, может не превышать одного миллиметра. Указанные значения отклонений – не что иное, как примеры типичных величин. Точные же величины зависят от размеров стола, ширины лузного створа, угла входа шара в лузу (что особенно важно для центральной лузы) и размера бильярдных шаров (шары для Снукера требуют еще большей точности попадания, чем более крупные шары для Пула).

Обратимся к упомянутой выше игровой позиции, в которой прицельный шар располагается посередине стола. Если бы сноса не было, то для успешного окончания удара игроку требовалось бы попасть битком в область на прицельном шаре шириной примерно один миллиметр. Независимо от того, какой при этом наносится удар – центральный или нецентральный – необходимо обеспечить определенную точность прицеливания и выполнения самого удара. Номинальная точка соударения находится посередине области возможного контакта шаров. Таким образом, при попадании в эту точку допускаются ошибки величиной 0,5 мм в каждую сторону (влево и вправо). Если для игры используется кий, вызывающий очень сильный снос битка, то для точного нецентрального удара игроку может потребоваться прицеливание в точку, отстоящую от желаемой точки соударения вплоть до 100 миллиметров. С учетом допустимых ошибок попадания, прицеливание должно производиться в одну из точек, удаленных от точки соударения на расстояние от 99.5 до 100.5 миллиметров. Иными словами, чтобы при этом удар мог оказаться успешным, оценка сноса должна быть произведена с точностью 1%. В случае же, когда такой же удар наносится кием, вызывающим небольшой снос битка, прицеливание можно будет производить в одну из точек в интервале от 9.5 до 10.5 миллиметров от номинальной точки соударения шаров. Используя такой кий, игрок может допустить точность оценки величины сноса вплоть до 10%. Конечно же, проще добиться десятипроцентной точности, играя кием с малым сносом, чем достичь точности в один процент при применении кия, вызывающего большие величины сноса битка. При фиксированной допустимой точности намного проще оценивать малые расстояния, чем большие. Таким образом, малые величины сноса битка гораздо предпочтительней для игрока, чем большие.

Если провести сравнение, то окажется, что у киев, предоставляемых для игры посетителям бильярдных клубов, величины сноса битка в 4÷5 раз больше, чем у качественных персональных киев (величина же превышения в 10 раз указывалась выше для примера). Но только на этом основании нельзя утверждать, что один игрок с помощью кия, обеспечивающего меньший снос, будет добиваться лучшей точности, чем другой игрок, использующий кий с большими показателями сноса – иначе можно уподобиться человеку, сравнивающему яблоки с апельсинами. Можно лишь быть уверенным в том, что один и тот же игрок, независимо от того, насколько хорошо он умеет оценивать предстоящий снос шара, будет достигать лучшей точности ударов, если в его руках окажется кий, дающий меньшие величины сноса. Даже уменьшение сноса на 10÷20% очень существенно в реальной игре, не говоря уже об уменьшении в 4÷5 раз по сравнению с «общими» киями.

Подробная физика

Так как меньший снос для игрока предпочтительней, то что же нужно делать, чтобы его уменьшить? Самый очевидный ответ – когда это возможно, следует избегать придания битку бокового вращения или наносить удары с минимальным

боковым смещением наклейки относительно центра шара. Но иногда боковое вращение просто необходимо для успеха удара. Что при этом влияет на снос? Как изменяется его величина при увеличении отклонения наклейки от центра битка? Можно ли за счет техники удара влиять на снос? Сильнее ли проявляется снос при сильных ударах, чем при слабых? Что в этой связи можно сказать относительно применяемого кистевого упора (открытый или закрытый мост) и расстояния от него до битка? Как на снос влияют жесткость наклейки, ее диаметр, конусность shaft, масса кия и местоположение точки баланса? Насколько больше подвержены сносу шары для Снукера по сравнению с более тяжелыми шарами для Пула и еще более массивными карамбольными шарами? Для того чтобы попытаться ответить на некоторые из этих вопросов, рассмотрим то, что происходит во время контакта наклейки с битком при нецентральной ударе.

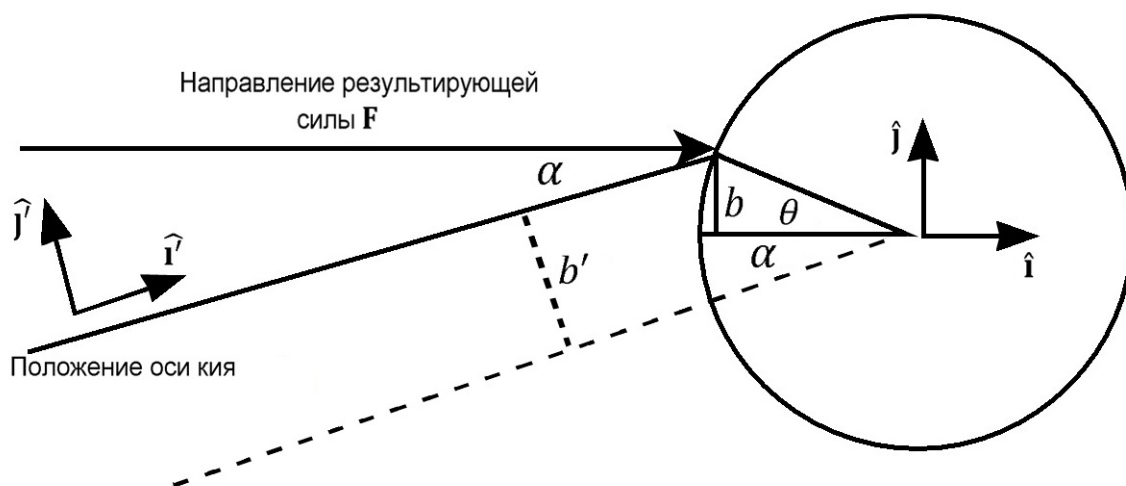


Рис.1. На виде сверху схематически показаны положение продольной оси кия и направление действия результирующей силы. Для того чтобы все было отчетливо видно, угол сноса α значительно увеличен.

На рисунке 1 схематически показан момент контакта кия с битком при взгляде сверху. Наклейка смещена относительно центра шара влево. Для того чтобы все было видно отчетливо, угол сноса α искусственно увеличен; как будет показано ниже, реальные углы сноса значительно меньше по величине. Результирующая сила \mathbf{F} , действующая на биток, направлена параллельно оси x . Во время контакта величина этой силы изменяется: до удара она равна нулю, после чего возрастает до своего максимального значения, а затем снова убывает до нуля, когда биток отделяется от наклейки. Сила \mathbf{F} приложена в точке контакта кия с битком, удаленной от центра шара по направлению оси y на расстояние $b = R \sin \theta$; здесь R – радиус шара. Она производит на биток двоякое действие. Во-первых, в любой момент t периода контакта Δ сила \mathbf{F} ускоряет шар согласно уравнению

$$\mathbf{F}(t) = M_b \dot{\mathbf{V}}_b ,$$

где M_b – масса битка; \mathbf{V}_b – вектор его поступательной скорости. А во-вторых, сила \mathbf{F} ускоряет угловое движение битка вокруг вертикальной оси согласно уравнению

$$I \dot{\boldsymbol{\omega}} = \mathbf{r} \times \mathbf{F}(t);$$

Здесь I – момент инерции шара; $\boldsymbol{\omega}$ – вектор угловой скорости; \mathbf{r} – радиус-вектор, направленный из центра битка в точку контакта шара с наклейкой кия; \times – символ векторного произведения. Величины I и \mathbf{r} можно выразить следующим образом:

$$I = \frac{2}{5} M_b R^2,$$

$$\mathbf{r} = -R \cos \theta \hat{\mathbf{i}} + R \sin \theta \hat{\mathbf{j}}.$$

Суммарный импульс силы, приобретаемый битком за время его контакта с наклейкой, определяется соотношением:

$$\int_0^{\Delta} \mathbf{F}(t) dt = M_b \mathbf{V}_b = M_b V_{b_x} \hat{\mathbf{i}},$$

где V_{b_x} – проекция поступательной скорости битка на ось x . Выразим угловую скорость, приобретаемую шаром за этот же период времени:

$$I \boldsymbol{\omega} = (-R \cos \theta \hat{\mathbf{i}} + R \sin \theta \hat{\mathbf{j}}) \times \int_0^{\Delta} \mathbf{F}(t) dt = R M_b V_{b_x} (-\cos \theta \hat{\mathbf{i}} + \sin \theta \hat{\mathbf{j}}) \times \hat{\mathbf{i}} =$$

$$= -R M_b V_{b_x} \sin \theta \hat{\mathbf{k}} = \omega_z \hat{\mathbf{k}}.$$

Обозначая через b/R боковое смещение (*выраженное в долях радиуса шара; прим. пер.*) наклейки относительно центра битка, из последнего соотношения получим:

$$R \boldsymbol{\omega} = -\frac{5}{2} (b/R) V_{b_x} \hat{\mathbf{k}}.$$

Из этого равенства видно, что угловая скорость приобретенного битком бокового вращения линейно зависит от относительного смещения наклейки (b/R), пропорциональна поступательной скорости V_{b_x} и не зависит от массы шара M_b . Произведением $R\boldsymbol{\omega}$ удобно пользоваться, так как оно выражает мгновенную линейную скорость точек шара, находящихся на его экваторе вращения вокруг вертикальной оси. Знак компоненты угловой скорости ω_z определяется правилом правой руки для векторного произведения. При положительном смещении наклейки относительно центра битка ($b > 0$) шар приобретает боковое вращение, направленное по часовой стрелке (при взгляде сверху, как это показано на рис. 1). При этом вектор $\boldsymbol{\omega}$ направлен из центра шара вертикально вниз, а его компонента ω_z отрицательна. Необходимо отметить, что боковое смещение наклейки обычно ограничено интервалом $-1/2 \leq (b/R) \leq 1/2$. Смещения, немного выходящие за рамки этого интервала, чреватые киксом, а еще большие смещения вообще приведут к тому, что кий не попадет по битку. Поэтому в таких случаях выше представленные соотношения неприменимы.

Примечательно, что последнее соотношение, связывающее угловую и поступательную скорость битка, никак не зависит от характера изменения силы $\mathbf{F}(t)$

во время контакта. По-видимому, длительность соприкосновения Δ при ударе более твердой наклейкой будет меньше длительности, соответствующей применению мягкой наклейки. Но при этом величина силы \mathbf{F} во время меньшего по времени контакта будет большей, в результате чего значение интеграла, определяющего импульс, будет таким же, как и для удара мягкой наклейкой (этот импульс входит как в выражение для поступательной скорости, так и для угловой). На этом основании можно считать несостоятельными попытки влиять на достигаемое отношение «вращение/скорость» за счет изменения техники удара (например, производя удар с напряженным или расслабленным лучезапястным суставом; нанося кистевые удары «щелчком» и пр.). За счет применения измененной техники можно достигать других скоростей шара, улучшать или ухудшать контроль перемещения и конечного положения шара, но в любом случае угловая и поступательная и скорости будут изменяться одинаково, а их отношение при фиксированном отклонении наклейки от центра битка будет оставаться постоянным.

В течение малого отрезка времени Δ наклейка и биток находятся в безотрывном контакте. В силу этого, точка соударения, расположенная на поверхности шара, и наклейка кия при соприкосновении приобретают одинаковую скорость. Определим мгновенную скорость контактирующей точки шара за счет вращения относительно его центра масс:

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r} &= \left(-\frac{5}{2} (b/R) V_{b_x} \hat{\mathbf{k}} \right) \times \left(-\cos \theta \hat{\mathbf{i}} + \sin \theta \hat{\mathbf{j}} \right) = \\ &= \frac{5}{2} (b/R)^2 V_{b_x} \hat{\mathbf{i}} + \frac{5}{2} (b/R) V_{b_x} \sqrt{1 - (b/R)^2} \hat{\mathbf{j}}.\end{aligned}$$

Заметим, что компонента поступательной скорости, направленная по оси x , всегда положительна, а знак компоненты по оси y зависит от того, положительно ли смещение наклейки относительно центра битка (случай левого бокового вращения, изображённый на рисунке 1) или отрицательно (случай правого бокового вращения). Общая скорость точки контакта \mathbf{V}_{cp} представляет собой векторную сумму представленной выше тангенциальной вращательной скорости и поступательной скорости битка:

$$\mathbf{V}_{cp} = \mathbf{V}_b + \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r} = \left(1 + \frac{5}{2} (b/R)^2 \right) V_{b_x} \hat{\mathbf{i}} + \frac{5}{2} (b/R) V_{b_x} \sqrt{1 - (b/R)^2} \hat{\mathbf{j}} = V_{cp_x} \hat{\mathbf{i}} + V_{cp_y} \hat{\mathbf{j}}.$$

Общее количество движения кия и битка в течение их контакта сохраняется. (Под количеством движения системы понимается векторная сумма произведений масс частей, составляющих систему, на их линейные скорости. Прим. пер.). Поэтому величина начального количества движения, создаваемого кием и направленное по оси x' (см. рисунок 1), должна равняться конечной величине суммарного количества движения кия и шара. В частности, компонента начального количества движения вдоль оси y' равна нулю, а поэтому нулевой должна быть и аналогичная компонента конечного количества движения. Это равенство можно выразить в виде следующего соотношения:

$$0 = M_{tip} V_{tip_{y'}} + M_b V_{b_{y'}}.$$

Здесь $V_{tip_{y'}}$ и $V_{b_{y'}}$ – проекции скорости наклейки и скорости битка на ось y' , соответственно. По сути, величина M_{tip} представляет собой массу, но это – не общая масса кия (как и не масса наклейки; хотя автор и использует в качестве подстрочного индекса слово «tip», чаще всего переводимое как «наклейка»; прим. пер.). Скорее, она является мерой инерционного сопротивления боковому смещению наклейки (и передней части shaft! прим. пер.), происходящему в период безотрывного контакта за счет поворота шара вокруг вертикальной оси. Величину M_{tip} часто называют **«приведенной массой shaft»** или просто **«приведенной массой»**. (Автор именуем M_{tip} словом «endmass», поэтому некоторые русскоговорящие любители бильярда без перевода пользуются несколько загадочным названием «эндмасс». Известный американский популяризатор игры в Пул Дэвид Элciato (David G. Alciato – «Dr. Dave») в одной из своих статей дает свою расшифровку слова «endmass» – «shaft end effective mass», что можно перевести как «эффективная масса кончика shaft». Прим. пер.). Связь между единичными векторами, направленными по осям систем координат (x, y) и (x', y') , зависит от угла сноса α и определяется соотношениями:

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{i}} &= \cos \alpha \hat{\mathbf{i}}' - \sin \alpha \hat{\mathbf{j}}', \\ \hat{\mathbf{j}} &= \sin \alpha \hat{\mathbf{i}}' + \cos \alpha \hat{\mathbf{j}}' .\end{aligned}$$

Используя эти равенства, выразим скорость наклейки, совпадающую со скоростью точки контакта, и скорость битка в координатах (x', y') :

$$\begin{aligned}\mathbf{V}_{tip} &= \mathbf{V}_{cp} = V_{cp_x} (\cos \alpha \hat{\mathbf{i}}' - \sin \alpha \hat{\mathbf{j}}') + V_{cp_y} (\sin \alpha \hat{\mathbf{i}}' + \cos \alpha \hat{\mathbf{j}}') = \\ &= (V_{cp_x} \cos \alpha + V_{cp_y} \sin \alpha) \hat{\mathbf{i}}' + (V_{cp_y} \cos \alpha - V_{cp_x} \sin \alpha) \hat{\mathbf{j}}' , \\ \mathbf{V}_b &= V_{b_x} \cos \alpha \hat{\mathbf{i}}' - V_{b_x} \sin \alpha \hat{\mathbf{j}}' .\end{aligned}$$

Отсюда видно, что $V_{tip_{y'}} = V_{cp_y} \cos \alpha - V_{cp_x} \sin \alpha$ и $V_{b_{y'}} = -V_{b_x} \sin \alpha$. Подставляя эти связи в ранее представленное соотношение $0 = M_{tip} V_{tip_{y'}} + M_b V_{b_{y'}}$, получим: $0 = M_{tip} (V_{cp_y} \cos \alpha - V_{cp_x} \sin \alpha) - M_b V_{b_x} \sin \alpha$. Отсюда выразим тангенс угла сноса:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{M_{tip} V_{cp_y}}{M_b V_{b_x} + M_{tip} V_{cp_x}} = \frac{\frac{5}{2}(b/R) \sqrt{1-(b/R)^2}}{1 + (M_b/M_{tip}) + \frac{5}{2}(b/R)^2} .$$

Из этого соотношения ясно видно, что для величины сноса несущественны масса шара и приведенная масса, рассматриваемые в качестве отдельных характеристик, а важно лишь их **отношение**. (Позволю себе здесь не вполне согласиться с автором. Действительно, из последнего соотношения следует, что величина

сноса зависит именно от отношения M_b/M_{tip} . Понятно, что своей фразой Рон Шепард подводит читателя к тому, что в дальнейшем он будет оперировать именно отношением масс. Но отсюда совсем не вытекает, что по отдельности эти массы не влияют на снос. Чтобы подтвердить сказанное, рассмотрим пару примеров. Допустим, кто-то в бильярдной «открыл» стол и получил комплект шаров. Для игры он может выбрать один из нескольких «общих» киев, каждый из которых имеет свою величину приведенной массы. Естественно, и сносы, соответствующие этим киям, для конкретного комплекта шаров будут различными. В качестве второго примера рассмотрим участие игрока, обладающего персональным кием, в соревнованиях. В ходе турнира ему приходится играть на разных столах, а значит – разными шарами. Нередко бывает так, что шары из разных комплектов имеют некоторые отличия по массе. Соответственно, при игре разными комплектами шаров будет отличаться и снос, хотя кий при этом используется один и тот же. Прим. пер.). В предельном случае, когда отношение M_b/M_{tip} стремится к бесконечности, $tg \alpha$ (и, соответственно, угол сноса α ; прим. пер.) стремится к нулю независимо от величины относительного смещения наклейки b/R . Иными словами, если в игре используются крайне массивные шары или приведенная масса шафта очень мала, сноса нет при любом боковом смещении наклейки. Другой предельный случай, когда отношение M_b/M_{tip} стремится к нулю, тоже интересен. Такое возможно, когда приведенная масса очень значительна, либо шары очень легки. При этом снос является гладкой функцией бокового смещения наклейки.

В таблице 1 приведены величины углов сноса битка α , рассчитанные при боковом смещении наклейки $b/R = 3/8$ для различных значений отношения масс M_b/M_{tip} .

M_b/M_{tip}	$tg \alpha$	α	D – удаление точки эквивалентного поворота кия
∞	0	0°	∞
200	0.0043	0.25°	97.66"
100	0.0086	0.49°	49.11"
75	0.011	0.65°	36.98"
50	0.017	0.97°	24.85"
40	0.021	1.2°	20.00"
30	0.028	1.59°	15.14"
20	0.041	2.33°	10.28"
10	0.077	4.38°	5.43"
0	0.643	32.7°	0.57"

Таблица 1. Представлены величины углов сноса в зависимости от отношения масс M_b/M_{tip} . Расчеты проведены для бокового смещения наклейки $b/R = 3/8$, а удаление точки эквивалентного поворота кия D определено для пуловских шаров, имеющих радиус $R = 9/8$ ".

На рисунке 2 изображены зависимости тангенса угла сноса α от смещения наклейки b/R , построенные для значений отношения масс M_b/M_{tip} , равных 20, 30, 50, 100 и покрывающих типичный интервал величин, характерных для реальных киев. Несмотря на то, что графики построены для всех теоретически возможных положительных значений $0 \leq b/R \leq 1$, наиболее реальны в игре величины $|b/R| \leq 0.5$, при которых маловероятен кикс. Нетрудно видеть, что на этом интервале угол сноса представляет собой практически линейную функцию смещения b/R для всех рассмотренных величин отношения M_b/M_{tip} , и только при больших смещениях проявляется чувствительная нелинейность.

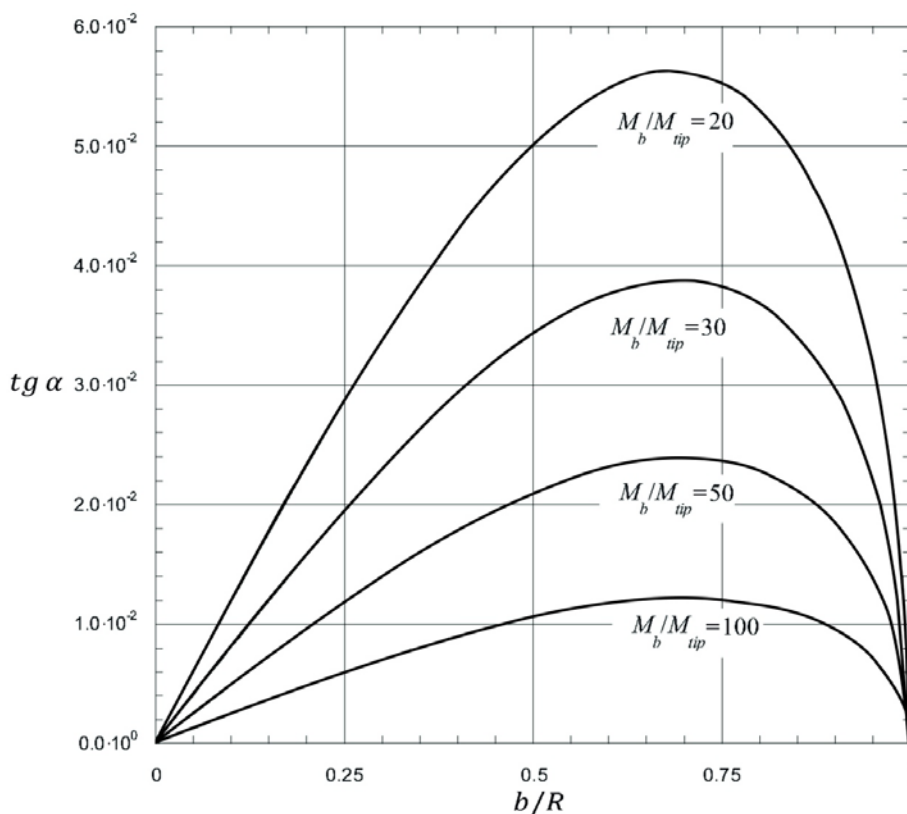


Рис.2. Зависимости тангенса угла сноса α от смещения наклейки b/R , построенные для некоторых значений отношения масс M_b/M_{tip} .

Представленные выше рассуждения привели к относительно простому выражению для угла сноса α , но все же имеются две скрытые сложности. Одна из них состоит в том, что снос зависит от смещения наклейки b (или, что то же самое, от смещения направления результирующей силы), определяемому по оси y , а не от действительного смещения b' , видимого игроку. Связь между смещениями b и b' можно найти из соотношений:

$$b/R = \sin \theta,$$

$$b'/R = \sin(\theta + \alpha) = \sin \theta \cos \alpha + \cos \theta \sin \alpha.$$

По рисунку 1 видно, что $\theta + \alpha < 90^\circ$, откуда следует $b \leq b'$. При малых углах сноса, присущих реальным киям для Пула, справедливо приближенное равенство $b \approx b'$. В силу этого, для практических целей незначительное различие между b и b' не столь существенно. Малое отличие между видимым смещением b' и несколько меньшим эффективным смещением наклейки b означает также, что кии, обеспечивающие малые величины сноса, придают битку чуть большие величины углового вращения и поступательной скорости, чем кии с большим сносом. На эту особенность можно посмотреть и с несколько иной стороны. Кий с большим сносом теряет больше энергии при контакте с битком за счет того, что кий и шар расходятся под большим углом, чем при ударе кием, обеспечивающим меньший снос. *(Наверно, лучше было бы сказать, что кий с большим сносом передает битку меньше энергии. Прим. пер.)*. Однако, указанное превышение скоростей, обеспечиваемых кием, дающим малый снос, настолько незначительно, что большинство игроков вряд ли сможет его почувствовать. Наверно, без специального оборудования или измерительных приборов это подвластно лишь самым продвинутым мастерам бильярда.

Вторая скрытая сложность заключена в том, что не в полной мере понятна сущность приведенной массы. Выше указывалось, что эта величина отражает инерционное сопротивление боковой силе, действующей на наклейку при ее контакте с битком. Представим себе два гипотетических кия, обладающих экстремальными величинами приведенной массы. Пусть у первого из них практически вся масса сосредоточена в районе наклейки. Следствием этого будет совпадение приведенной массы с массой кия. Во втором случае вообразим, что имеем дело с чрезвычайно длинным кием, масса которого в основном размещена в районе окончания турняка, то есть максимально далеко от наклейки. При этом приведенная масса окажется уже крайне малой по величине. Величины же приведенной массы реальных киев будет располагаться где-то между рассмотренными экстремальными значениями.

Аппроксимация кия в виде жесткого тела

Для того чтобы найти оценку величины приведенной массы M_{tip} , примем следующие упрощения: 1) будем рассматривать кий в качестве жесткого тела; 2) ввиду малой длительности контакта кия и шара, будем пренебрегать эффектами взаимодействия кия с кистью опорной руки, образующей упор (мост), и кистью ударной руки, удерживающей кий. На самом же деле, реальные кии не являются жесткими; при нанесении ударов, придающих битку боковое вращение, можно почувствовать вибрации кия, а иногда даже увидеть их. Отказ от учета взаимодействия кисти хвата и кия иногда называют аппроксимацией «ненатянутой кожи». Основное соображение для принятия такого упрощения состоит в следующем: наклейка контактирует с шаром в течение очень малого отрезка времени; при этом кожа и мягкие ткани кисти ударной руки не успевают сжаться настолько, чтобы через кий передать дополнительное усилие битку. Принятые упрощения позволяют получить оценку влияния длины кия L , его момента инерции I_S и расположения точки баланса на снос битка.

В то время как при соударении на биток действует сила, направленная вбок от оси кия, точно такая же по величине, но противоположно направленная сила действует на наклейку *(согласно третьему закону Ньютона; прим. пер.)*.

Боковой импульс силы, приложенный к шару, противоположен по направлению импульсу силы, связанному с кием. Эта боковая сила $F_{y'}$ ускоряет центр масс кия до скорости $V_{s_{y'}}$:

$$M_s V_{s_{y'}} = \int_0^A F_{y'}(t) dt ,$$

где M_s – масса кия. Наклейка приобретает также угловую скорость ω_s относительно центра масс кия, расположенного в точке баланса на расстоянии B от тыльного конца кия (*окончания турняка; прим. пер.*):

$$I_s \omega_s = (L - B) \int_0^A F_{y'}(t) dt = (L - B) M_s V_{s_{y'}} .$$

Момент инерции кия удобно представить в виде:

$$I_s = k_s^2 M_s ,$$

где величина k_s , определяемая соотношением $k_s^2 = I_s/M_s$, называется радиусом инерции. Физический смысл величины k_s таков: если всю массу кия расположить в точке, удаленной на расстояние k_s от точки баланса, то баланс кия и его момент инерции не изменятся. Ясно, что имеют место ограничения: $0 \leq B \leq L$, $0 \leq k_s \leq L$, $0 \leq I_s \leq M_s L^2$.

Выразим мгновенную линейную скорость наклейки при ее вращении вокруг центра масс кия:

$$(L - B) \omega_s = \frac{(L - B)^2 M_s V_{s_{y'}}}{I_s} = \frac{(L - B)^2 V_{s_{y'}}}{k_s^2} .$$

Скорость наклейки возрастает, если точку баланса отодвинуть от переднего конца кия (при этом разность $L - B$ увеличивается). Это вполне согласуется с интуитивным пониманием того, что для уменьшения сноса следует смещать центр масс кия к его тыльному концу.

Общая боковая скорость наклейки является суммой боковой скорости центра масс кия и мгновенной скорости, вызванной вращением наклейки при контакте с битком:

$$V_{tip_{y'}} = V_{s_{y'}} + (L - B) \omega_s .$$

Величина приведенной массы определяется из соотношения $M_{tip} V_{tip_{y'}} = M_s V_{s_{y'}}$. Значение $M_s V_{s_{y'}}$ представляет собой импульс кия, а $M_{tip} V_{tip_{y'}}$ является эквивалентным импульсом, который сообщала бы наклейка, если в ней была бы

точно сосредоточена масса M_{tip} . Следовательно, можно получить следующее соотношение:

$$\frac{M_s}{M_{tip}} = \frac{V_{tip} y'}{V_{s y'}} = \frac{V_{s y'} + \frac{(L-B)^2 V_{s y'}}{k_s^2}}{V_{s y'}} = 1 + \frac{(L-B)^2}{k_s^2}.$$

Отсюда видно, что $M_s/M_{tip} \geq 1$ при любых возможных величинах удаления точки баланса B , длины кия L и радиуса инерции k_s . Пределы отношения M_s/M_{tip} при стремлении величины B к своим крайним значениям таковы:

$$\begin{aligned} \lim_{B \rightarrow L} (M_s/M_{tip}) &= 1, \\ \lim_{B \rightarrow 0} (M_s/M_{tip}) &= 1 + \frac{L^2}{k_s^2} \geq 2. \end{aligned}$$

Такие же пределы при стремлении величины k_s к L и к нулю равны:

$$\begin{aligned} \lim_{k_s \rightarrow L} (M_s/M_{tip}) &= 1 + \frac{(L-B)^2}{L^2} \leq 2, \\ \lim_{k_s \rightarrow 0} (M_s/M_{tip}) &= \infty. \end{aligned}$$

Чтобы минимизировать снос, нужно добиваться максимума отношения M_s/M_{tip} . Таким образом, согласно модели, аппроксимирующей кий твердым телом, для уменьшения сноса следует уменьшать момент инерции кия I_s или эквивалентный ему параметр k_s – радиус инерции, а положение точки баланса, меньше влияющее на предельные значения отношения масс, нужно смещать как можно ближе к торцу кия. В Пуле масса шара равна 6 унциям, а масса типичного кия составляет от 18 до 20 унций, поэтому отношение $\frac{M_b}{M_{tip}} = \frac{M_b}{M_s} \frac{M_s}{M_{tip}}$, определяющее величину сноса, будет примерно в три раза меньше, чем отношение M_s/M_{tip} , которым мы оперировали выше.

Измерения сноса

Величину приведенной массы для конкретного кия можно определить экспериментальным путем. Один из возможных подходов таков: следует зафиксировать боковое смещение наклейки при ударе, измерить угол сноса α , а затем вычислить приведенную массу с помощью зависимости

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\frac{5}{2}(b/R) \sqrt{1-(b/R)^2}}{1+(M_b/M_{tip})+\frac{5}{2}(b/R)^2},$$

представленной выше. Но получить приемлемые результаты с помощью такого прямого эксперимента будет весьма непросто, и тому есть несколько причин. Во-первых, при нанесении удара затруднительно увидеть реальное смещение наклейки. Действительное смещение зависит не только от смещения продольной оси shaft, видимого игроку, но и от кривизны наклейки. При фиксированном смещении shaft плоская наклейка имеет меньшее действительное смещение, чем закругленная наклейка. Во-вторых, ввиду того, что после удара биток приобретает большую скорость, непосредственно после отделения шара от наклейки трудно увидеть и измерить реальный угол сноса. Вместо этого, можно измерить отклонение битка от продольного направления, задаваемого осью кия в момент удара, на некотором расстоянии от начального местоположения – например, можно зафиксировать место соударения шара с удаленным бортом. На больших дистанциях можно было бы ожидать лучшей точности измерений. Однако, при этом «чистота» эксперимента нарушается – в силу неотъемлемой наклонности удара, траектория битка искривляется за счет проявления эффекта «massé». Наконец, при проведении такого эксперимента всегда будут присутствовать некоторые ошибки, связанные с несовершенством техники наносимого удара. Указанные проблемы можно решить, используя специальное оборудование – зажимные приспособления и высокоскоростную видеотехнику.

Для определения характеристик сноса, присущих киям, Боб Джуитт предложил проводить альтернативный эксперимент, опирающийся на подход, названный «цель и поворот» (*Bob Jewett, «Collective Wisdom», Billiards Digest, June, 1997*). При этом прицельный шар устанавливается на расстоянии, составляющем приблизительно 12 дюймов от битка (примерно на такое расстояние удалены соседние «бриллианты» на девятифутовом столе для Пула). Не обязательно точно соблюдать указанное расстояние, важно лишь, чтобы оно не было большим – иначе на результатах эксперимента будет сказываться постороннее влияние отклонения траектории битка за счет наклонности кия при ударе. Игрок направляет продольную ось кия так, чтобы нанести центральный удар по битку и попасть «в лоб» (без резки) по прицельному шару. Выбирается некоторая пробная точка поворота кия, в которой располагается место соприкосновения кия с кистевым упором. Задняя часть кия (турняк) сдвигается в сторону, благодаря чему продольная ось поворачивается, а наклейка смещается относительно центра битка. Нужно достичь ее смещения, примерно равного $b/R = 3/8$, и подготовиться к нанесению удара по линии, на которую окончательно повернут кий. Чтобы уменьшить влияние сдвига шара, обусловленного наклоном кия к плоскости стола, удар нужно наносить достаточно сильно – после удара прицельный шар должен пройти как минимум две длины стола. Если пробная точка поворота кия находилась очень близко к битку, то угол поворота α' будет больше угла сноса α . При этом биток попадет прицельному шару не «в лоб», а точка соударения будет смещена относительно центра в ту же сторону, в какую была смещена наклейка при ударе по битку. Если точка поворота кия была выбрана слишком далеко от битка, то угол поворота α' будет меньше угла сноса α . При этом точка соударения битка с прицельным шаром сместится в сторону, противоположную смещению наклейки при контакте с битком. Сдвигая пробную точку поворота вперед или назад, можно найти такое ее положение, при котором углы α' и α будут равны. После такого удара биток попадет по прицельному шару

без резки и остановится, вращаясь на месте. Найденная точка, сдвинутая от точки контакта шаров на удаление D , называется **точкой эквивалентного поворота кия**. Все три возможные ситуации изображены на рисунке 3. При проведении описанного эксперимента прицельный шар нужен лишь для того, чтобы увидеть – куда по нему попал биток: вправо, влево или точно в центр. Набор удалений точек эквивалентного поворота, соответствующих отношениям M_b/M_{tip} , представлен в таблице 1.

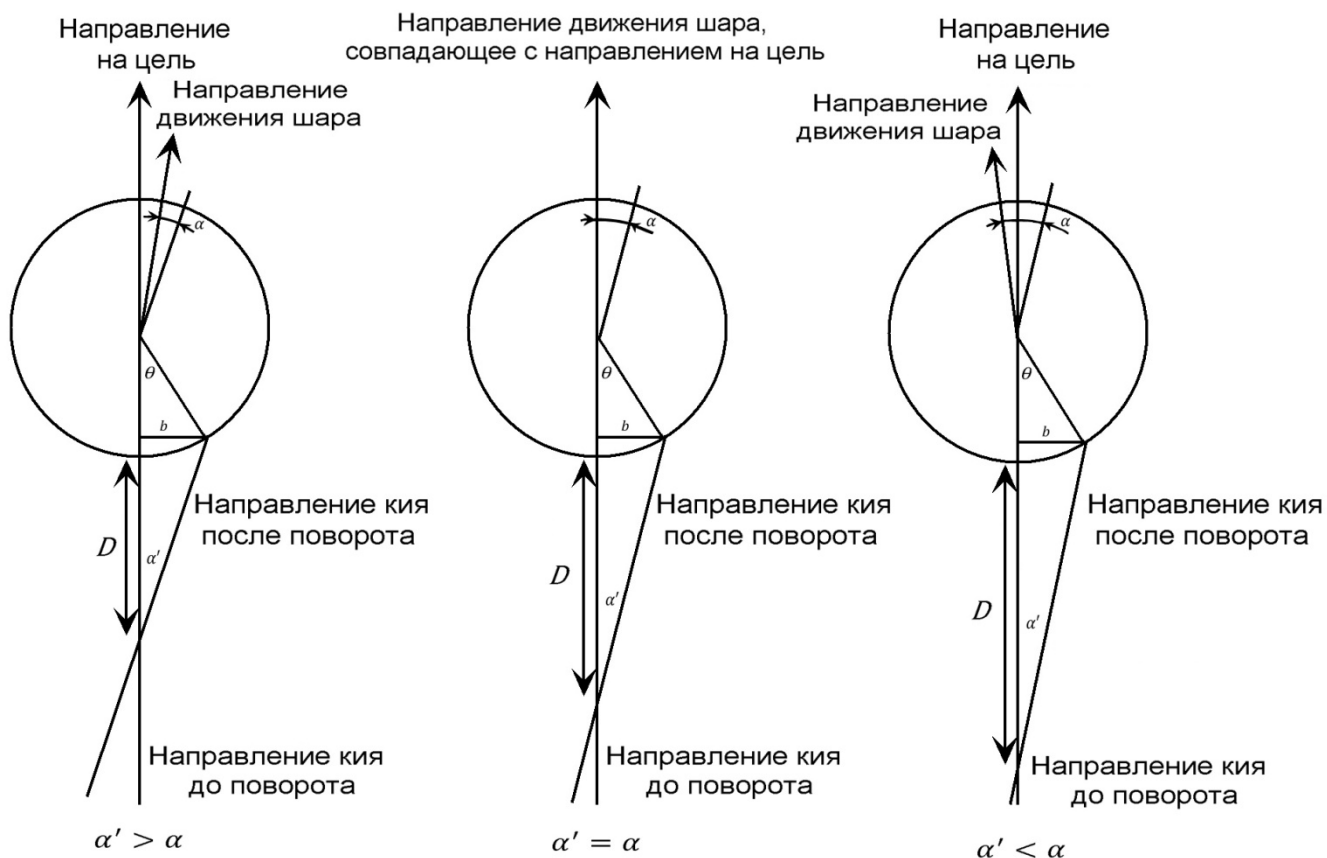


Рис.3. Для трех различных пробных точек поворота кия схематически показано применение подхода «цель и поворот». В левой части рисунка точка поворота расположена слишком близко к битку, в правой – слишком далеко, а в средней она соответствует точке эквивалентного поворота кия.

Удаление точки эквивалентного поворота кия, обеспечивающего большие величины сноса, может составлять $D = 10$ дюймов ($M_b/M_{tip} \approx 20$), у обычных киев величина D находится в пределах от 16 до 18 дюймов ($M_b/M_{tip} \approx 30$), для хороших киев удаление D равняется примерно 30 дюймам (что соответствует месту соединения составных киев, состоящих из двух частей; $M_b/M_{tip} \approx 50$), а кии с малым сносом имеют величины D в районе 40 дюймов или даже больше ($M_b/M_{tip} \approx 100$). При удалении кистевого упора от битка, превышающем 18 дюймов, трудно выполнять точные удары. Поэтому, чтобы в таких случаях получать приемлемые местоположения упора, выше приведенную процедуру необходимо модифицировать. Помимо этого, при проведении эксперимента рекомендуется

наносить удары как с правым смещением наклейки относительно центра битка, так и с левым. Это позволит избавиться от систематических ошибок, заложенных в устоявшуюся технику выполнения удара.

В преимуществе метода поворота кия для определения характеристик сноса по сравнению с методом, основанным на непосредственном измерении угла сноса, можно удостовериться, если проанализировать зависимость измеряемого удаления точки поворота от смещения наклейки b/R . Рассмотрим ситуацию, изображенную в центре рисунка 3. Для конкретного смещения b/R точная величина удаления точки поворота удовлетворяет условию равенства угла поворота кия α' и угла сноса α . После поворота угол α' определяется зависимостью:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{(b/R)}{D/R + 1 - \sqrt{1 - (b/R)^2}}.$$

Из равенства $\alpha' = \alpha$ следует $\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \alpha$, что позволяет получить уравнение для определения величины D/R :

$$\frac{(b/R)}{D/R + 1 - \sqrt{1 - (b/R)^2}} = \frac{\frac{5}{2}(b/R)\sqrt{1 - (b/R)^2}}{1 + (M_b/M_{tip}) + \frac{5}{2}(b/R)^2}.$$

Выразим отсюда D/R :

$$\frac{D}{R} = \frac{2M_b/M_{tip} + 7 - 5\sqrt{1 - (b/R)^2}}{5\sqrt{1 - (b/R)^2}} \approx \frac{2(1 + M_b/M_{tip})}{5} + \frac{(7 + 2M_b/M_{tip})}{10}(b/R)^2 + o((b/R)^4).$$

Можно проверить, что для встречающихся на практике смещений наклейки $0 \leq (b/R) \leq 1/2$ отношение D/R меняется незначительно. И только когда величина b/R приближается к единице, ее изменение чувствительно сказывается на значении D/R . Например, при $M_b/M_{tip} = 40$ для $b/R = 1/4$ удаление D равно 19 дюймам. Если при этом $b/R = 3/8$, то $D = 20.0"$, а для практически максимального значения $b/R = 1/2$ получим $D = 21.5"$. И даже когда отношение b/R стремится к своему предельному нулевому значению, величина D умеренно уменьшается до 16.4". Поэтому, с хорошей для аппроксимации точностью можно считать, что при $1/4 \leq (b/R) \leq 1/2$ удаление точки поворота кия практически не зависит от смещения наклейки. Это позволяет значительно снизить влияние несовершенства наносимых ударов при измерении сноса. В силу сказанного, метод «цель и поворот» представляет собой способ достоверного измерения и уточнения величин сноса для конкретного кия. Ввиду того, что отношение M_b/M_{tip} находится в числителе

выражения, определяющего D/R , вариации удаления точки поворота при изменении b/R несколько меньше для киев с малыми сносами, чем с большими.

Заметим, что при заданных величинах M_b/M_{tip} и b/R значение удаления точки поворота кия D зависит от радиуса бильярдного шара R , ведь последнее соотношение определяет относительное удаление, исчисляемое в долях радиуса шара. А это значит, что конкретному кию будет соответствовать меньшее значение D , если игра ведется меньшими по размеру шарами для Снукера, и большее значение D при игре шарами для Карамболя. Конечно же, при замене шаров прочие характеристики не остаются прежними. В частности, при увеличении радиуса возрастает масса шара M_b , а это в свою очередь способствует тому, что для снукерных шаров удаление D будет меньше, а для карамбольных – больше.

Варьирование смещения наклейки от центра битка приводит к изменениям величины его сноса. Как же получается так, что удаление точки эквивалентного поворота кия почти не зависит от вариаций смещения? Это является следствием компенсирования ошибок. Когда кий поворачивается относительно «правильной» точки, угол его поворота влияет на конкретное смещение наклейки, определяющее угол сноса, практически равный углу поворота кия. В результате, после контакта с наклейкой биток перемещается в намеченном направлении. Если угол поворота кия увеличивается на малую величину, то на малую величину увеличивается и смещение наклейки, что влечет за собой увеличение угла сноса. В итоге, увеличение угла сноса компенсирует увеличенный угол поворот кия, а биток движется по требуемой траектории.

Удары, наносимые по принципу «цель и поворот», могут применяться не только для проведения экспериментов при измерении сноса, присущего конкретному кию, но и в игровой практике. Иногда их называют **ударами, придающими винт за счёт задней руки** (*Backhand english. Под названием «задняя рука» подразумевается игровая рука, удерживающая кий и располагающаяся сзади «передней руки», образующей мост. Прим. пер.*). При подготовке к подобному удару игрок сначала выставляет кий так, как будто он не собирается придавать битку бокового вращения. Затем, держа кий ударной рукой за турняк, он поворачивает его в сторону, благодаря чему продольная ось кия вращается относительно моста, сформированного опорной рукой, и занимает новое положение по отношению к центру битка. Если расстояние от моста до битка примерно равно удалению точки эквивалентного поворота, то после нанесенного удара шар будет перемещаться по намеченной линии. Ударам с приданием винта за счёт задней руки иногда обучают новичков, когда они впервые знакомятся с боковым вращением. К сожалению, при этом обучающимся обычно ничего не сообщается о явлении сноса. В результате, начинающий остается без понимания того, как техника выполнения обратного английского удара работает, и что, может быть, более важно – почему она применима для одних киев и дает сбои для других. Действительно, для киев с малым сносом лучше применять технику не обратного, а прямого английского удара. При этом более эффективным становится боковой сдвиг места постановки моста без поворота заднего конца кия, так как точка эквивалентного поворота располагается в районе хвата кия ударной рукой.

Коническая модель жесткого кия

Рассмотрим гипотетическую модель кия для Пула в виде усеченного конуса, изготовленного из дерева и имеющего одинаковое распределение плотности по объему. Используя такую модель, можно найти оценки момента инерции и расположения точки баланса, а также сравнить расчетную величину предполагаемого сноса с результатами натурального эксперимента. Хотя форма турняка и части shaft у реальных киев является конической, передняя часть shaft по форме очень близка к цилиндру. При изготовлении киев используются составные части, выполненные из разных пород древесины, имеющих различную плотность. Обычно турняк делают из более плотных пород дерева, чем shaft, и даже цельные кии изготавливают так, что в турняке располагаются более тяжеловесные части из дерева. Некоторые мастера специально конструируют shaftы, облегченные вблизи наклейки; например, у shaftов киев *Predator* рядом с наклейкой имеется полая область длиной несколько дюймов; это предусмотрено для того, чтобы уменьшить величину приведенной массы. При изготовлении киев применяют не только древесину, но и материалы с другими плотностями. Речь идет о наклейке, кольце или наконечнике, соединительном узле и грузе, вмонтированном в shaft. Таким образом, упомянутая выше коническая модель не учитывает реальной переменной плотности в конструкции кия. Перейдем к ее более подробному рассмотрению.

Обозначим через R_1 радиус окончания турняка. Тогда в рамках конической модели радиус наклейки можно представить в виде произведения βR_1 , где β – величина, удовлетворяющая неравенству $0 < \beta < 1$. Величину радиуса сечения кия на расстоянии z от окончания турняка можно определить следующим образом:

$$R(z) = R_1 + \frac{R_1(\beta-1)}{L} z ,$$

где L – длина кия. Общая масса кия выражается зависимостью:

$$M_s = \int_V \rho(r) dV = \rho \int_0^{2\pi} \int_0^L \int_0^{R(z)} r dr dz d\theta = \frac{1}{3} \pi \rho L R_1^2 (1 + \beta + \beta^2) .$$

Здесь использованы цилиндрические координаты r, z, θ , удобные для вычисления интегралов по объему V ; ρ – плотность. Определим расстояние B от окончания турняка до центра масс кия (расположение точки баланса):

$$B = \frac{\rho}{M_s} \int_0^{2\pi} \int_0^L \int_0^{R(z)} r z dr dz d\theta = \frac{(1+2\beta+3\beta^2)}{4(1+\beta+\beta^2)} L .$$

Вычислим момент инерции кия относительно вертикальной оси, проходящей через точку баланса:

$$I_s = \int_V \rho(y^2 + (z-B)^2) dV = \rho \int_0^{2\pi} \int_0^L \int_0^{R(z)} (r^3 (\sin \theta)^2 + r(z-B)^2) dr dz d\theta =$$

$$= \frac{3((1+\beta)^4+4\beta^2)}{80(1+\beta+\beta^2)^2} M_s L^2 + \frac{3(1+\beta+\beta^2+\beta^3+\beta^4)}{20(1+\beta+\beta^2)} M_s R_1^2 .$$

Длины киев для Пула, Снукера и Карамболя находятся в пределах $55'' \leq L \leq 60''$. Диаметры окончаний турняков у них составляют приблизительно $1.25''$, а диаметры наклеек примерно равны $0.5''$, что соответствует величине $\beta = 2/5$. Следовательно, второе слагаемое в последнем соотношении для I_s гораздо меньше первого. Поэтому, в дальнейшем обсуждении вторым слагаемым будем пренебрегать. Расчет по найденной выше формуле, определяющей B , показывает что для кия, имеющего длину $L = 58''$ и параметр конусности $\beta = 2/5$, точка баланса располагается примерно на расстоянии $21''$ от тыльного конца кия. У реальных киев точка баланса удалена от окончания турняка на $15'' \div 19''$. Такое сравнение дает представление о точности оценок, которые могут быть получены с помощью конической модели кия, по сравнению с характеристиками реальных киев.

Полученные выражения для величин B и I_s можно использовать, чтобы найти оценку отношения масс M_s/M_{tip} (для этого эти соотношения нужно скомбинировать с формулами из раздела «Аппроксимация кия в виде жесткого тела»; прим. пер.):

$$\frac{M_s}{M_{tip}} = \frac{8(6+9\beta+10\beta^2+4\beta^3+\beta^4)}{3((1+\beta)^4+4\beta^2)} .$$

В рамках конической модели приведенная масса составляет небольшую часть общей массы кия. Чтобы получить представление о конкретных величинах, вытекающих из этой модели, полезно рассмотреть пару примеров. Для гипотетического кия, имеющего цилиндрическую форму с постоянным радиусом, из конической модели при $\beta = 1$ следует $M_s/M_{tip} = 4$. Если же форма кия представляет собой полный (не усеченный) конус, у которого передняя часть наклейки сходится в точку, то $\beta = 0$ и с помощью конической модели можно найти отношение $M_s/M_{tip} = 16$. Для типичного кия, имеющего значение $\beta = 2/5$, можно получить промежуточную величину $M_s/M_{tip} = 6.83$. Хотя представление кия в виде жесткого усеченного конуса является довольно-таки грубой аппроксимацией подлинной формы, эта простая модель позволяет получить первое приближение величины приведенной массы. Помимо этого, модель дает представление о том, как приведенная масса зависит от общей массы кия, расположения точки баланса и размера наклейки. Для типичных шаров, массой 6 унций, и киев, имеющих массу от 18 до 20 унций, коническая модель дает максимальное значение $M_b/M_{tip} \approx 5$. Согласно выше приведенным типичным характеристикам M_b/M_{tip} реальных киев, оценивание по конической модели дает весьма заниженное значение отношения массы шара к приведенной массе. Выше отмечалось, что положение точки баланса, вычисляемое по конической модели, отличается от ее действительного положения. Это, конечно же, влияет на отклонение оценки M_b/M_{tip} от реальной величины, но лишь один этот фактор не может приводить к такому значительному отличию. Тем

не менее, общие тенденции оценки приведенной массы кия с помощью конической модели вполне состоятельны.

Основные расхождения расчетных оценок с результатами экспериментов, вероятно, обусловлены несовершенством аппроксимации реального кия в виде жесткого тела с равномерно распределенной плотностью. В самом деле, когда масса кия в основном распределена вдали от наклейки, она оказывает слабое влияние на биток; ведь ее воздействие на шар проявляется через волновую деформацию кия, распространяющуюся во время короткого контакта от наклейки к бамперу и обратно со скоростью звука. Расположение точки баланса и момент инерции кия являются постоянными величинами, не зависящими от сил, возникающих при соприкосновении наклейки с битком, и от вибрации кия. Это означает, что должна существовать какая-то еще не учтенная связь между приведенной массой и неравномерным распределением массы по длине кия, не учитываемым при его аппроксимации в виде жесткого тела. В настоящее время приведенная масса считается параметром, определяемым для конкретного кия эмпирическим путем. В отличие от упрощающего предположения о равномерной плотности кия, допущение о «натянутой коже» представляется вполне основательным; во всяком случае, оно не вступает в противоречие с различием результатов натуральных экспериментов и расчетных величин сноса, найденных с помощью жесткой конической аппроксимации.

Другие эксперименты, связанные со сносом битка

Помимо многочисленных измерений положения точки эквивалентного поворота кия, выполненных рядом энтузиастов, проводились и другие эксперименты, о которых следует упомянуть. Все сообщения об этом появились и обсуждались в интернете группой пользователей *rec.sport.billiard*.

– Боб Джуитт (*Bob Jewett*) сообщил о результатах, полученных для сплошного металлического стержня (прута) с прикрепленной на его конец наклейкой. Для такого экспериментального «кия» он наблюдал большие величины сноса.

– Майк Пейдж (*Mike Page*) представил результаты исследований кия, к которому вблизи наконечника прикреплялся дополнительный груз. Наблюдались значительные сносы, которые уменьшались по мере сдвига груза от наклейки; начиная со сдвига, равного восьми дюймам, наблюдалась обычная величина сноса.

– Джим Басс (*Jim Buss*) вставил латунный стержень в конец shaft стандартного кия для Пула, а затем обычным образом прикрепил наконечник и наклейку. Исследования такого кия показали значительные величины сноса.

– Автор (*Ron Shepard*) представил результаты исследования сноса с использованием обычного пуловского кия и очень легкого шара из пенополистирола (такой шар можно приобрести в магазине, специализирующемся на предметах для хобби и ремесла). Проведенные эксперименты показали большие величины сноса.

– На сайте *Predator* содержится информация о нескольких экспериментах. Для того чтобы исключить несовершенства ударной техники и обеспечить повторяемость характеристик ударов, использовалось зажимное приспособление (названное *Iron Willie* – «Железный Вилли»). Для целого ряда киев, в том числе – для очень легкого кия, изготовленного из синтетических композитных материалов, производились измерения углов сноса в зависимости от смещения shaft относительно центра

битка. Помимо этого, представлены некоторые данные о зависимости сноса от кривизны наклейки.

Желательность

Бывает ли когда-нибудь желателен снос битка? Допустим, нанесению центрального удара по битку что-либо мешает (*обычно это – посторонний шар; прим. пер.*). В таком случае игроку может быть полезен кий, имеющий точку эквивалентного поворота, расположенную в районе места постановки кистевого упора. Если в необходимую для нецентрального удара точку удар нанести возможно, то снос компенсирует боковое смещение кия, и шар пойдет по той прямой линии, по которой он перемещался бы после центрального удара. Если же и эта смещенная точка будет недоступна, то все равно удар с неэквивалентным поворотом кия может принести приемлемый результат.

Рассмотрим еще одну ситуацию, в которой снос может быть использован во благо. Некоторые игроки применяют один кий собственно для игры, а другой – только для нанесения начального удара в таких разновидностях Пула, как «Девятка» и «Восьмерка». При начальном ударе в планы игрока обычно не входит придание битку бокового вращения. Стремление «вложить» в шар максимальную энергию приводит к тому, что при ударе приходят в движение верхняя часть руки и другие части тела, чего нет при обычной игре. Кроме того, удаление моста от битка и амплитуда удара увеличиваются, а прикладываемая рукой сила больше, чем при типичных ударах. По сравнению с привычными игровыми ситуациями, все указанное вносит большой вклад в ошибки попадания наклейкой по намеченной точке битка, а также в ошибки размещения продольной оси кия относительно номинального положения. Боковые ошибки смещения наклейки подобны повороту кия относительно кистевого упора (см. рисунок 3). Для кия с малым сносом (когда расстояние от битка до места постановки моста меньше удаления точки эквивалентного поворота) любой непреднамеренный поворот приводит к изменению намеченного направления движения битка и, в конечном счете, к его попаданию не в центр (*не «в лоб»; прим. пер.*) головного шара пирамиды. Когда же мост расположен на удалении точки эквивалентного поворота, непреднамеренное боковое вращение сопровождается сносом битка, компенсирующим изменение направления кия; в результате шар следует по заранее намеченной траектории. При этом часть вкладываемой энергии расходуется на незапланированное придание битку бокового вращения. Иными словами, кий с большим сносом не позволяет устранить все проблемы, связанные с несовершенством технического исполнения начального удара, но основная задача все же решается – шар направляется точно на цель. При начальном ударе игроки в большинстве случаев отодвигают мост от битка дальше, чем при выполнении обычных ударов. Поэтому каждый игрок должен выбирать «под себя» удаление точки эквивалентного поворота кия для разбоя пирамиды. Применяя такой кий на практике, нужно быть особенно внимательным при подготовке к начальному удару – чтобы в полной мере воспользоваться компенсационными характеристиками сноса.

Резюме

После подробного рассмотрения явления сноса, можно ответить на некоторые вопросы, сформулированные в самом начале этой работы.

Как сделать снос минимальным? За счет уменьшения бокового отклонения наклейки при ударе или использования кия с малой величиной приведенной массы.

Влияет ли гибкость shaft на снос? Нет, не непосредственно. Гибкость shaft может влиять на величину приведенной массы и таким образом косвенно отражаться на сносе, но вероятно это влияние незначительно. Это означает, что игрок может подбирать для себя кий с нужной ему гибкостью shaft, не принимая при этом в расчет характеристики сноса.

Влияет ли на снос кривизна наклейки? Нет – согласно проведенному выше анализу. Исключение составляет лишь влияние кривизны наклейки на ее фактическое смещение при заданном смещении shaft. Однако, на сайте *Predator* приводятся данные о том, что более закругленная наклейка уменьшает снос (исследовались два различных закругления наклейки, выполненных по шаблонам – десятицентовой и пятицентовой монетам).

Зависит ли снос от силы удара? Нет, не напрямую. Сила удара (*скорость кия непосредственно перед контактом с битком; прим. пер.*) может влиять на величину приведенной массы, но незначительно. Вытекающие из результатов наблюдений советы о том, что прицеливаться при сильных ударах нужно по-иному, особенно когда шары располагаются далеко друг от друга, должно быть связаны не со сносом, а с искривлением траектории бита вследствие наклона удара.

Зависит ли снос от массы кия? Да, но только когда масса кия влияет на величину приведенной массы shaft. Очевидно, что добавление массы на расстояниях свыше 10 дюймов от наклейки производит весьма малый эффект. Следовательно, игрок может выбирать себе массу кия из соображений, не связанных с эффектом сноса.

Зависит ли снос от расположения точки баланса? Да. Согласно жесткой конической модели, баланс кия слабо влияет на величину приведенной массы.

Имеют ли кии с наконечниками из слоновой кости или латуни больший снос по сравнению с киями, у которых наконечник изготовлен из синтетических материалов? Если это так, то – в основном, вследствие плотности материала, влияющей на приведенную массу. Вряд ли такое возможно из-за влияния твердости или других физических характеристик на величину сноса. Тем не менее, толстый латунный наконечник, вероятно, приведет к большим сносам, чем тонкий. Помимо этого, следует сказать о соединении наконечников с деревянной частью shaft. У некоторых киев наконечники крепятся с помощью металлического винта или штифта; скорее всего, кии с такими наконечниками будут создавать большие сносы, чем кии со стандартным деревянным соединением.

Влияет ли диаметр наклейки на снос? Да, так как при прочих одинаковых характеристиках кии с меньшими наклейками имеют меньшую приведенную массу. Эта тенденция была предсказана с помощью конической модели жесткого кия. Тем не менее, вместо того, чтобы для снижения величины приведенной массы уменьшать размер наклейки, можно использовать другие подходы. Например, вполне работоспособен подход, использующийся при изготовлении shaftов киев *Predator*.

Влияет ли твердость наклейки на снос? Согласно выше проведенному анализу – нет. Это означает, что время контакта наклейки с битком, зависящее от твердости наклейки, прямо не влияет на снос. Однако, такой вывод не доказан, и возможно, что длительность контакта оказывает незначительное влияние на приведенную массу посредством механизма распространения деформаций и колебаний конструкции кия. Считая твердость независимой от сноса, игрок может выбирать наклейку согласно своим предпочтениям, не обращая внимания на параметры сноса.

Является ли причиной сноса проскальзывание наклейки относительно поверхности битка? Нет. При нормальных ударах наклейка не скользит по шару, и при этом снос все же возникает.

Можно ли за счет изменения техники удара уменьшить величину сноса? Нет, если речь не идет о технике, каким-либо образом уменьшающей боковое смещение наклейки относительно центра битка.

Какой вид кистевого упора (моста) лучше использовать – открытый или закрытый? Возможно, применение плотного закрытого моста может приводить к увеличению приведенной массы и, соответственно, увеличению сноса. Но это – весьма незначительный эффект.

Будут ли шары для Снукера подвержены большему сносу, а шары для Карамболя – меньшему сносу, чем шары для Пула, если игра ведется одним и тем же кием? Шар имеет два параметра, независимо влияющих на его снос – массу и размер. Ввиду того, что отношение массы шара к приведенной массе кия у снукерных шаров меньше, чем у шаров для Пула, снос шаров для Снукера больше. Аналогично, снос шаров для Карамболя меньше сноса шаров для Пула. Кроме того, удаление точки эквивалентного поворота кия зависит от радиуса шара. Поэтому, при фиксированных величинах относительного смещения наклейки и отношения массы шара к приведенной массе кия, более крупным шарам будет соответствовать большее удаление точки эквивалентного поворота.

Буду ли я испытывать неудобства от чрезмерности или чувствительности боковых вращений, придаваемых битку кием с малым сносом? При прочих равных условиях, кии с бóльшим сносом придают битку несколько меньшее боковое вращение (и поступательную скорость), но величина этого отличия весьма мала. Например, большее отличие может дать тот же самый кий, но с установленной на него иной наклейкой, имеющей другую кривизну.

Влияют ли на снос битка искривление, прогиб и вибрации shaft? Нет, так как действие искривления и/или прогиба проявляется уже после кратковременного контакта наклейки с битком. Такое действие уже не может оказывать влияния на отделившийся от кия шар.

Могу ли я при покупке кия принять на веру те параметры сноса, которые анонсируют производители кия (или продавцы; прим. пер.)? Нет. Надежным способом для определения величины сноса является проведение теста, основанного на подходе «цель и поворот». При этом не требуется иметь специальное оборудование. Получив некоторый навык, выполнить такой тест сможет практически любой человек, способный наносить достаточно правильный удар кием.

Каковы наилучшие характеристики сноса для кия, которым наносится начальный удар по пирамиде шаров? У такого кия точка эквивалентного поворота

должна располагаться примерно на том удалении, что и кистевой упор. Для большинства игроков это удаление составляет от 14 до 16 дюймов.

На основании представленных ответов нельзя полностью осознать все тонкости, связанные с явлением сноса. Требуется обстоятельное осмысление понятия приведенной массы кия. Очень важным является ответ на вопрос: «Как именно распределение массы по длине кия влияет на величину приведенной массы, проявляющей себя в реальной игре?». И даже если будет найдено полное и корректное толкование приведенной массы и сноса, все равно каждый игрок будет предъявлять свои субъективные требования при выборе кия.

Постскриптум

Эта работа является первым шагом, связывающим воедино имеющуюся информацию и соображения, относящиеся к эффекту сноса. Здесь не даны окончательные ответы на все интересующие и практически важные вопросы. В дальнейшем содержание работы предполагается расширять по мере появления сообщений и описаний новых проработок, новых объяснений и экспериментальных данных.