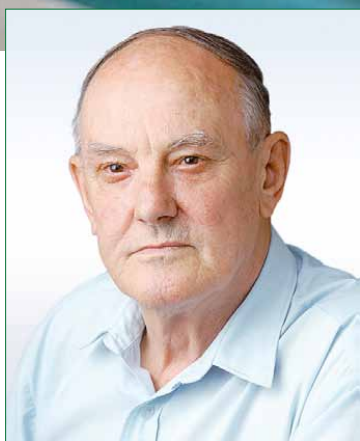


# Теория «СВОЯКА»

## Предисловие

Данный материал является расширенным и дополненным продолжением статьи Леонида Бальцева «Свояк», опубликованной в №5(17) нашего журнала за 2005 год. Поскольку в «обновленной» статье тема раскрыта гораздо более детально и подробно, вырос и объем, поэтому вместить всё в один номер не представляется возможным. К тому же для усвоения и освоения подобной информации необходимо время. Исходя из этих соображений, материал решено публиковать по частям.



Леонид  
Борисович  
Бальцев

Инженер-строитель,  
игрок в бильярд с 60-летним  
стажем

Однажды на мне довелось услышать одно интересное заявление: «свояк, как голова — предмет темный и исследованию не подлежит!».

Не согласен с таким утверждением, так как этот вопрос рассмотрен Кориолисом почти 200 лет назад, и показано не только почему что происходит, а и как это вычислить.

Исходя из теории Кориолиса, постараюсь объяснить, что и как влияет на траекторию движения битка, применяя при этом общепринятые термины.

Траекторию движения прицельного шара определяет точка соударения (резка шара) и, в меньшей степени, трение между шарами. На траекторию движения битка при соударении с чужим шаром действует гораздо больше факторов. Каждый фактор оказывает свое действие на траекторию битка, а сумма этих факто-

ров определяет его окончательную траекторию.

Какие это факторы:

- Точка соударения (угол резки);
- Сила удара (скорость битка);
- Направление вращения битка и отношение скорости вращения к скорости поступательного движения.

Рассмотрим действие каждого фактора отдельно.

### 1. Точка соударения («Резка»)

На приведенных схемах (рис. 2) рассмотрены три позиции, когда точка соударения отстоит от центральной точки (удара в лоб) на одну, две и три четверти прямого угла. Т.е. при резке 22,5, 45 и 67,5 градусов.

V — скорость битка до удара;

V1 — скорость прицельного шара после удара;

V2 — скорость битка после удара.

На рисунках видно как скорость

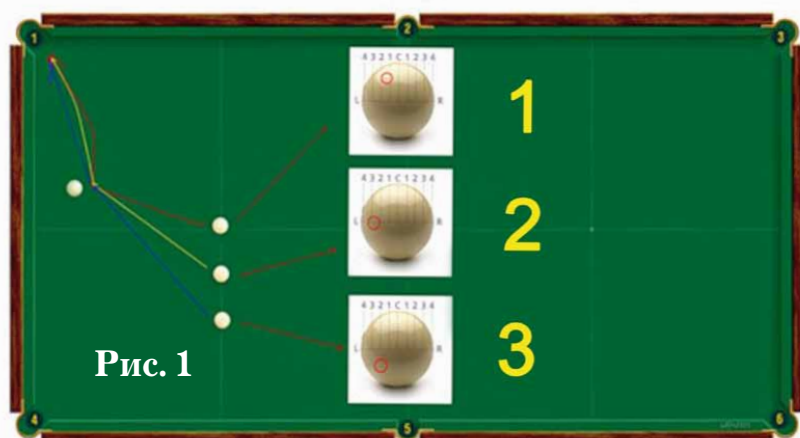


Рис. 1

битка распределяется между шарами. С увеличением резки скорость прицельного шара уменьшается, а скорость битка увеличивается.

А как же влияет резка на точность удара?

Несложные расчеты показывают, что при смещении точки удара направо или налево, параллельно линии соединяющей центры шаров до удара на 1мм (предполагается, что шары стоят не близко друг к другу) приводит к отклонению траектории чужого шара и битка:

- при ударе в лоб – примерно на 1,6 градуса;
- при резке 22,5 град. – на 2 градуса;
- при резке 45 градусов – на 2,5 градуса;
- при резке 67,5 градуса – на 4 градуса.

Это дает на каждый метр пути шара отклонение на 26, 35, 44 и 70мм соответственно.

Эти цифры дают ответ на вопрос, почему при более тонкой резке тяжелее попасть в нужную точку, как чужим шаром, так и битком.

## 2. Коэффициент трения

Показанные закономерности справедливы при условии, что биток

перед ударом в прицельный шар не имел никаких вращений, и трение между шарами отсутствует.

В этом случае, угол резки и угол начального отклонения битка в сумме дают 90 градусов.

В действительности, трение между шарами, хоть и небольшое, но есть, и оно оказывает влияние на траекторию шара.

Кориолис опытным путем, а его в каждом конкретном случае только так и можно определить, установил коэффициент трения между шарами равным – 0,028.

Я в своих примерах приму его равным 0,03.

В каждом из приведенных рисунков биток ударяет прицельный шар под углом к нормали (перпендикуляру) в точке касания и поэтому происходит скольжение между точками соприкосновения. Чем больше угол резки, тем с большей скоростью эти точки скользят относительно друг

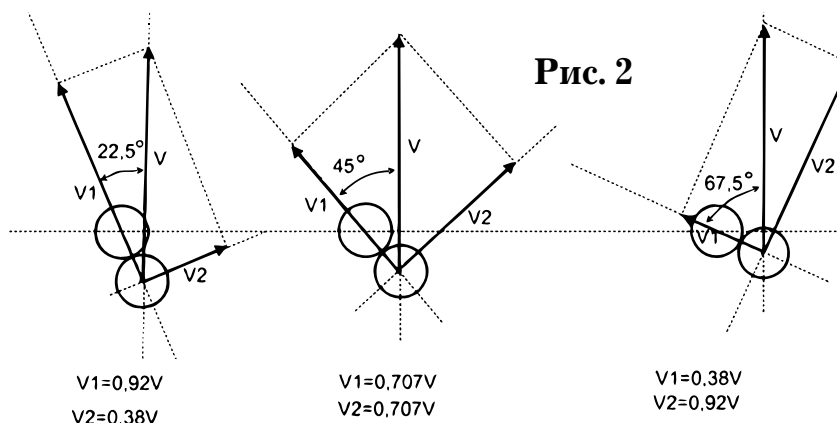


Рис. 2

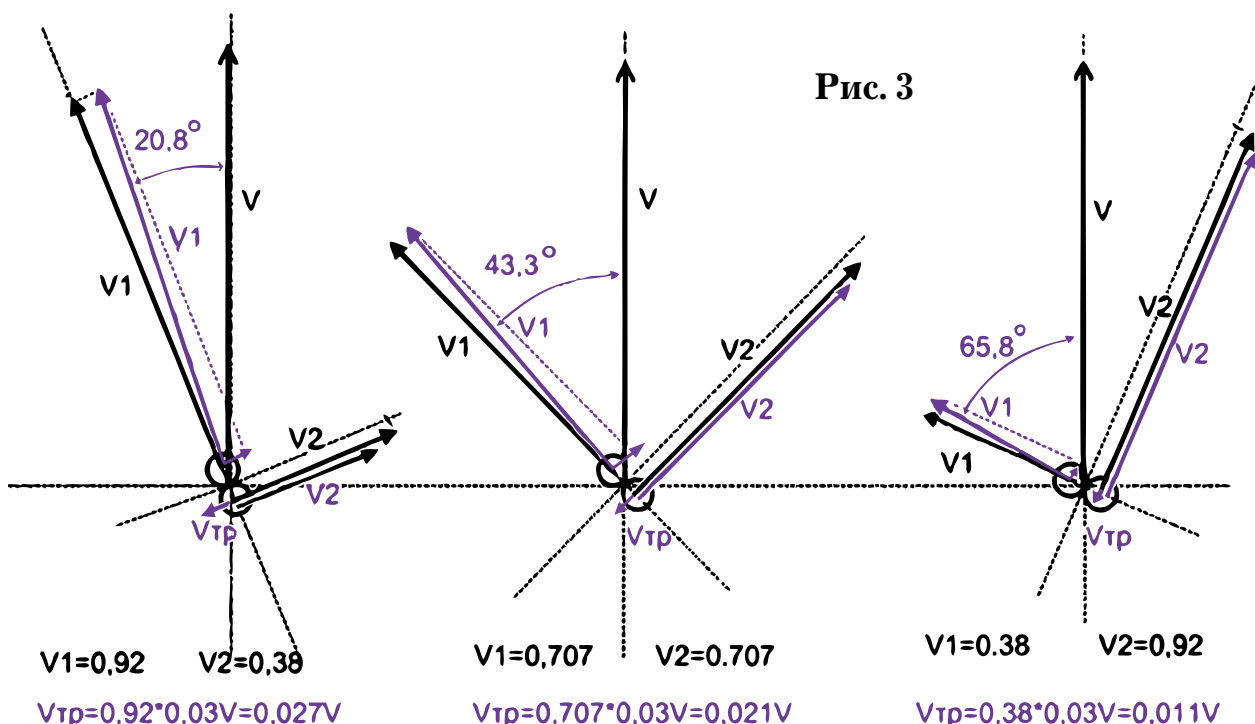


Рис. 3

друга. Но коэффициент трения мало зависит от скорости между трущими поверхностями.

Что такое коэффициент трения? Это отношение силы нормального давления к силе трения. Сила трения направлена перпендикулярно силе давления. Эти две силы являются катетами прямоугольного треугольника, гипотенуза которого представляет вектор действующей на прицельный шар силы.

При коэффициенте трения между шарами равным 0,03 сила трения изменит направление движения чужого шара на 1,7 градуса. Это значит, что угол резки чужого шара уменьшится на 1,7 градуса в каждом из приведенных примеров.

Таким образом, прицельный шар, независимо от угла резки, на каждом метре пути отклонится в сторону действия силы трения на 30 мм. В бильярде такое явление называется «отброс» шара.

Теперь можно сравнить, что нам дает ошибка в резке на каждый миллиметр и влияние трения на прицельный шар. На каждом метре пути отклонение будет соответственно – 35, 44, 70 мм и от трения – 30 мм.

Как же сила трения между шарами влияет на движение битка?

Так как сила трения между шарами направлена вдоль касательной к шарам в точке соударения, она совпадает с направлением движения битка после отскока и поэтому меняет не направление движения, а только его скорость.

Рассмотрим это влияние на схемах (рис. 3).

На схемах фиолетовым цветом, показано влияние трения между шарами.

Как видим, с увеличением резки скорость битка увеличивается, в то же время скорость, от действия силы трения, уменьшается. Влияние силы трения на скорость битка можно выразить в процентах. В первом примере сила трения изменила скорость на 7,1%, во втором примере – на 3% и в третьем примере – только на 1,2%. Эти цифры нам пригодятся в дальнейшем.

После соударения прицельный шар и биток двигаются по прямой линии. Под действием силы трения между шарами оба шара получают небольшое вращение вокруг вертикальной оси. После соударения оба шара начинают скользить и, под действием силы трения между шаром и сукном стола, замедляют свою поступательную скорость и начинают вращаться вокруг горизонтальной оси, пока не покатятся.

### 3. Качение и скольжение

Траектория движения своего шара, после удара в чужой, зависит

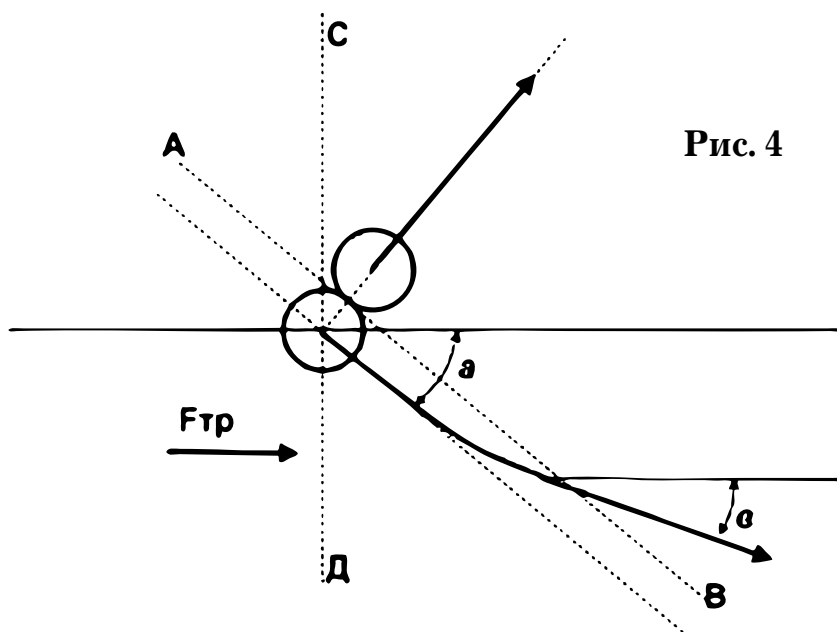


Рис. 4

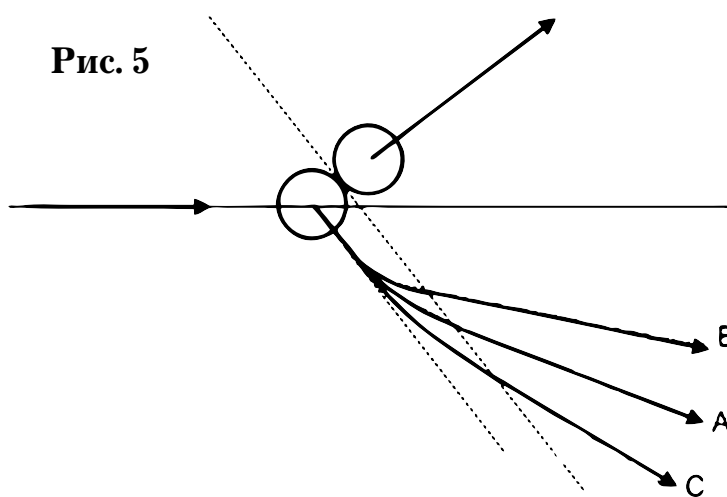


Рис. 5

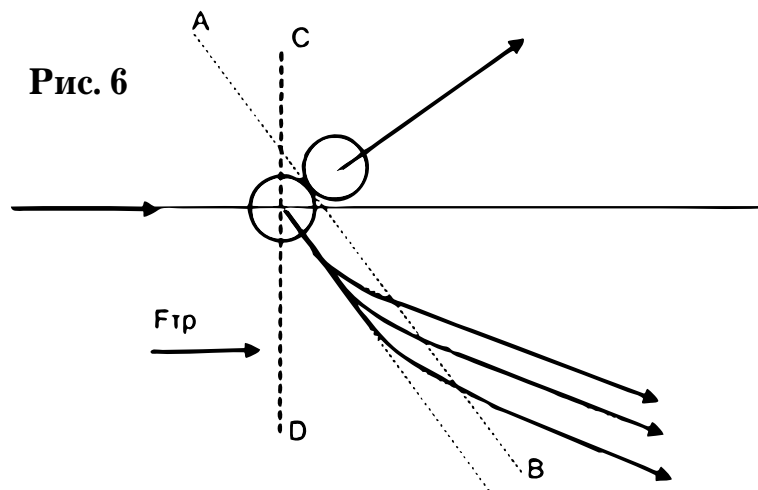


Рис. 6

от состояния движения битка, с которым он подошел к чужому шару.

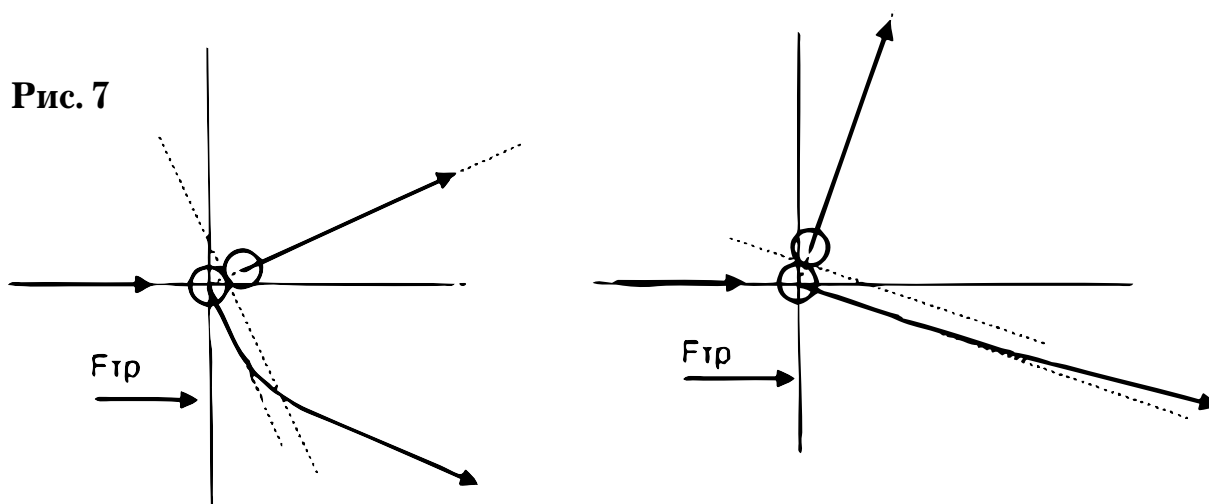
Рассмотрим сначала движение шара имеющего прямое вращение вокруг горизонтальной оси.

Удар, при котором биток подходит к чужому шару с прямым (верхним) вращением, называется ударом накатом. При этом в зависимости

от отношения скорости вращения шара к скорости его поступательного движения, различают три состояния движения.

а) Качение. В этом состоянии шар движется без скольжения. Сила трения скольжения в десятки раз больше силы трения качения, поэтому

Рис. 7



му шар из любого состояния движения быстро переходит в состояние качения.

При качении линейная скорость опорной точки относительно центра шара равна поступательной скорости центра шара относительно стола. При качении отношение скорости вращения к скорости поступательного движения равно единице.

Такое состояние движения можно получить сразу после удара кием, если точка удара будет выше центра шара на 0,4 радиуса.

б) Если точка удара будет выше центра шара, но ниже точки 0,4R, отношение скорости вращения к скорости поступательного движения будет меньше единицы. При таком ударе шар скользит по столу. Сила трения скольжения увеличивает скорость вращения шара и уменьшает поступательную скорость, пока указанное отношение не выровняется и шар не покатится.

в) Если точка удара выше точки 0,4 радиуса над центром шара, указанное отношение будет больше единицы. Трение скольжения замедляет скорость вращения шара и увеличивает скорость поступательного движения, пока шар не покатится.

При ударе в лоб чужого шара биток передает энергию поступательного движения чужому шару, а сам останавливается. Но скорость вращения у битка остается. Шар скользит на месте. Под действием силы трения скольжения шар начинает двигаться с ускорением. Скорость, которую наберет биток в результате скольжения, не зависит от поступательной скорости битка до удара, а зависит только от скорости (инерции) вращения.

Если удар происходит на резке, биток сначала движется по кривой, пока не исчезнет трение скольжения и затем начинает катиться по прямой.

Здесь следует отметить два угла,

под которыми движется биток относительно линии движения битка до соударения. Угол начального отклонения, по касательной к точке удара и угол финального отклонения, по линии качения битка (рис. 4).

AB — касательная в точке удара;  
CD — направление оси вращения до удара;  
Fтр — направление силы трения;  
«а» — угол начального отклонения;  
«в» — угол финального отклонения.

При ударе с резкой биток, отдавая часть энергии чужому шару, начинает двигаться по касательной в точке удара. Но направление и скорость вращения битка после соударения остаются без изменений и уже не совпадают с направлением поступательного движения. Сила трения от вращения битка искривляет траекторию, пока не исчезнет, и шар не покатится в новом направлении по прямой.

Рассмотрим на рисунках, как траектория битка зависит от различных факторов:

1) От отношения скорости вращения к скорости поступательного движения (скорость поступательного движения и точка удара одни и те же) (рис. 5).

A — траектория движения битка при качении;

B — биток вращается быстрее, чем при качении;

C — биток вращается медленней, чем при качении.

Угол финального отклонения разный.

2) Биток движется с разной скоростью, но отношение скорости вращения к поступательной скорости одно и то же (рис. 6).

Угол финального отклонения одинаков.

3) В зависимости от резки шара (поступательная скорость и отношение скорости вращения к скорости поступательного движения одинаковы) (рис. 7).

Чем «толще» резка тем «круче» траектория.

*Продолжение следует...*

