

Под каким углом отскакивает футбольный мяч от стенки?

Логвинович П.Н., канд. техн. наук, доцент,

Заdernюк Д.В., Клопот Д.В., студенты

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

Цель работы состоит в определении угла отражения футбольного мяча от шероховатой стенки, если известен коэффициент трения μ мяча о поверхность стенки.

Разложим вектор скорости поступательного движения мяча до удара v на две составляющие: v_{\perp} , направленную перпендикулярно поверхности стенки, и v_{\parallel} , направленную вдоль поверхности (рис. 1). Перпендикулярная составляющая скорости мяча при ударе о стенку меняет свое направление на противоположное, оставаясь неизменной по модулю. Параллельная же составляющая изменяется по модулю, что следует из рассмотрения сил,

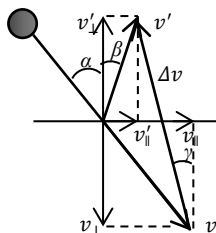


Рис. 1

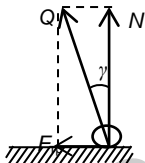


Рис. 2

действующих на мяч со стороны стенки при ударе (рис. 2). Сила Q , с которой поверхность стенки действует на мяч, изменяется по модулю, но не изменяется по направлению, образуя угол γ с нормалью к стенке, поскольку в любой момент времени $F_{\text{тр}} = \mu N$. Как видно из рис. 2, $\text{tg } \gamma = \mu$. На основании второго закона Ньютона

изменение импульса мяча при ударе о стенку $\Delta p = m \Delta v$ совпадает по направлению с силой Q . Из рис. 1 видно, что $v'_{\parallel} = v_{\parallel} - 2v_{\perp} \text{tg } \gamma$. Деля обе части этого равенства на v_{\perp} и учитывая, что $\frac{v_{\parallel}}{v_{\perp}} = \text{tg } \alpha$, $\frac{v'_{\parallel}}{v'_{\perp}} = \text{tg } \beta$, а $\text{tg } \gamma = \mu$, получаем $\text{tg } \beta = \text{tg } \alpha - 2\mu$.

Из полученной формулы видно, что при малых углах падения, когда $\text{tg } \alpha < 2\mu$, результат теряет смысл. Это связано с тем, что сила трения скольжения, точка приложения которой не совпадает с центром мяча, вызывает его вращение. Поэтому отскакивший от стенки мяч обязательно будет вращаться, даже если до удара он не вращался, что не учитывалось при решении данной задачи.