

Предлагаем решить следующую задачу по арбористике (и не только).

Тело массой m , закрепленное абсолютно жесткой (нерастяжимой) и невесомой веревкой, падает с фактором рывка $k = 2$.

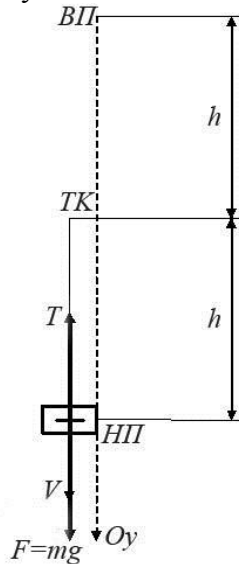
Определить нагрузку на точку крепления веревки.

Решение.

Опишем схематически процесс падения закрепленного тела в нижней точке.

Условно допустим, что движение происходит по вертикали.

Изобразим схему, нанесем действующие на тело силы.



Условные обозначения:

НП – нижнее положение падающего тела.

ВП – верхнее положение падающего тела.

ТК – точка крепления падающего тела.

F – сила тяжести, действующая на тело во время падения.

T – сила натяжения веревки, в момент достижения телом нижнего положения.

V – скорость тела, в нижнем положении.

Oy – направление падения тела.

Также допустим, что на тело отсутствует действие атмосферы и других объектов, за исключением самой планеты (т.е. силы сопротивления воздуха и выталкивающая архимедова сила воздушной среды пренебрежительно малы).

Тогда на всем протяжении падения (от ВП до НП) на тело будет действовать только постоянная сила тяжести \vec{F} , которая в соответствии со вторым законом Ньютона, пропорциональна инертной массе тела ($\vec{F} = m\vec{g}$).

В крайней нижней точке движения тела вся его накопленная кинетическая энергия (его импульс) перейдет в энергию (силу) натяжения абсолютно жесткой веревки, которая затем без изменения (т.к. веревка абсолютно нерастяжима и не потребляет энергию на свое растяжение) будет перемещена к точке своего крепления.

В данном случае происходит взаимодействие двух импульсов: импульса падающего тела (векторная физическая величина, равная произведению массы тела и его скорости) и импульса силы (векторная физическая величина, равная произведению силы на время ее действия) нерастяжимой веревки.

Соотношение импульсов определяется тем, что импульс силы равен изменению импульса тела, т.е. имеет место такая формула:

$$Tt = Ft = mv - mv_0 = m(v - v_0)$$

где: t – время действия силы натяжения веревки в нижнем положении (НП), сек;
 v_0, v – скорость движения тела в начале и конце пути, м/сек.

Учитывая, что тело в начале пути (ВП) было неподвижным ($v_0 = 0$ м/сек), а в конце пути его скорость определяется следующим образом:

$$\text{Так как } v = v_0 + gt_1 = gt_1; \text{ а весь пройденный путь } y = 2h = y_0 + v_0 t_1 + \frac{gt_1^2}{2} = \frac{gt_1^2}{2};$$

$$\text{Учитывая, что } y_0 = 0 \text{ м, имеем } 2h = \frac{gt_1^2}{2} \text{ или } gt_1^2 = 4h;$$

где: t_1 – общее время падения тела от верхнего положения (ВП) до нижнего (НП).

$$\text{Отсюда получаем время падения равным } t_1 = \sqrt{\frac{4h}{g}};$$

$$\text{А скорость падения в нижней точке НП равна } v = gt_1 = g \sqrt{\frac{4h}{g}} = 2\sqrt{gh}.$$

Отсюда расчетная формула примет следующий вид:

$$Tt = mv = 2m\sqrt{gh}$$

А значение нагрузки на точку крепления веревки будет равно:

$$T = \frac{2m\sqrt{gh}}{t}$$

Таким образом, если предположить, например, что масса тела равна 300 кг, общая высота падения - 4 м (**при этом не важно, упало тело на глубину 4 метра с фактором падения 2 при длине верёвки 2 метра или с фактором падения 1 при длине верёвки 4 метра – верёвка то абсолютно жесткая и нерастяжимая**), а время действия силы – 0,25 сек, то получим:

$$T = \frac{2m\sqrt{gh}}{t} = \frac{2 \cdot 300 \cdot \sqrt{9,81 \cdot 2}}{0,25} = 10630,6 \text{ (кг)}.$$

Обращаем внимание, что при уменьшении времени действия силы, нагрузка на точку крепления обратно пропорционально увеличивается. Т.е. при времени импульса 0,05 сек, нагрузка увеличивается в пять раз до 53153 (кг). Ну, а удвоив эту величину ввиду применения в точке крепления арборолика, получаем почти астрономическую величину нагрузки достаточную не то, чтобы вывести из строя арбоблок грузоподъемностью хоть и в 30 тонн, но и завалить практически любое дерево!

Вот, где-то так.

Отсюда вывод:

1. Не пользуйтесь жёсткими верёвками и стальными тросами для сбрасывания отпиленных кусков дерева.
2. При использовании верёвок с любым коэффициентом удлинения Вы резко увеличиваете время импульса и уменьшаете нагрузку на точки крепления и сам ствол дерева.
3. При использовании верёвок с любым коэффициентом удлинения начинает действовать понятие фактора падения, и при наличии болларда в основании дерева, Вы никогда не достигнете фактора падения «2»! Он всегда будет меньшим «1». (**Фактор рывка** (фактор падения; фолл-фактор — от [англ. fall factor](#)) — показатель, характеризующий относительную нагрузку на [систему страховки](#) альпиниста при

срыве. Определяется как отношение высоты падения к длине [веревки](#), используемой для остановки падения. Может принимать значения от 0 до 2).

4. Помните, что, уменьшая массу сбрасываемого бревна, вы прямо пропорционально уменьшаете нагрузку на все звенья силовой цепи.
5. Любая цепь прочна настолько, насколько прочно её самое слабое звено. К примеру, бессмысленно использовать арборалик с разрывным усилием в 30 тонн совместно с, например, верёвкой диаметром 20 мм и разрывным усилием 9,8 тонн.

С уважением и надеждой на безопасную работу, коллектив ТМ «KROK».