



Решение и критерии оценивания задачи 8.1 Реечный домкрат

1. КПД данного подъемного механизма меньше 100 % по причине того, что посредством силы F мы поднимаем не только полезный груз, но и центр тяжести реечной конструкции. Кроме того, в любом механизме присутствует сила трения, которая в данном случае зависит еще и от массы поднимаемого груза. Оценить вклад силы трения можно по разнице сил, которые необходимо прикладывать к механизму при медленном подъеме груза с постоянной скоростью и медленном его опускании. Так как в эксперименте указанная разница сил не превышает 0,1 Н на фоне 0,5 — 2,0 Н, будем строить теоретическую модель расчета КПД конструкции без учета силы трения.

2. Теоретический расчет. Предположим, что приложив к верхнему винту конструкции силу F , мы переместили его вверх на расстояние Δx , совершив работу

$$A = F \Delta x \quad (1)$$

В силу геометрии конструкции, груз массы m поднимется при этом на высоту $\frac{2\Delta x}{3}$, а центр тяжести реечного механизма массой M поднимется на высоту $\frac{\Delta x}{2}$. Следовательно, потенциальная энергия системы увеличится на

$$\Delta E_n = mg \frac{2\Delta x}{3} + Mg \frac{\Delta x}{2} \quad (2)$$

Приравнявая (1) и (2), получаем

$$F = \frac{2mg}{3} + \frac{Mg}{2}.$$

Будем считать полезной работой $A_n = mg\Delta h$ — увеличение потенциальной энергии груза при его подъеме на высоту Δh . Для этого придется совершить работу

$$A_c = F \frac{3}{2} \Delta h = mg\Delta h + \frac{3}{4} Mg\Delta h.$$

По определению КПД

$$\eta_T = \frac{A_n}{A_c} = \frac{m}{m + \frac{3}{4}M} \quad (3)$$

Выражение (3) представляет собой теоретическую зависимость КПД от массы груза, полученную без учета силы трения. Для расчета этой зависимости необходимо знать массу M реечной конструкции. С помощью динамометра определим, что вес конструкции вместе с основанием $P = (M + m_0)g = 0,9$ Н, откуда, согласно условию, $M = 75$ г. Расчет теоретической зависимости КПД от массы груза по формуле (3) представлен в таблице.

Таблица измерений и пересчета.



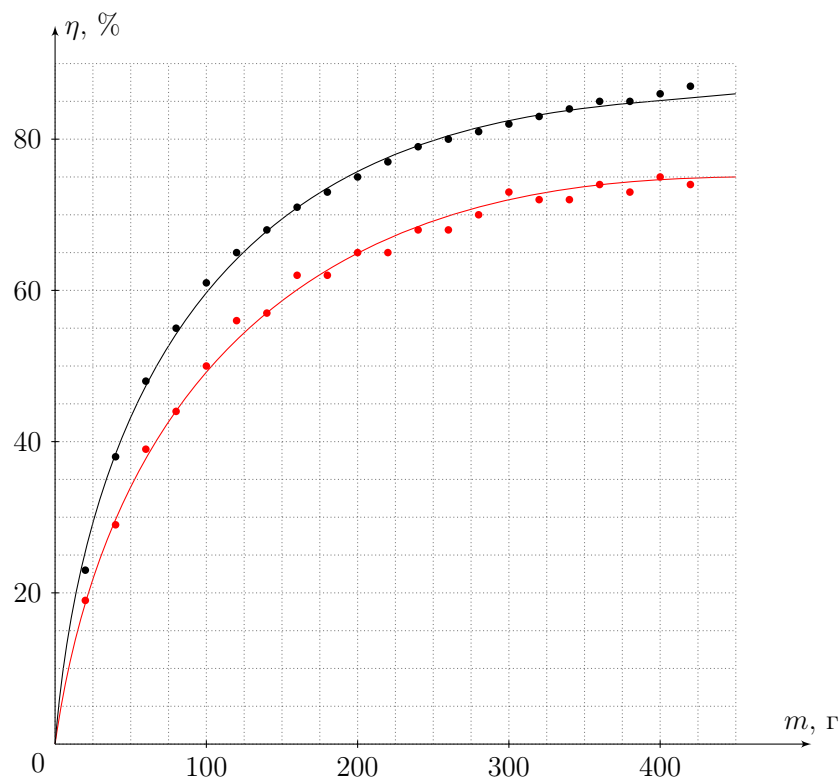
m , г	F , Н	$\eta_{\text{э}}$, %	$\eta_{\text{т}}$, %
0	0,6	-	-
20	0,7	19	23
40	0,9	29	38
60	1,0	39	48
80	1,2	44	55
100	1,3	50	61
120	1,4	56	65
140	1,6	57	68
160	1,7	62	71
180	1,9	62	73
200	2,0	65	75
220	2,2	65	77
240	2,3	68	79
260	2,5	68	80
280	2,6	70	81
300	2,7	73	82
320	2,9	72	83
340	3,1	72	84
360	3,2	74	85
380	3,4	73	85
400	3,5	75	86
420	3,7	74	87

3. Для определения реального КПД измерим силу F , которую необходимо приложить при различных массах груза для медленного (квазистатического) движения механизма вверх. Соответствующие значения F также приведены в таблице. Реальный (экспериментальный) КПД определим как

$$\eta_{\text{э}} = \frac{2mg\Delta x}{3F\Delta x} = \frac{2mg}{3F}$$

(см. таблицу).

4. Построим график зависимости теоретического и экспериментального КПД от массы груза (рис.2). Как и следовало ожидать, реальный КПД несколько меньше теоретического, так как наша модель была построена без учета сил трения в механизме.



Критерии оценивания

1	Вывод η_T	4,0 балла
1.1	Определение КПД $\eta = \frac{A_{\text{полез}}}{A_{\text{затрач}}}$	0,5 б
1.2	Кинематическая связь	2,0 б
1.3	Учтена работа по подъёму механизма	1,0 б
1.4	Конечная формула $\eta_T = \frac{m}{m + \frac{3}{4}M}$	0,5 б
2	Вывод $\eta_{\text{э}} = \frac{2mg}{3F}$	1,0 балл
3	Измерения	8,0 баллов
3.1	По 0,5 баллов за точку, но не более 5 баллов	5,0 б
3.2	Диапазон значений масс [50 г; 350 г]	3,0 б
3.3	Диапазон значений масс [50 г; 300 г]	2,0 б
3.4	Диапазон значений масс [100 г; 300 г]	1,0 б
4	Пересчет значений	1,0 балл
4.1	Столбец η_T	0,5 б
4.2	Столбец $\eta_{\text{э}}$	0,5 б
5	Графики	4,0 балла
5.1	Оси	0,5 б
5.1	Масштаб	0,5 б
5.1	Точки (за каждую зависимость по 1 баллу)	2,0 б
5.1	Сглаживающая линия (за каждую зависимость по 0,5 баллу)	1,0 б
6	Гипотеза	2,0 балла
6.1	Указание на факт того, что $\eta_{\text{э}} < \eta_T$	1,0 б
6.2	Причина различия — силы трения	1,0 б