

-1. Опять трение?! Приборы и оборудование

Условие

Задание 10-1. Опять трение?!

Приборы и оборудование: штатив с двумя лапками, грузы по 100 г, динамометр с пределом измерения 10,0Н, нить х/б длиной 40см, продетая в бумажную втулку (втулка изготавливается из полоски тетрадной бумаги $3,0 \times 10,0$ см), другой кусок нити длиной 1,5 – 2,0м (нить должна держать груз более 1,0кг), цилиндр металлический диаметром 2,4см (в качестве переключины).

Указание: рассматривать только стационарные состояния исследуемых систем.

Часть 1. Нить в бумажной втулке.

1.0. Соберите экспериментальную установку как показано на рис. 1. Зажмите втулку в лапке штатива так, чтобы трение нити о втулку было достаточным для удержания пружины динамометра на отметке 0,8 – 1,2Н без подвешивания грузов.

1.1 Исследуйте экспериментально зависимость силы, показываемой динамометром, от числа грузов $F(n)$ при загрузке (последовательном увеличении числа подвешенных грузов) и разгрузке (последовательном уменьшении числа подвешенных грузов) нити.

1.2. Постройте графики зависимости $F(n)$ по результатам, полученным в п.1.1.

1.3 Предложите теоретические формулы, описывающие полученные экспериментальные зависимости. Укажите участки на построенных графиках, где ваши формулы подтверждаются экспериментально.

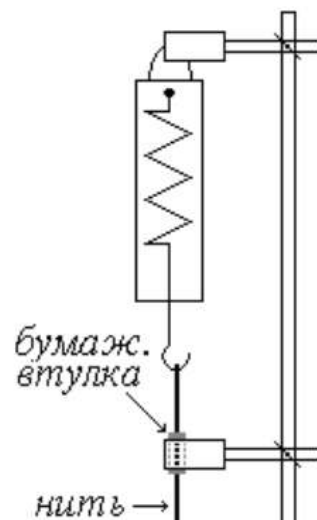
1.4. По экспериментальным данным определите силы трения нити о стенки втулки при нагрузке и разгрузке нити, вычислите погрешности найденных значений.

Часть 2. Нить на цилиндре

2.0. Соберите экспериментальную установку как показано на рис. 2.

2.1. Исследуйте экспериментально зависимость силы, показываемой динамометром, от числа грузов $F(n)$ при нагрузке и разгрузке нити.

2.2. Постройте график зависимости $F(n)$. Подпишите на графике участки загрузки разгрузки нити.



Теоретически можно показать, что при скольжении нити по цилиндру отношение сил натяжения нитей с разных сторон цилиндра остается постоянным

$$\frac{T_1}{T_2} = k. \quad (1)$$

2.3 Сделайте рисунок, иллюстрирующий соотношение (1), укажите направление движения нити и силы ее натяжения T_1 и T_2 , так, чтобы коэффициент k был меньше 1.

2.3. По экспериментальным данным определите значения коэффициента k при нагрузке и разгрузке. Оцените погрешность найденных значений.

Решение

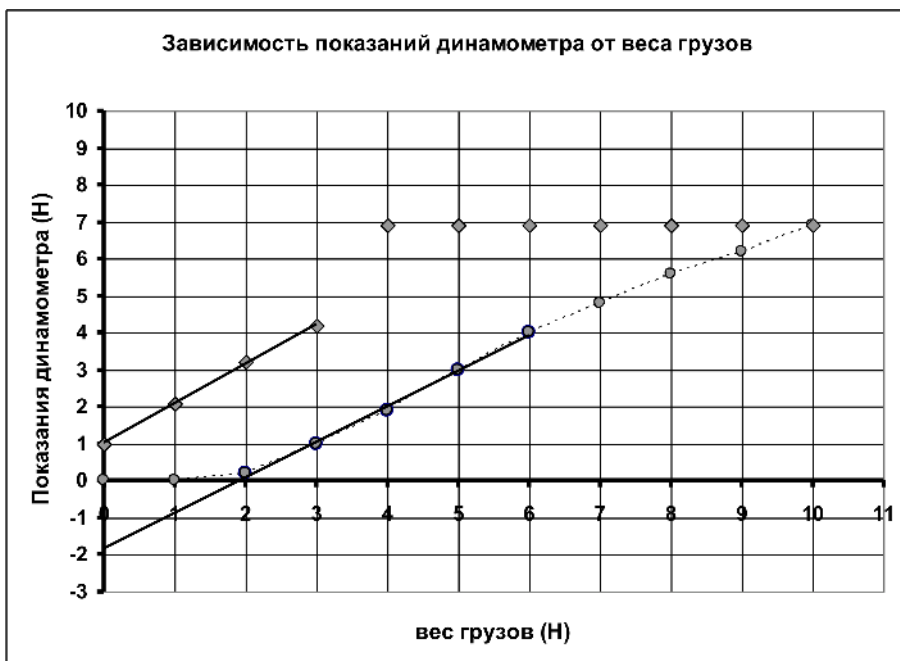
Задание 10-1. Опять трение?!

Часть 1. Нить в бумажной втулке.

1.1 – 1.2 Результаты измерений зависимости показаний динамометра F от веса подвешенных грузов P при нагрузке и разгрузке приведены в таблице 1 и на графике.

Таблица 1. Нить в бумажной втулке

Нагрузка			Разгрузка		
N	P , Н	F , Н	N	P , Н	F , Н
0	0,0	0,0	10	10,0	6,9
1	1,0	0,0	9	9,0	6,9
2	2,0	0,2	8	8,0	6,9
3	3,0	1,0	7	7,0	6,9
4	4,0	1,9	6	6,0	6,9
5	5,0	3,0	5	5,0	6,9
6	6,0	4,0	4	4,0	6,9
7	7,0	4,8	3	3,0	4,2
8	8,0	5,6	2	2,0	3,2
9	9,0	6,2	1	1,0	2,1
10	10,0	6,9	0	0,0	1,0



1.3 Если считать силу трения нити о бумажную втулку постоянной, то данные зависимости должны описывать формулами

$$F = P \pm F_{\text{тр}}. \quad (1)$$

Знак минус соответствует нагрузке, плюс – разгрузке.

1.4 Из графика 1 видно, что строго говоря эти зависимости строго не выполняются. Это может быть обусловлено тем, что на данном участке нить плотнее стала прижиматься к стенкам втулки. Это в свою очередь может быть обусловлено изменением толщины нити, перекручиванием нити, возможно подклинивание штанги динамометра из-за отклонения корпуса динамометра от вертикали и пр.

Однако при небольших массах подвешенных грузов (где проведены линейный аппроксимирующие прямые), формулы (1) достаточно хорошо описывают полученные зависимости: коэффициенты наклона близки к единице (0,96 и 1,07); надежно наблюдается сдвиг прямых. Величины этого сдвига равны силе трения. Простая графическая обработка дает следующие значения для сил трения: При нагрузке $F = (1,8 \pm 0,1)H$; При разгрузке $F = (1,0 \pm 0,1)H$.

Часть 2. Нить на цилиндре.

1.1 Результаты измерений зависимости показаний динамометра F от веса подвешенных грузов P при нагрузке и разгрузке приведены в таблице 1 и на графике.

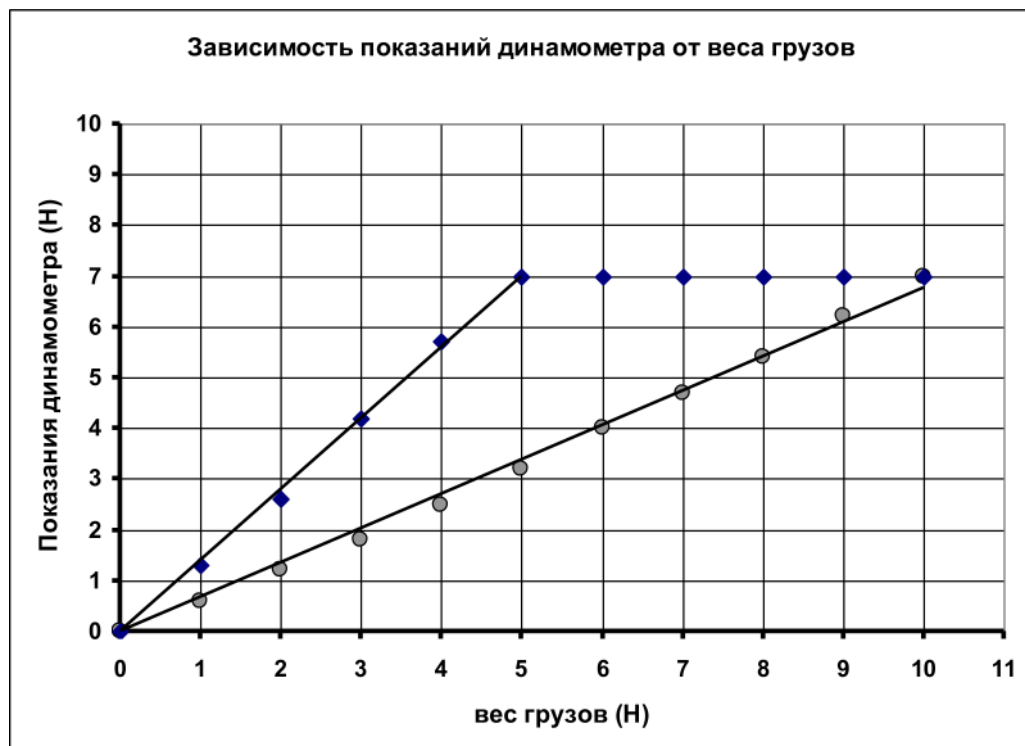
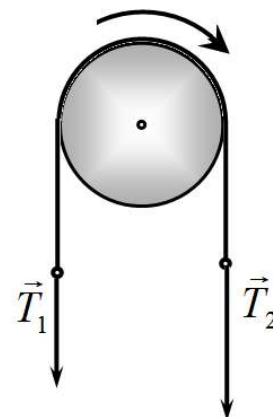
Таблица 2. Нить на цилиндре

нагрузка			Разгрузка		
N	P , Н	F , Н	N	P , Н	F , Н
0	0,0	0,0	10	10,0	7,0
1	1,0	0,6	9	9,0	7,0
2	2,0	1,2	8	8,0	7,0
3	3,0	1,8	7	7,0	7,0
4	4,0	2,5	6	6,0	7,0
5	5,0	3,2	5	5,0	7,0
6	6,0	4,0	4	4,0	5,7
7	7,0	4,7	3	3,0	4,2
8	8,0	5,4	2	2,0	2,6
9	9,0	6,2	1	1,0	1,3
10	10,0	7,0	0	0,0	0,0

1.2 Чтобы отношение

$$\frac{T_1}{T_2} = k. \quad (2)$$

было меньше 1 направление движение нити по цилиндру должно быть таким, как показано на рисунке. Следовательно, при нагрузке показания динамометра меньше, чем вес грузов, при разгрузке наоборот – показания динамометра больше веса грузов.



Полученные зависимости подтверждают теоретическую формулу, приведенную в условии задачи: между показаниями динамометра и весом грузов реализуется прямо пропорциональная зависимость. Коэффициенты наклона в данном случае имеет смысл рассчитывать по методу наименьших квадратов. Такой расчет дает следующие значения: При нагрузке $a_1 = 0,70 \pm 0,02$; При разгрузке $a_2 = 1,42 \pm 0,05$ Значение коэффициента в формуле (1) равно коэффициенту a_1 . Также этот коэффициент обратен величине a_2 . Т.е.

$$k = \frac{1}{a_2} = 0,70 \pm 0,03. \quad (3)$$

Как видно получено прекрасное соответствие между найденными значениями. Отметим, что произведение рассчитанных по МНК коэффициентов $a_1 \cdot a_2$ отличаются от теоретического значения (единицы) в четвертом знаке после запятой.