

## Задания

### Задание 30 № 5983

Горизонтальный хорошо теплопроводящий цилиндр, разделённый подвижными поршнями площадью  $S = 100 \text{ см}^2$  на 5 отсеков (№№ 1—5), содержит в них одинаковые количества идеального газа при температуре окружающей среды и под давлениями, равными давлению  $p_a = 10^5 \text{ Па}$  окружающей цилиндр атмосферы (см. рисунок). Каждый поршень сдвигается с места, если приложенная к нему горизонтальная сила превышает силу сухого трения  $F_{\text{тр}} = 2 \text{ Н}$ . К самому левому поршню прикладывают горизонтальную силу  $F$ , медленно увеличивая её по модулю. Какого значения достигнет  $F$ , когда объём газа в самом правом, 5-м отсеке цилиндра уменьшится в  $n = 2$  раза? Процессы изменения состояния газов в отсеках цилиндра считать изотермическими.



#### Решение.

Поскольку процесс медленный, то в каждый момент времени вся система находится в равновесии, и сумма горизонтальных проекций всех сил, действующих на любую её часть, равна нулю.

Для того чтобы объём отсека № 5 уменьшался, все поршни, очевидно, должны двигаться, и при этом на каждый из них будет действовать сила трения  $F_{\text{тр}}$ , направленная влево.

Согласно закону Бойля — Мариотта, при изотермическом процессе в пятом отсеке произведение его объёма  $V$  на давление в нем  $p$  должно оставаться неизменным:  $pV = \text{const}$ , откуда следует, что в конце процесса при объёме  $V/n = V/2$  давление в этом отсеке будет равно  $np_a = 2p_a$ . При этом на правый поршень со стороны газа в пятом отсеке будет действовать сила  $2p_a \cdot S$ , направленная влево.

Рассмотрим теперь систему, состоящую из всех пяти поршней и четырёх отсеков (№№ 1—4) с газом между этими поршнями. В конце процесса сжатия газа в пятом отсеке на эту систему в равновесии действуют слева направо сила  $F$  и сила атмосферного давления  $p_a \cdot S$ , а справа налево — 5 сил трения  $F_{\text{тр}}$  и сила давления газа в пятом отсеке  $np_a \cdot S = 2p_a \cdot S$ . Эти силы уравновешивают друг друга, и по второму закону Ньютона:

$$F + p_a \cdot S = 5F_{\text{тр}} + np_a \cdot S = 5F_{\text{тр}} + 2p_a \cdot S,$$

откуда получаем, что

$$F = (n - 1)p_a S + 5F_{\text{тр}} = p_a S + 5F_{\text{тр}} = 1010 \text{ Н}.$$

Ответ:  $F = (n - 1)p_a S + 5F_{\text{тр}} = p_a S + 5F_{\text{тр}} = 1010 \text{ Н}$ .