



§ 37.

Полезная и совершенная работа. Коэффициент полезного действия



Рис. 221

Оценивая работу машины, механизма и др., говорят об их коэффициенте полезного действия (КПД). Но что такое КПД? Что означают слова «полезного действия»?

Рассмотрим ситуацию: идет уборка картофеля на поле. Фермер поднимает картофель в ведре в кузов автомашины (рис. 221), выгружает, а ведро опускает на землю. Механическую работу совершает мускульная сила фермера, поднявшего ведро массой, например, $m_{\text{в}} = 2,0$ кг и картофель массой $m = 10,0$ кг на высоту $h = 1,5$ м. Какая работа здесь является полезной?

Цель фермера — погрузить в кузов картофель. Исходя из этого, полезной работой является работа по подъему картофеля: $A_{\text{пол}} = gmh$. А вот работа по подъему самого ведра $A = gm_{\text{в}}h$ не является полезной. Вся же совершенная (полная работа) равна:

$$A_{\text{сов}} = A_{\text{пол}} + A = g(m + m_{\text{в}})h.$$

Какую долю составляет полезная работа от совершенной?

$$\frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{сов}}} = \frac{gmh}{g(m + m_{\text{в}})h} = \frac{m}{m + m_{\text{в}}}.$$

Обозначим отношение $\frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{сов}}}$ буквой η (эта) и назовем *коэффициентом полезного действия (КПД)*. Тогда $\eta = \frac{10 \text{ кг}}{12 \text{ кг}} = 0,83$.

КПД, как правило, выражают в **процентах**:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{сов}}} \cdot 100 \%.$$



Рис. 222

Таким образом, КПД (эффективность работы) в данном случае равен 83 %.

Рассмотрим еще один пример. Дети разгоняют санки, действуя силой F в направлении их движения (рис. 222). Совершенная (полная) работа здесь $A_{\text{сов}} = F \cdot s$. Цель детей — увеличить скорость движения санок. Но на санки действует еще сила трения скольжения $F_{\text{тр}}$. Она тормозит движение санок. Значит, работа детей по преодолению силы трения не является полезной:

$$A = F_{\text{тр}} \cdot s.$$

Полезной же работой была

$$A_{\text{пол}} = A_{\text{сов}} - A = (F - F_{\text{тр}})s.$$

Тогда доля полезной работы (КПД)

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{сов}}} = \frac{F - F_{\text{тр}}}{F} \cdot 100 \%.$$

Физическая величина, равная отношению полезной работы к совершенной (полной), называется коэффициентом полезного действия.

А могут ли механизм, машина, человек работать так, чтобы $\text{КПД} = 100 \%$, т. е. чтобы вся совершенная работа была полезной?

Ученые неоднократно пытались создать такую машину (вечный двигатель), но все попытки оказались безуспешными. *(Самостоятельно познакомьтесь в Интернете или справочной литературе с информацией о вечном двигателе (рис. 223)).* В работе любой машины, механизма всегда есть бесполезная работа, идущая на преодоление трения, сопротивления. А значит, КПД всегда меньше 100% . А вот сделать бесполезную работу минимальной означает повысить КПД.

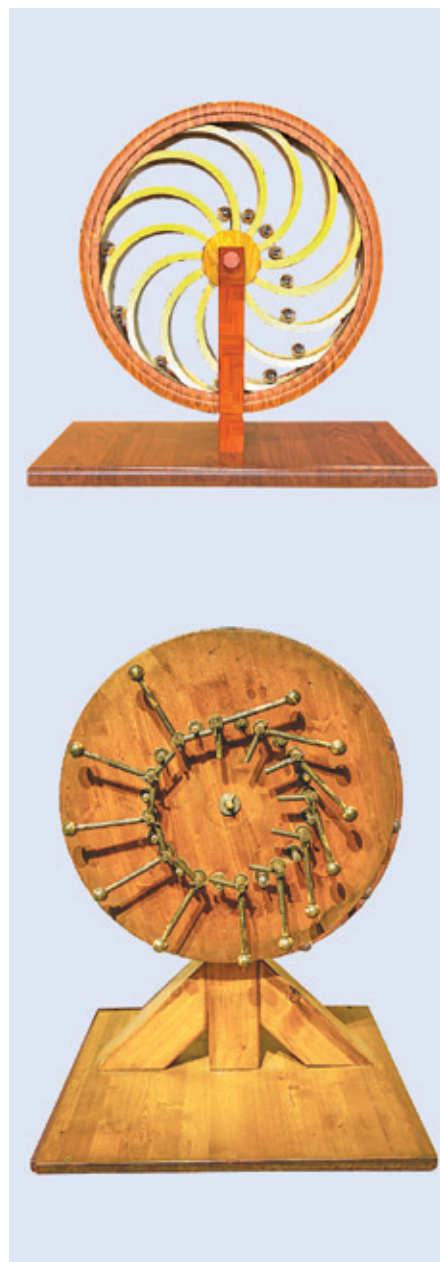


Рис. 223

■ Главные выводы

1. Совершенная (т. е. полная) механическая работа всегда больше полезной.
2. КПД показывает, какую долю составляет полезная работа от всей совершенной.
3. Чем больше полезная работа, тем выше КПД.
4. КПД любого механизма всегда меньше 100% .

**Контрольные вопросы**

1. Из чего складывается совершенная любым механизмом, машиной механическая работа?
2. Почему работа по преодолению силы трения скольжения не является полезной?
3. Как определить КПД?
4. Рассмотрев приведенные в тексте параграфа примеры, дайте совет, как повысить КПД.
5. Может ли КПД машины, механизма быть равным 100 %?

**Пример решения задачи**

При подъеме картофеля из хранилища глубиной $h = 3,6$ м подъемным устройством с КПД $\eta = 90$ % совершена работа $A_{\text{сов}} = 40$ кДж. Сколько мешков картофеля массой $m_0 = 40$ кг каждый было поднято из хранилища? Коэффициент g примите равным $10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Дано:

$$h = 3,6 \text{ м}$$

$$\eta = 90 \% = 0,90$$

$$A_{\text{сов}} = 40 \text{ кДж} = 4,0 \cdot 10^4 \text{ Дж}$$

$$m_0 = 40 \text{ кг}$$

$$g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$$

 $N = ?$ **Решение**

Зная совершенную работу и КПД, можно найти полезную работу по подъему мешков картофеля:

$$A_{\text{пол}} = \eta \cdot A_{\text{сов}}.$$

Полезная работа — это работа подъемного устройства по преодолению силы тяжести мешков картофеля:

$$A_{\text{пол}} = gmh.$$

Масса $m = m_0 \cdot N$, где N — число мешков картофеля. Тогда $gm_0Nh = \eta \cdot A_{\text{сов}}$, откуда

$$N = \frac{\eta \cdot A_{\text{сов}}}{gm_0h} = \frac{0,90 \cdot 4,0 \cdot 10^4 \text{ Дж}}{10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 40 \text{ кг} \cdot 3,6 \text{ м}} = 25.$$

Ответ: $N = 25$ мешков.

Упражнение 18

1. При работе насоса с КПД $\eta = 80\%$ была совершена работа $A_{\text{сов}} = 4,2$ кДж. Определите значение полезной работы.

2. Определите значения полезной и полной работы, совершенной за некоторое время действия подъемного крана с КПД $\eta = 70\%$, если значение бесполезной работы за это время составляет $A = 1,5$ МДж.

3. Каков КПД устройства, в котором значение полезной работы в 8 раз превышает значение бесполезной работы?



4. Будут ли одинаковыми значения КПД подъемника лифта при подъеме одного или нескольких человек? Почему?

5. Каким может быть максимальное значение КПД подъемника лифта, если в нем поднимается четыре человека общей массой $m = 300$ кг? Массу пустой кабины принять равной $m_1 = 60$ кг.

6. При разгоне спортивных саней на пути $s = 10$ м спортсменами была совершена работа $A_{\text{сов}} = 2,0$ кДж. Считая значение препятствующей разгону силы трения постоянным и равным $F_{\text{тр}} = 20$ Н, найдите значение КПД в рассмотренном случае.



7. На рисунке 224 приведены графики зависимости силы сопротивления от высоты при подъеме грузов одинаковой массы двумя различными подъемниками. Какую информацию можно получить, оценивая закрашенную и заштрихованную площади? Можно ли по этим площадям сравнить коэффициенты полезного действия данных подъемников? Ответ аргументируйте.

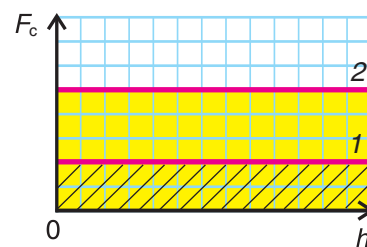


Рис. 224



8. На рисунке 225 даны графики зависимости силы трения от пути при подъеме грузов одинаковой массы на одну и ту же высоту двумя подъемниками. Одинаковой ли была эффективность работы подъемников? Ответ аргументируйте.

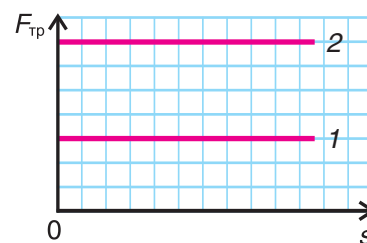


Рис. 225