

## § 16. БЛОК

**?** Перший блок був винайдений, коли через колесо, що обертається навколо осі, невідомий стародавній механік перекинув мотузку і за допомогою цього пристрою став підіймати вантажі. За легендою, Архімед за допомогою декількох блоків зміг спустити на воду важке судно, що не могли зрушити з місця десяти коней. Зараз блоки є в багатьох машинах та механізмах. Чим пояснюється таке широке їх застосування?

### 1 З'ясовуємо зв'язок нерухомого блока з важелем

Подивімося на рис. 16.1, на якому зображено колесо із жолобом. Вісь колеса закріплена нерухомо, саме колесо має можливість обертатися навколо цієї осі. Через жолоб перекинута мотузку. Перед нами приклад ще одного *простого механізму* — *нерухомий блок*. Важіль і нерухомий блок, на перший погляд, є зовсім різними механізмами. Проте насправді нерухомий блок є важелем з однаковими плечима (рис. 16.1, б). Дійсно, якщо до кінців мотузки, перекинutoї через блок, прикласти сили, то відповідно до умови рівноваги важеля отримуємо  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$ .

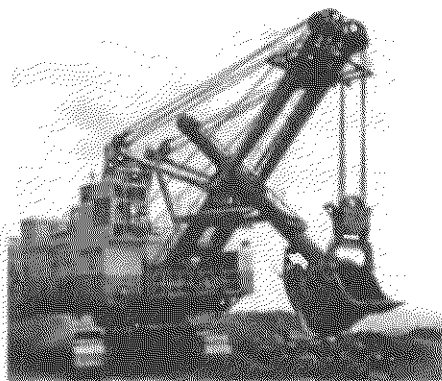
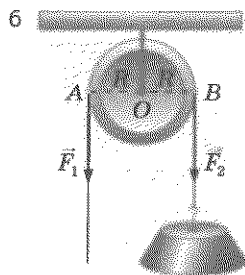
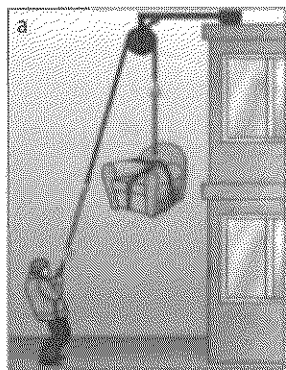
Плечі сил  $F_1$  і  $F_2$  дорівнюють радіусу  $R$  колеса. Тому з умови рівноваги  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{R}{R} = 1$  випливає, що  $F_1 = F_2$ , тобто *нерухомий блок не дає виграну в силі*. Однак ми бачимо, що *нерухомий блок дозволяє змінювати напрямок дії сили* (див., наприклад, рис. 16.2, 16.3).

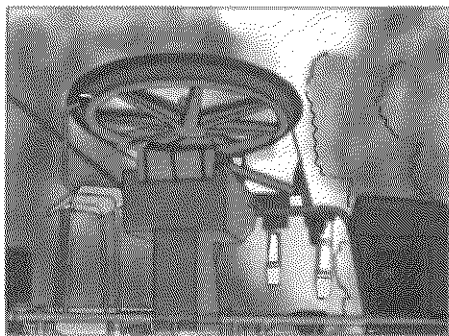
### 2 Досліджуємо рухомий блок

За допомогою спеціальної обойми причепимо вантаж до осі блока. Сам блок підвісимо на мотузку, один кінець якої закріпимо на стелі

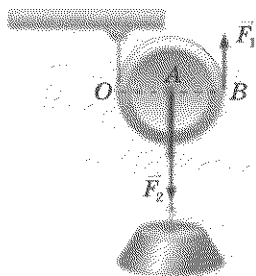
**Рис. 16.1.** Нерухомий блок можна розглядати як важіль з однаковими плечима. На схемі (б):  $R$  — радіус блока;  $OB$  — плече сили, що діє з боку тіла;  $AO$  — плече сили, з якою на блок діє людина

**Рис. 16.2.** Нерухомі блоки, які є в конструкції кар'єрних екскаваторів, дозволяють змінювати напрямок дії сил під будь-яким кутом



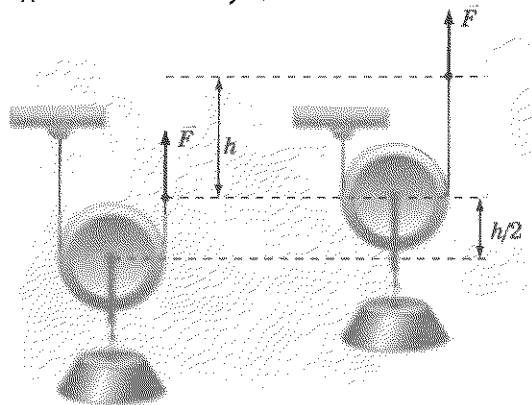


**Рис. 16.3.** Нерухомий блок у механізмі канатної дороги змінює напрямок дії сили натягу канату на протилежний



**Рис. 16.4.** Сили, які діють на рухомий блок

**Рис. 16.5.** Якщо підняти кінець мотузки на висоту  $h$ , то блок підніметься на висоту  $h/2$

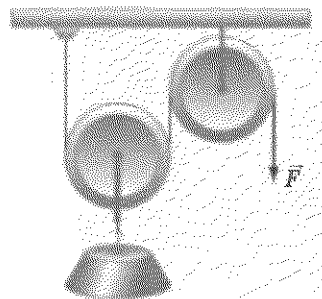


(рис. 16.4). Якщо піднімати вільний кінець мотузки, то за мотузкою буде підніматися і блок з вантажем. Таким чином, ми виготовили простий механізм, який називають *рухомим блоком*.

Рухомий блок можна розглядати як важіль, що обертається навколо точки  $O$  (див. рис. 16.4). Тоді плече сили  $F_2$ , лінія якої проходить через вісь колеса, дорівнює радіусу колеса  $OA$ ; плече сили  $F_1$ , прикладеної вздовж мотузки, дорівнює діаметру колеса  $OB$ , тобто двом його радіусам. Таким чином, рухомий блок є важелем з відношенням плечей  $1 : 2$ . Використавши умову рівноваги важеля  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1}$  і врахувавши значення плечей сил  $F_1$  і  $F_2$ , отримуємо  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{R}{2R}$ . Остаточно  $F_1 = \frac{F_2}{2}$ . Таким чином, *рухомий блок дає вииграш у силі у 2 рази*. У *рухомому блоці вииграш у силі супроводжується таким же програшем у відстані*: якщо підняти вільний кінець мотузки на висоту  $h$ , вантаж підніметься на висоту  $\frac{h}{2}$  (рис. 16.5).

Як правило, нерухомі та рухомі блоки використовують одночасно — у вигляді комбінацій (рис. 16.6).

**Рис. 16.6.** Для підняття вантажів незамінними є комбінації нерухомого та рухомого блоків



**Задача.** На рис. 16.7 зображено систему блоків. Скільки в цій системі рухомих блоків і скільки нерухомих? Якими є сили натягу  $F_a$  та  $F_b$  мотузок  $a$  та  $b$  відповідно, якщо маса вантажу становить 20 кг? Який виграш у силі дає ця система блоків? На яку відстань  $h_A$  опуститься точка  $A$ , якщо вантаж підніметься на 10 см? Блоки вважайте невагомими, тертя відсутнім.

Дано:

$$m = 20 \text{ кг}$$

$$h = 10 \text{ см}$$

$$g = 10 \text{ Н/кг}$$

$$F_a = ?$$

$$F_b = ?$$

$$\frac{P}{F} = ?$$

$$h_A = ?$$

*Аналіз фізичної проблеми*

У задачі описано систему блоків, що, як видно з рисунка, складається з двох рухомих і одного нерухомого блоків. За умовою блоки невагомими, отже, натяг мотузок буде спричиняти тільки вага вантажу. Вантаж підвішений до рухомого блока, який дає виграш у силі. Другий рухомий блок також дає виграш у силі. Для визначення виграшу в силі нам потрібно порівняти вагу  $P$  вантажу із силою  $F$ , яка прикладена до вільного кінця мотузки і під дією якої піднімається вантаж. Слід урахувати, що, вигравши в силі, ми в стільки ж разів програємо у відстані, на яку переміщується вантаж.

*Пошук математичної моделі, розв'язання*

Вага вантажу може бути обчислена за формулою

$$P = mg.$$

Знайдемо вагу вантажу:

$$P = 20 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 200 \text{ Н}.$$

Рухомий блок, до якого підвішений вантаж, дає виграш у силі в 2 рази, отже, сила натягу мотузки  $a$  становить:

$$F_a = \frac{P}{2}; F_a = \frac{200 \text{ Н}}{2} = 100 \text{ Н}.$$

Рухомий блок, до якого підвішена мотузка  $b$ , також дає виграш у силі в 2 рази, отже, сила натягу мотузки  $b$  становить:

$$F_b = \frac{F_a}{2}; F_b = 50 \text{ Н}.$$

Сила  $F$  є силою натягу мотузки  $b$ :  $F = F_b$ . Тому виграш у силі становить:

$$\frac{P}{F} = \frac{200 \text{ Н}}{50 \text{ Н}} = 4.$$

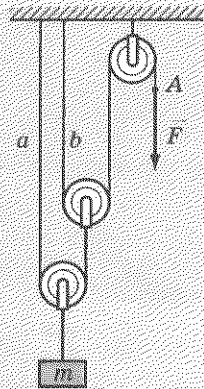


Рис. 16.7

У скільки разів ми виграли в силі, у стільки разів програли у відстані:  $h_A = 4h = 40$  см.

**Відповідь:** система блоків складається з двох рухомих та одного нерухомого блоків; сила натягу мотузки  $a$  становить 100 Н; сила натягу мотузки  $b$  становить 50 Н; виграш у силі дорівнює 4; точка  $A$  опуститься на 40 см.

### ! Підбиваємо підсумки

Нерухомий блок подібний до важеля з однаковими плечима і тому не дає виграшу в силі, проте дозволяє змінювати напрямок дії сили.

Рухомий блок подібний до важеля, у якого відношення плечей становить 1 : 2, і тому він дає виграш у силі в 2 рази. Але це супроводжується програшем у відстані в 2 рази.

Для більшої ефективності, як правило, використовують комбінації рухомого та нерухомого блоків.

### ? Контрольні запитання

1. Опишіть нерухомий блок.
2. Чому нерухомий блок не дає виграшу в силі?
3. Для чого використовують нерухомий блок?
4. Опишіть рухомий блок.
5. Який виграш у силі дає рухомий блок?
6. Що означає: рухомий блок дає програш у відстані в 2 рази?
7. Як за допомогою блоків отримати виграш у силі більш ніж у 2 рази?

### Вправа № 16

1. На скільки підніметься вантаж (рис. 1), якщо вільний кінець мотузки витягнути вгору на 10 см?
2. Вільний кінець мотузки тягнуть із силою  $F = 40$  Н (рис. 2). Якою є маса вантажу?

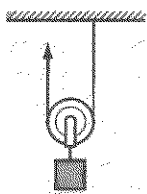


Рис. 1

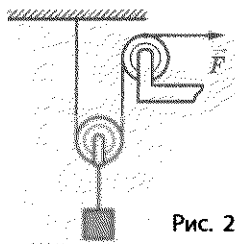


Рис. 2

3. Яку силу  $F$  треба прикласти (рис. 2), щоб підняти вантаж масою 50 кг? На скільки підніметься вантаж, якщо витягнути мотузку на 24 см?
4. Яку силу треба прикласти, щоб підняти вантаж масою 100 кг за допомогою рухомого і нерухомого блоків (див. рис. 16.6), якщо маса рухомого блока становить 2 кг? Тертя в осях відсутнє.
5. Вантаж (див. рис. 16.7) піднімається за допомогою одного нерухомого та двох рухомих блоків. Якою є маса вантажу і на скільки він підніметься, якщо під дією сили 75 Н вільний кінець мотузки опустити на 60 см?