

---

---

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ И ТРАНСПОРТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

---

---

УДК 531.01

**Н.П. Кадочникова**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЕХАНИЗМА ДЛЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛА

*Рассмотрен механизм ножниц для резки металла и проведено исследование.*

**Ключевые слова:** сила, механическая система, скорость.

**N.P. Kadochnikova**

## DYNAMIC CALCULATION MECHANISM OF METAL SCISORS

*The article deals with the mechanism of metal scissors and research has been carried out.*

**Key words:** power, mechanical system, speed.

Механизм ножниц для резки металла состоит из кривошипно-шатунного механизма  $OAB$ , к которому прикреплен подвижный нож. Масса корпуса ножниц  $m$ . Кривошип  $OA$ , шатун  $AB$  однородные стержни одинаковой длины  $l$  и массой  $m$  каждый. Масса подвижного конца  $m_2$ .

Кривошип  $OA$  равномерно вращается с угловой скоростью  $\omega$ . Трением между корпусом ножниц и фундаментом пренебречь.

Определить. Наибольшее вертикальное и горизонтальное давление на болты.

Угловую скорость, при которой вертикальные силы, растягивающие болты, равны весу ножниц.

Рассмотрим механическую систему механизма ножниц (рис. 1).

Покажем внешние силы, действующие на систему:

$m\bar{q}$ ,  $m_1\bar{q}$ ,  $m_1\bar{q}$ ,  $m_2\bar{q}$  – силы тяжести корпуса, кривошипа  $OA$ ,

шатуна  $AB$ , подвижного конца,  $\bar{N}$  – вертикальное давление на болты,  $\bar{F}$  – горизонтальное давление на болты. Воспользуемся теоремой об изменении количества движения системы в проекциях на оси  $x, y$ .

$$\frac{dQ_x}{dt} = \sum F_{kx}^e; \quad \frac{dQ_y}{dt} = \sum F_{ky}^e;$$

$$\frac{dQ_x}{dt} = -F; \quad \frac{dQ_y}{dt} = -mq - 2m_1q + N - m_2q,$$

$Q_x, Q_y$  – количества движения системы в проекциях на оси  $x, y$ .

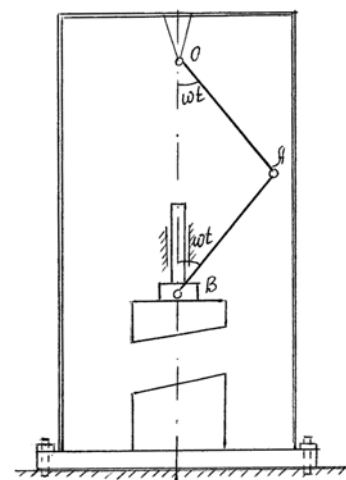


Рис. 1. Схема механизма  
Fig.1. Scheme of mechanism

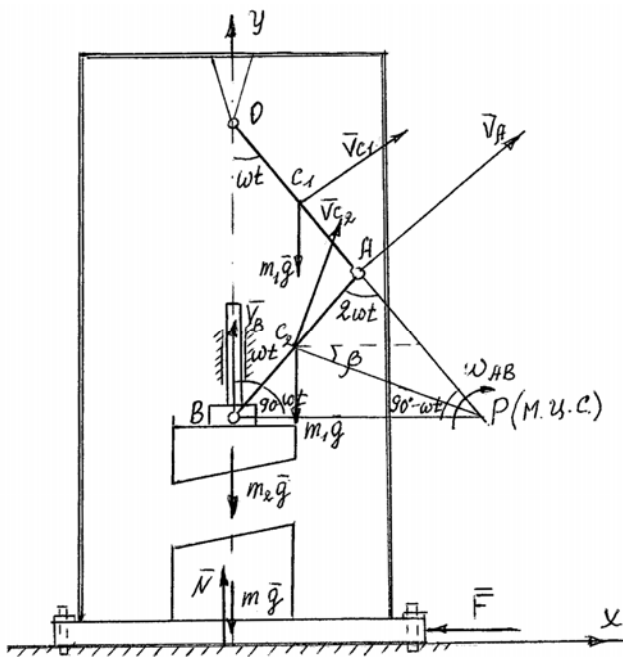


Рис. 2. Скорости точек, силы  
Fig. 2. Speeds points, powers

$$Q_x = m_1 V_{c_1 x} + m_1 V_{c_2 x} + m_2 V_{Bx} .$$

$$Q_y = m_1 V_{c_1 y} + m_1 V_{c_2 y} + m_2 V_{By} .$$

$V_{c_1 y}, V_{c_2 y}, V_{By}$  – проекции скоростей центров масс кривошипа, шатуна, подвижного конца ножниц на ось  $y$  .

$$Q_x = m_1 V_{c_1} \cos \omega t + m_1 V_{c_2} \sin \beta .$$

$$Q_y = m_1 V_{c_1} \sin \omega t + m_1 V_{c_2} \cos \beta + m_2 V_B .$$

Кривошип  $OA$  – вращательное движение

$$V_{c_1} = \omega \cdot \frac{l}{2} .$$

Шатун  $AB$  – плоское движение. Точка  $P$  – мгновенный центр скоростей, лежит на пересечении перпендикуляров к линиям скоростей  $\vec{V}_A, \vec{V}_B$ , проведенным из точек  $A$  и  $B$  (рис. 2).

Определим  $\omega_{AB}, V_{C_2}$  .

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{AP} = \frac{\omega \cdot l}{l} = \omega; \quad V_{C_2} = \omega_{AB} \cdot PC_2 = \omega \cdot PC_2 .$$

Определим  $\sin \beta$  по теореме синусов из треугольника  $C_2BP$  :

$$\frac{PC_2}{\sin(90^\circ + \omega t)} = \frac{l/2}{\sin \beta}; \quad \sin \beta = \frac{l/2 \cdot \sin(90^\circ + \omega t)}{PC_2} = \frac{l/2 \cos \omega t}{PC_2} .$$

$PC_2$  определим по теореме косинусов из треугольника  $C_2BP$  :

$$PC_2 = \sqrt{l^2 + \frac{l^2}{4} - 2 \cdot \frac{l}{2} \cdot l \cos 2\omega t} = \sqrt{\frac{5l^2}{4} - l^2 \cos 2\omega t} .$$

$$\begin{aligned} \cos \beta &= \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \frac{\frac{l^2}{4} \cos^2 \omega t}{PC_2^2}} = \frac{1}{PC_2} \sqrt{PC_2^2 - \frac{l^2}{4} \cos^2 \omega t} = \\ &= \frac{1}{PC_2} \sqrt{\frac{9l^2}{4} - \frac{9l^2}{4} \cos^2 \omega t} = \frac{1}{PC_2} \frac{3l}{2} \sqrt{1 - \cos^2 \omega t} = \frac{1}{PC_2} \cdot \frac{3l}{2} \sin \omega t . \end{aligned}$$

$PB$  определим по теореме синусов:

$$\frac{PB}{\sin 2\omega t} = \frac{l}{\sin(90^\circ - \omega t)}; \quad PB = \frac{l \sin 2\omega t}{\sin(90^\circ - \omega t)} = \frac{l \cdot 2 \cancel{\cos \omega t} \cdot \sin \omega t}{\cancel{\cos \omega t}} = 2l \sin \omega t .$$

$$Q_x = m_1 V_{c_1} \cdot \cos \omega t + m_1 V_{c_2} \sin \beta = m_1 \cdot \frac{\omega l}{2} \cos \omega t + m_1 \omega \cdot \cancel{PC_2} \frac{\frac{l}{2} \cos \omega t}{\cancel{PC_2}} = \frac{3}{4} m_1 \omega l \cos \omega t .$$

$$Q_y = m_1 V_{C_1} \cdot \sin \omega t + m_1 V_{C_2} \cos \beta + m_2 V_B = m_1 \omega \cdot \frac{l}{2} \sin \omega t + m_1 \omega \cdot \frac{3l}{2} \sin \omega t + m_2 l \cdot 2 \sin \omega t =$$

$$= (m_1 + m_2) 2l \omega \sin \omega t .$$

Найдем  $\frac{dQ_x}{dt}$ ,  $\frac{dQ_y}{dt}$ .

$$\frac{dQ_x}{dt} = \left( \frac{3}{4} m_1 \omega l \cos \omega t \right)' = -\frac{3}{4} m_1 \omega^2 l \sin \omega t .$$

$$\frac{dQ_y}{dt} = \left( (m_1 + m_2) 2l \omega \sin \omega t \right)' = (m_1 + m_2) \cdot 2l \omega^2 \cos \omega t .$$

Все подставим в теорему об изменении количества движения системы в проекциях на оси  $x$  и  $y$  и определим давление на болты.

$$F = -\frac{dQ_x}{dt} .$$

$$F = \frac{3}{4} m_1 \omega^2 l \sin \omega t . \quad F_{\max} = \frac{3}{4} m_1 \omega^2 l . \quad -1 \leq \sin \omega t \leq 1 .$$

Горизонтальное давление на болты:

$$N = m q + 2m_1 q + m_2 q + \frac{dQ_y}{dt} .$$

$$N = m q + 2m_1 q + m_2 q + (m_1 + m_2) \cdot 2l \omega^2 \cos \omega t . \quad -1 \leq \cos \omega t \leq 1 .$$

Наибольшее вертикальное давление на болты при  $\omega t = 0$ :

$$N_{\max} = m q + 2m_1 q + m_2 q \pm (m_1 + m_2) \cdot 2l \omega^2 .$$

Определим угловую скорость, при которой вертикальные силы, растягивающие болты, равны весу ножниц, т.е.

$$N_{\min} = m q + m_2 q - \text{вес ножниц} .$$

$$m q + m_2 q = m q + 2m_1 q + m_2 q - (m_1 + m_2) \cdot 2l \omega^2 .$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2 m_1 q}{(m_1 + m_2) \cdot 2l}} .$$

В статье рассмотрен механизм ножниц для резки металла и проведено исследование его движения с применением теоретической механики.

### Список литературы

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Наука, 2003. – 416 с.
2. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике / под ред. А.А. Яблонского. 15-е изд., стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2006. – 384 с.

**Сведения об авторе:** Кадочникова Нина Павловна, доцент.