

Й.І. СТОРІЖКО, Г.Р. ВАЛІУЛІН, В.М. ЛЮБІМОВ, М.В. ЯКИМЧУК, кандидати
технічних наук,

В.В. БАЗАРЕНКО

Український державний університет харчових технологій

ГЕОМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ НАПРЯМНОГО ВАЖІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ

Проведено геометричний синтез напрямного важільного механізму для орієнтованого укладання фасованих продуктів у транспортну тару. Встановлено аналітичні залежності для визначення геометричних параметрів ланок механізму і пневмоциліндра, координат місця кріплення пневмоциліндра і максимального значення його рушійної сили.

Для вільного переміщення (опускання) захватної головки укладальника пляшок у тару-обладнання (ТО) типів ОТП-300 і ТОС-1-1-60 треба чітко зорієнтувати і зафіксувати положення ТО. На рис. 1 зображено схему напрямного механізму, запропонованого авторами. Конвеєром 1 тара-обладнання 2 подається до місця завантаження. Вихідні ланки 4 (робочі органи) переміщуються пневмодвигунами 3 (пневмоциліндрами) всередину ТО й одночасно орієнтують і фіксують його положення. Захватна головка 5 з пляшками опускається, і ТО завантажується.

Геометричний синтез виконано за чотири етапи. На першому етапі встановлюємо аналітичний зв'язок між параметрами H , h , l і ψ (див. далі). Параметри H , $l = FD$ і $h = O_2D$ (рис.2) визначаються конструктивно залежно від габаритних розмірів ТО і захватної головки. У відповідності з рис. 2 маємо

$$H = FD + O_2K - D_1M = l + h \sin \psi - l \cos \psi, \quad (1)$$

де H – відстань від верхнього торця стінки ТО до захвата (робочого органа) в початковому положенні механізму; h – відстань від площини захвата до опори O_2 вихідної ланки механізму; l – половина довжини захвата; ψ – кут повороту вихідної ланки з початкового положення O_2B_1 в кінцеве O_2B .

Позбувшись $\sin\psi$, після перетворення рівняння (1) наведемо у вигляді

$$a\cos^2\psi + b\cos\psi + c = 0, \quad (2)$$

де коефіцієнти

$$a = \left(\frac{l}{h}\right)^2 + 1; \quad b = \frac{2l(h-l)}{h^2}; \quad c = \left(\frac{h-l}{h}\right)^2 - 1.$$

Із рівняння (2)

$$\psi = \arccos\left(\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}\right). \quad (3)$$

На другому етапі встановлено аналітичний зв'язок між кутами ψ і φ .

Для цього, залежно від габаритних розмірів місця, відведеного для встановлення механізму, задаємося довжиною його ланок: $O_2B = BA = AO_1 = l_1$.

У відповідності з рис. 2

$$l_2 = O_2B - O_2C = l_1 - l_1\cos\psi = l_1(1 - \cos\psi), \quad (4)$$

$$l_3 = A_1M - l_2 = l_1 \cdot \sin\varphi - l_2 = l_1(\sin\varphi + \cos\psi - 1), \quad (5)$$

де φ – кут повороту вхідної ланки з початкового положення O_1A_1 в кінцеве O_1A .

З $\triangle A_1NB_1$ з урахуванням рівнянь (4) і (5) дістанемо

$$\sin\beta = \frac{l_3}{l_1} = (\sin\varphi + \cos\psi - 1). \quad (6)$$

З другого боку, $2l_1 = O_1M + A_1N + B_1C = l_1\cos\varphi + l_1\cos\beta + l_1\sin\psi$,

звідки

$$\cos\beta = (2 - \sin\psi - \cos\varphi). \quad (7)$$

Піднесемо рівняння (6) і (7) до квадрата, складемо і дістанемо

$$a_1\sin^2\varphi + b_1\sin\varphi + c_1 = 0, \quad (8)$$

де коефіцієнти

$$a_1 = \left[\left(\frac{A_1}{B_1} \right)^2 + 1 \right]; \quad b_1 = \left[\frac{2C_1 B_1}{B_1^2} \right]; \quad c_1 = \left[\left(\frac{C_1}{B_1} \right)^2 - 1 \right];$$

$$A_1 = \cos\psi - 1; \quad B_1 = \sin\psi - 2; \quad C_1 = 2\sin\psi + \cos\psi - 3.$$

Розв'язавши рівняння (8), матимемо

$$\varphi = \arcsin \left(\frac{-b_1 \pm \sqrt{b_1^2 - 4a_1 c_1}}{2a_1} \right). \quad (9)$$

На третьому етапі визначаємо координати X і Y точки O (місця закріплення пневмоциліндра). Для цього попередньо вибираємо пневмоциліндр з розмірами $OA_1 = l_{\min}$, $OA = l_{\max}$, та $l_{\max} = l_{\min} + S$, де S – хід поршня. З $\triangle OA_1A$ (див рис. 2) знаходимо

$$AA_1 = \sqrt{l_1^2 + l_1^2 - 2l_1 l_1 \cos\varphi} = l_1 \cdot \sqrt{2(1 - \cos\varphi)}. \quad (10)$$

З $\triangle OAA_1$ визначаємо кут

$$\theta = \arccos \frac{(l_{\max}^2 - l_{\min}^2 + AA_1^2)}{2l_{\max} AA_1}. \quad (11)$$

З $\triangle AAM$ знаходимо кут

$$\gamma = \frac{180^\circ - \varphi}{2} = 90^\circ - \frac{\varphi}{2}. \quad (12)$$

З урахуванням рівняння (12) із $\triangle OKA$

$$\angle KAO = \theta + \gamma = \theta + 90^\circ - \varphi/2. \quad (13)$$

Координати X і Y визначимо з урахуванням рівняння (13):

$$X = AO_1 - AK = l_1 - l_{\max} \cos \left(90^\circ - \frac{\varphi}{2} + \theta \right); \quad (14)$$

$$Y = OK = l_{\max} \sin \left(90^\circ - \frac{\varphi}{2} + \theta \right). \quad (15)$$

На четвертому етапі виводимо аналітичну залежність для розрахунку максимального значення рушійної сили пневмоциліндра $P_{руш}$ (рис. 3). Для цього треба орієнтовно прийняти числове значення зусилля F , з яким захвати діють на боковини ТО.

Умова спрацьовування механізму (задачу розв'язуємо у статиці, без урахування сил тяжіння і сил тертя у кінематичних парах)

$$\left(\overline{P}'_{руш} + \overline{P}'_{12} \right) \overline{P}_{32},$$

де $P'_{руш} = P_{руш} \cos \alpha$ $P_{32} = P \cos \beta$;

Сила корисного опору $P = \frac{F \cdot l}{l_1}$, проекція

$$P'_{12} = | - P_{32} | \cos^2(\theta + \varphi) = \left(\frac{Fl}{l_1} \right) \cos \beta \cos^2(\theta + \varphi).$$

Тоді

$$P_{руш} > \frac{F l \cos \beta}{l_1 \cos \alpha} \left(1 - \cos^2(\theta + \varphi) \right) \quad (16)$$

Виведемо аналітичні залежності для невідомих кутів (див. рис 3):

$$\beta = 90^\circ - \tau. \quad (17)$$

З $\Delta A_1 B_1 C_1$ визначаємо кути τ і θ :

$$\tau = \arcsin \frac{B_1 C_1^2 + l_1^2 - A_1 C_1^2}{2 B_1 C_1 l_1}, \quad (18)$$

де $A_1 C_1 = 2l_1 - O_1 K$ $O_1 C_1 = l_1 (2 - \cos \varphi - (1 - \sin \varphi) \operatorname{tg} \varphi)$;

$$O_2 C = l_1 - B C = l_1 (1 - \sin \varphi); \quad B_1 C_1 = l_1 - O_2 C_1 = l_1 \left(1 - \frac{1 - \sin \varphi}{\cos \varphi} \right);$$

$$\theta = 180^\circ - (90^\circ - \psi) - \tau = 90^\circ - \psi - \tau. \quad (19)$$

З $\Delta A_1 M O$

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{OM_2}{A_1 M_2} = \frac{O_1 K - X}{Y - A_1 K} = \frac{l_1 \cos \varphi - X}{Y - l_1 \sin \varphi},$$

звідки

$$v = \operatorname{arctg} \frac{l_1 \cos \varphi - X}{Y - l_1 \sin \varphi} . \quad (20)$$

Тоді

$$\alpha = 90^\circ - \theta_1 - v = \tau - \psi - v . \quad (21)$$

Висновок. Виведені математичні залежності дають можливість з урахуванням розмірів тари-обладнання визначити:

- геометричні параметри ланок напрямного механізму;
- початкове положення вхідної ланки механізму залежно від розмірів ТО;
- координати місця кріплення пневмоциліндра;
- рушійну силу пневмодвигуна.

Одержана редколегією 13.05.2000 р.

Проведен геометрический синтез механизма для ориентированной укладки фасованных продуктов в транспортную тару. Выведены аналитические зависимости для определения геометрических размеров звеньев механизма и пневмоцилиндра, координат места крепления пневмоцилиндра и максимального значения движущей силы пневмоцилиндра.

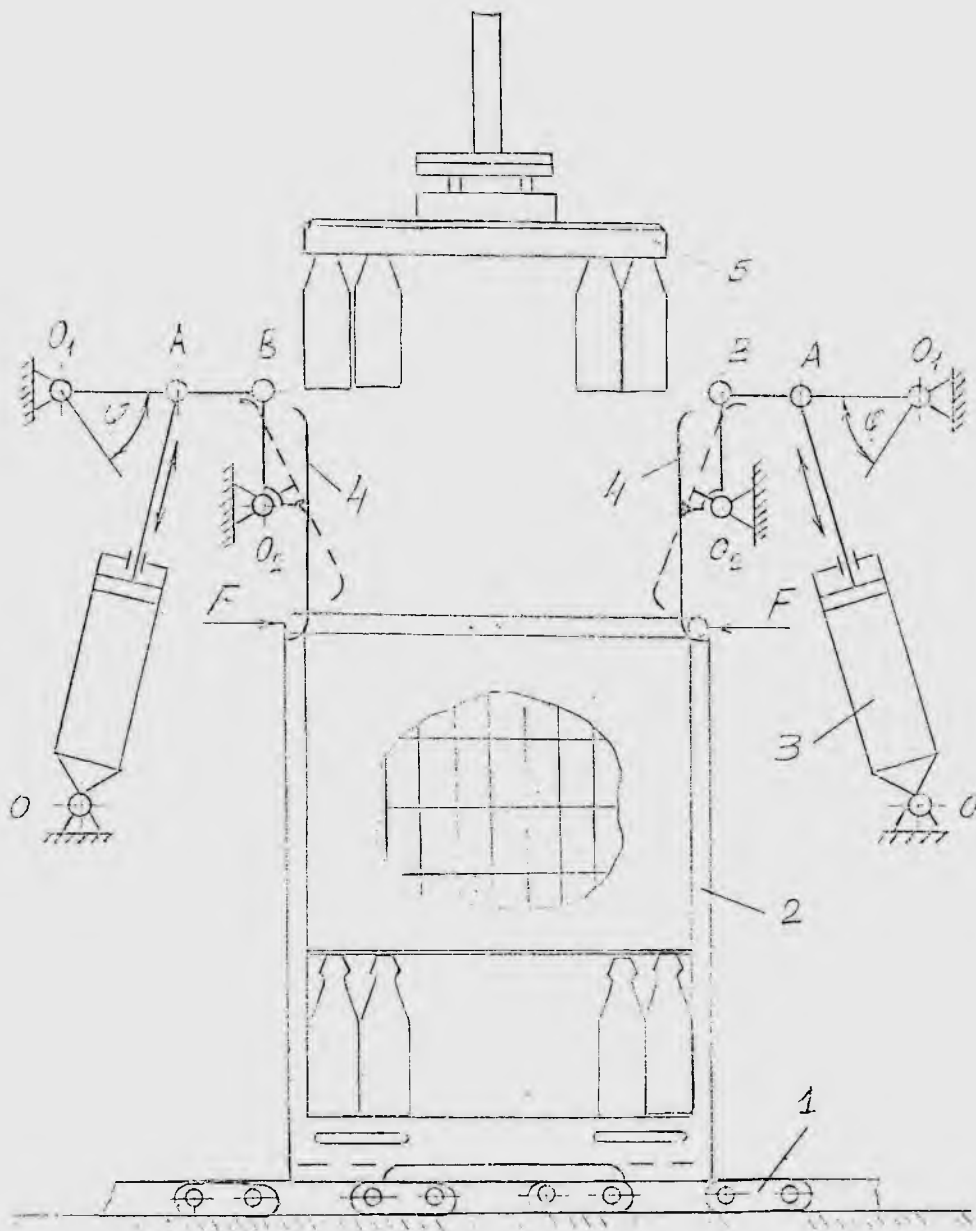


Рис. 1. Схема прямого важільного механізму

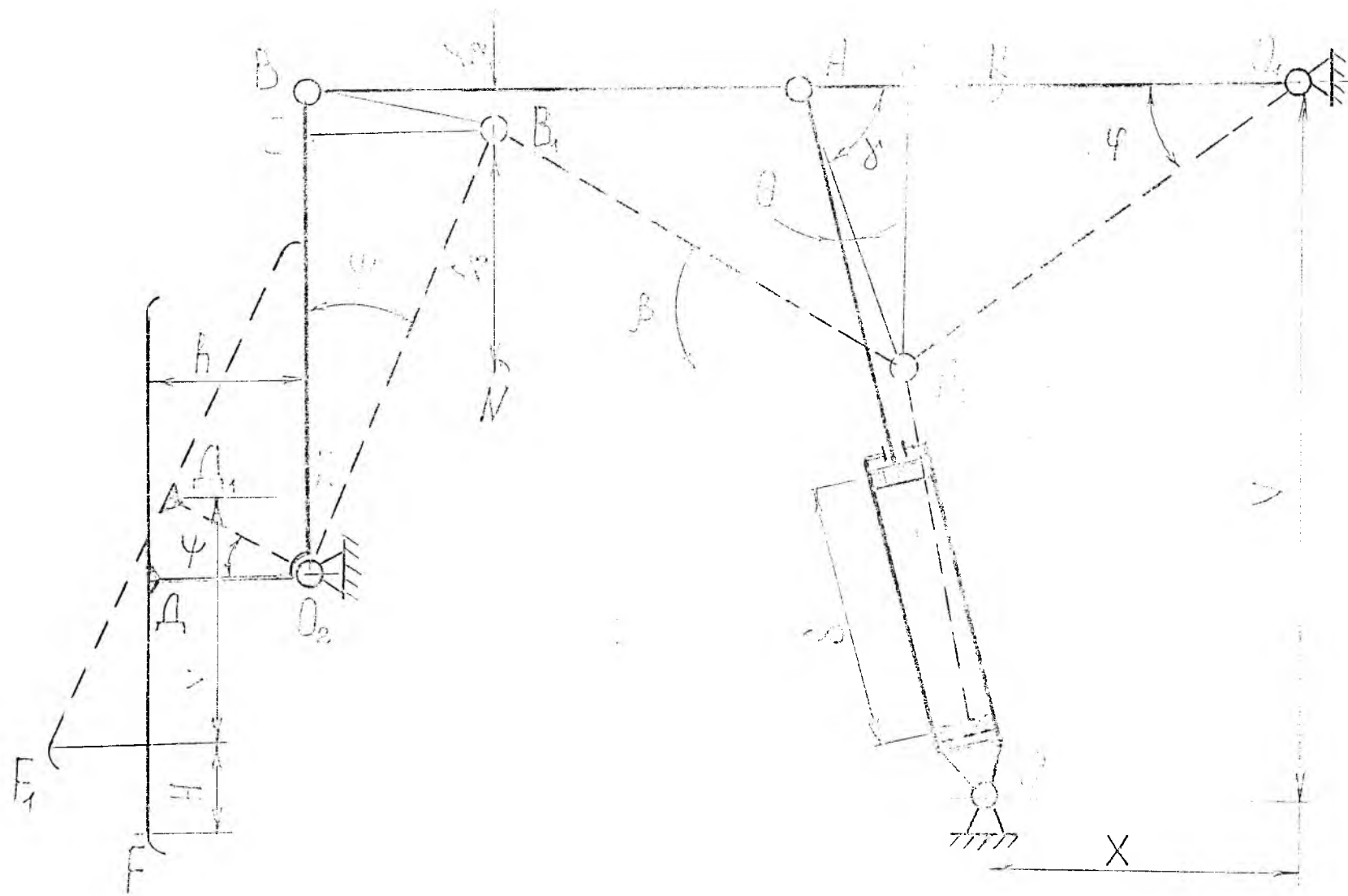


Рис. 2. Розрахункова схема напрямного важільного механізму

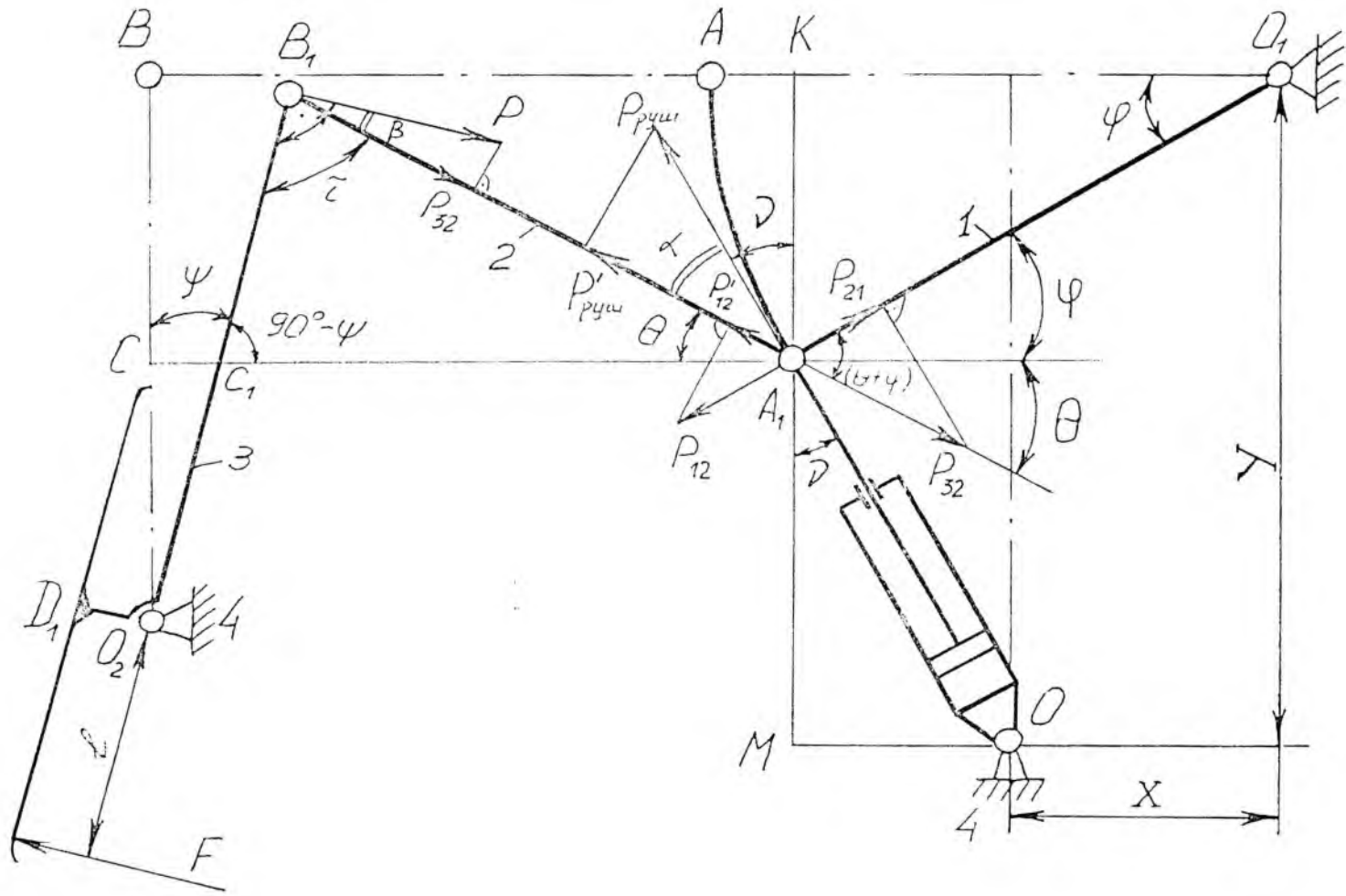


Рис. 3. Схема для розрахунку максимального значення рушійної сили пневмоциліндра $P_{руш}$