

УДК 621.798.38

**О.В. Оришака, доц., канд. техн. наук, В.В. Гончаров, доц., канд. фіз.-мат. наук,
В.О. Оришака, доц., канд. техн. наук, А.О. Кравцов, магістр**
Кіровоградський національний технічний університет

Теоретичне дослідження установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів

Проведений аналіз продуктивності установки безперервної дії порівняно з продуктивністю машин з циклічною подачею сипких матеріалів в клапанні мішки. Продуктивність установок безперервної дії для завантаження сипких матеріалів в 1,5 рази вище продуктивності машин з циклічною подачею. Визначено оптимальне число секцій в залежності від подачі матеріалу. Установлені залежності для визначення швидкості руху сипких матеріалів по гравітаційним поверхням, які розташовуються в першій і другій четвертях.

продуктивність, сипкий матеріал, секція, бункер, постачальний пристрій, завантажувальне пристосування

Установка безперервної дії для завантаження сипких матеріалів в клапанні мішки має ряд принципових відмінностей від машин з циклічною подачею сипкого матеріалу, які впливають на продуктивність та надійність технологічного процесу (1, 2)

Першою особливістю установки є те, що сипкий матеріал безперервно витікає зі спільного розвантажувального отвору бункера, а в подальшому після стабілізації по масі, потік сипкого матеріалу постачальним пристроєм установки розподіляється по секціям. Установка може використовуватись з одною, двома або трьома секціями при обслуговуванні її одним оператором, а також з чотирма і шістью секціями – при обслуговуванні двома операторами.

Другою особливістю установки є те, що завантажувальне пристосування кожної секції містить два завантажувальних патрубка, через які сипкий матеріал по чергово надходить спочатку в одні мішки, а потім після переключення напрямку руху потоку сипкого матеріалу в другі мішки. За період заповнення других клапанних мішків проводиться заміна заповнених мішків на порожні.

Мета роботи – провести аналіз продуктивності установки безперервної дії і порівняти її з продуктивністю машин з циклічною подачею сипкого матеріалу в клапанні мішки, а також визначити залежності руху матеріалу по каналам завантажувального пристосування з випуклими і вгнутими криволінійними поверхнями.

1. Аналіз продуктивності установки.

Продуктивність установки залежить від:

1. Витрат однієї секції – q кг/с (витік сипкого матеріалу з бункера регулюється клапаном)

2. Кількості секцій – n (обмежується часом заміни клапанних мішків одночасно на всіх секціях $t_{з.м.}$)

Час заміни клапанних мішків, яким розпоряджається оператор:

$$t_{з.м.} = \frac{t_{зан.}}{n}, \quad (1)$$

де $t_{зан}$ – час заповнення клапанного мішка.

Час заповнення клапанного мішка:

$$t_{зан} = \frac{m}{g}, \quad (2)$$

де m – необхідна маса сипкого матеріалу в клапанному мішку.

Циклограма роботи установки безпреривної дії з трьома секціями приведена на рис.1

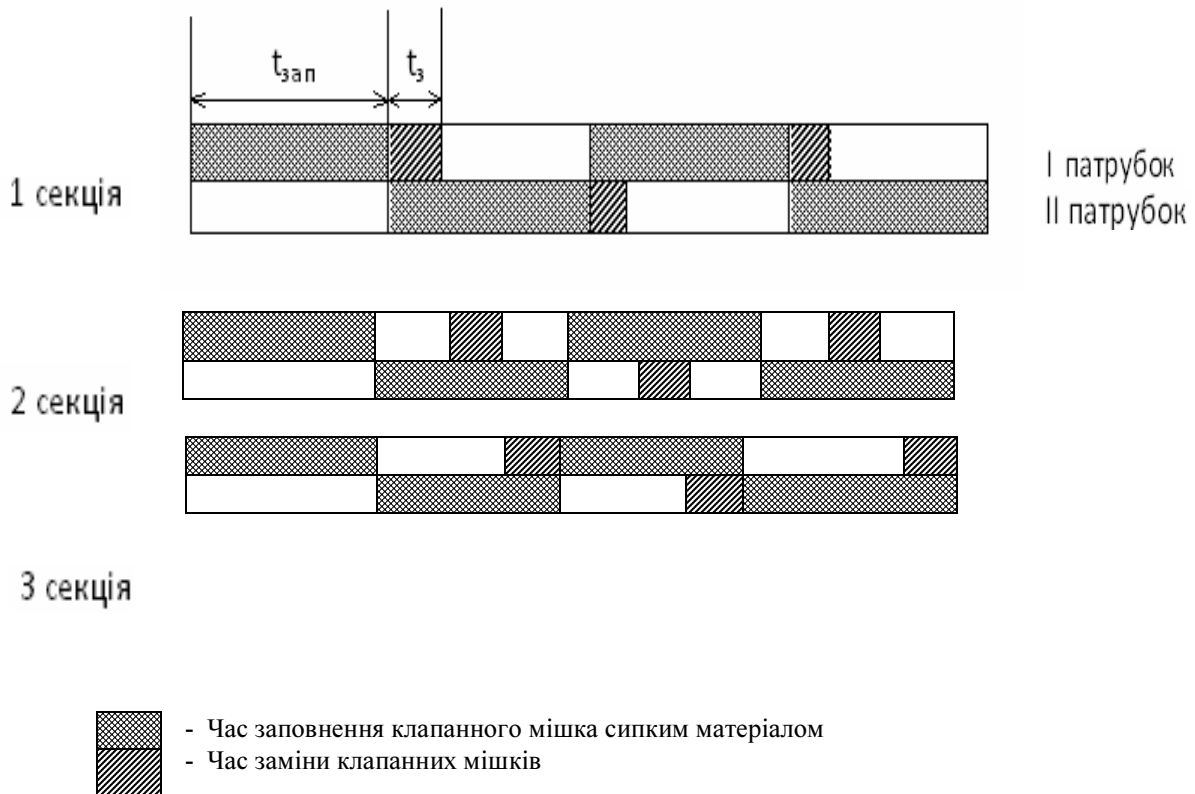


Рисунок 1- Циклограма роботи трьохсекційної установки безперервної дії

Як видно з циклограми можливий час на замінах клапанних мішків, який дорівнює часу заповнення клапанного мішка сипким матеріалом ділиться на число секцій.

Таким чином

$$t_{з.м} = \frac{m}{qn}, \quad (3)$$

Досвід експлуатації завантажувальних машин показує що час на заміну мішка повинен бути не менше 4 сек.

Залежність часу на заміну клапанних мішків від числа секцій при різних подачах приведено на рис. 2

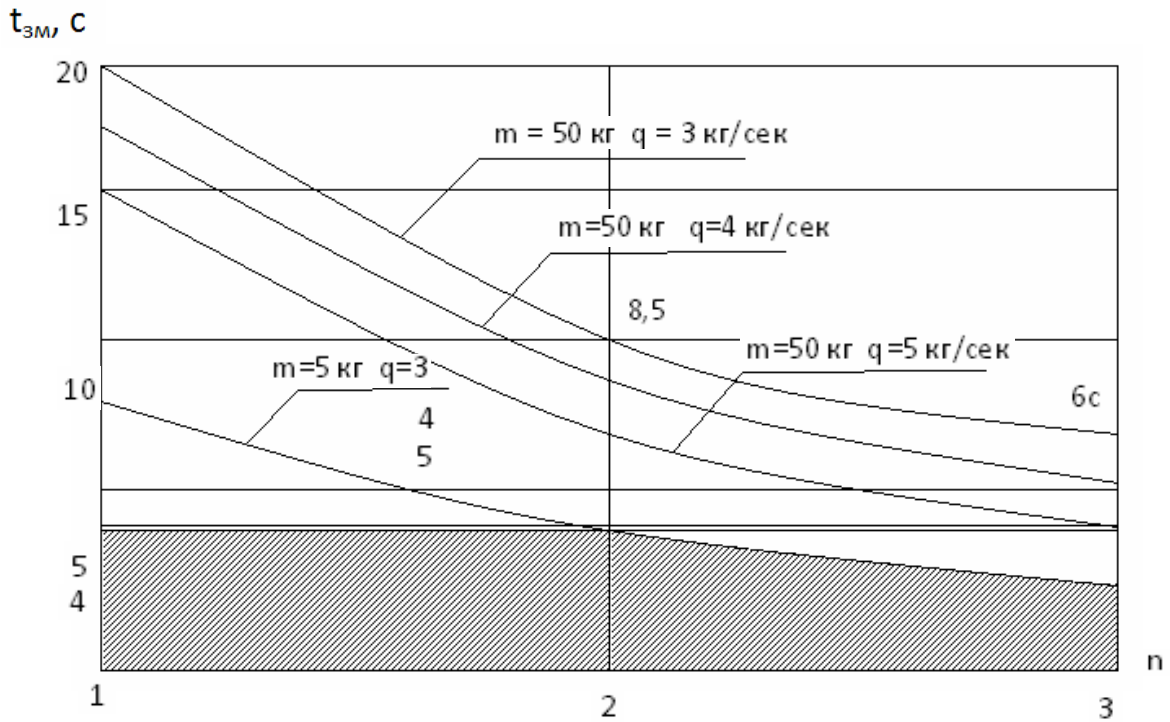


Рисунок 2 – Залежність часу на заміну клапанного мішка від числа секцій

На графіку рис. 2 проведена горизонтальна пряма лінія на відмітці 4 с.

Ті значення часу на заміну мішків, що є в розпорядженні оператора які лежать нижче цієї прямої не повинні застосовуватись.

Аналіз залежності, приведених на рис 3 показує, що при масі сипкого матеріалу в мішку $m = 50$ кг практично можна застосовувати установки трьохсекційні при витратах $q = 5$ кг/с.

При масі $m = 25$ кг в основному необхідно використовувати одно та двосекційні установки.

Проведемо порівняльний аналіз продуктивності (Q) установки безперервної дії і машини з циклічною подачею сипкого матеріалу.

Продуктивність Q визначається залежностями:

- при безперервній подачі сипкого матеріалу

$$Q_u = 3600 qn, \quad (4)$$

- при циклічній подачі сипкого матеріалу

$$Q_n = 3600 \frac{m}{t_{зан} + t_{з.м}} n, \quad (5)$$

Залежності продуктивності установок безперервної дії і машин з циклічною подачею від числа секцій приведені на рис. 3

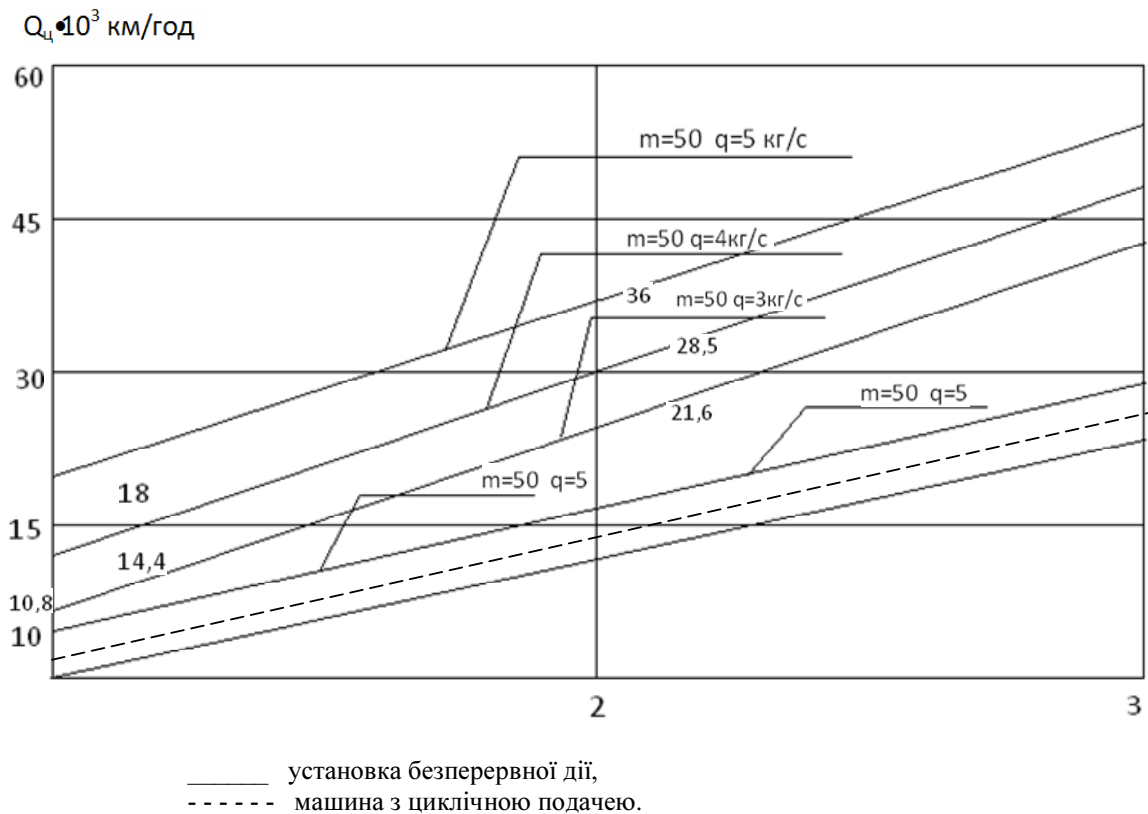


Рисунок 3 - Залежність продуктивності установок безперервної дії і машин з циклічною подачею від числа секцій.

Аналіз залежності приведених на рис 3 показує, що продуктивність установок безперервної дії для завантаження сипких матеріалів в клапанні мішки в 1,5 рази перевищує продуктивність машин з циклічною подачею.

Можливості збільшення продуктивності машин з циклічною подачею за рахунок збільшення подачі q обмежені, так як це приводить до зниження точності дозування маси в клапанному мішку.

2. Визначення швидкості руху сипкого матеріалу по криволінійним каналам

Для аналізу руху сипкого матеріалу по криволінійним гравітаційним поверхням каналів установки залишимо диференціальне рівняння руху елементарного шару матеріалу (при русі по зовнішнім випуклим поверхням відповідає знак, приведений зверху; при русі по вгнутим поверхням – знизу): (див. рисунок)

$$m \frac{dv}{dt} = mg \cos \alpha + mf \left(\pm g \sin \alpha \pm \frac{v^2}{R} \right), \quad (6)$$

де m - маса елементарного шару матеріалу;

mg – сила тяжіння;

α – кут нахилу кривої, тобто кут між горизонталлю і напрямком руху шару матеріалу;

f – коефіцієнт тертя матеріалу по поверхням;

$\frac{mv^2}{R}$ – нормальне прискорення;

R – радіус криволінійної поверхні.

Після спрощення маємо:

$$\frac{dv}{dt} = g \cos \alpha + f \left(\pm g \sin \alpha \pm \frac{v^2}{R} \right) \quad (7)$$

З рис.1 видно, що

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \gamma - \gamma_0, \quad (8)$$

де γ_0 – кут між прямою, проведеної з центру О до місця уведення матеріалу на криволінійну поверхню і вертикаллю ($\gamma_0 = const$);

γ – кут між той же прямою і перпендикуляром, проведеним з центра О до напрямку руху матеріалу на криволінійній поверхні:

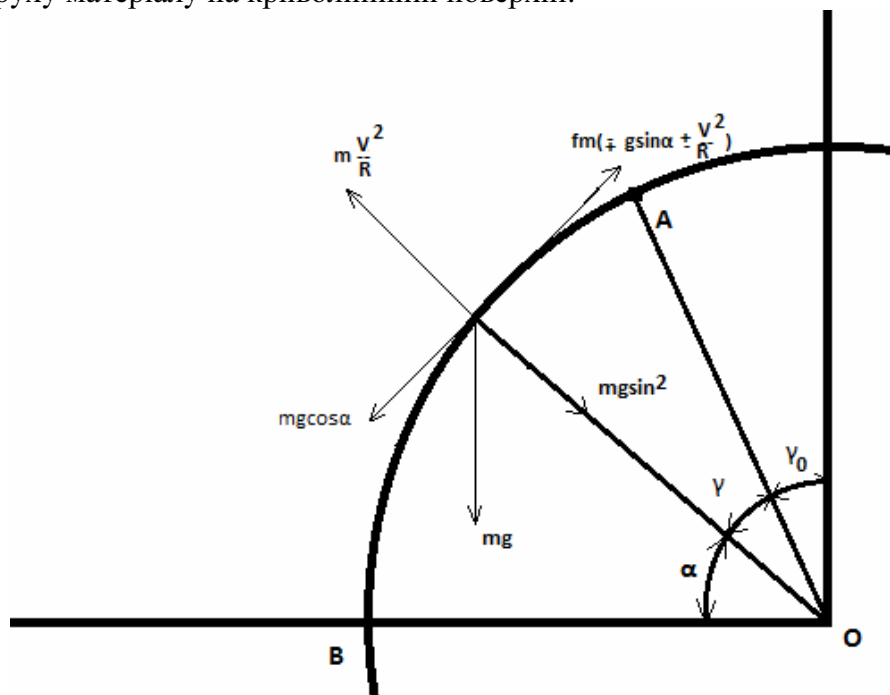


Рисунок 4 – Розрахункова схема

Позначимо $\overline{AA} = S$; $S = R\gamma$

$$\gamma = \frac{S}{R} \quad (9)$$

Звідси

Перетворимо:

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \cos \left(\frac{\pi}{2} - \gamma - \gamma_0 \right) = \sin(\gamma + \gamma_0); \\ \sin \alpha &= \sin \left(\frac{\pi}{2} - \gamma - \gamma_0 \right) = \cos(\gamma + \gamma_0) \end{aligned} \quad (10)$$

Підставимо значення $\cos \alpha$ і $\sin \alpha$ із (10) в (7), одержимо:

$$\frac{dv}{dt} \mp \frac{v^2 f}{R} = g \sin(\gamma + \gamma_0) \mp f g \cos(\gamma + \gamma_0) \quad (11)$$

Виразимо $V = \frac{dS}{dt}$, одержимо диференціальне рівняння виду:

$$V * \frac{dV}{dt} \mp \frac{V^2 f}{R} = g [\sin(\gamma + \gamma_0) \mp f \cos(\gamma + \gamma_0)] \quad (12)$$

Його можна спростити, зробивши заміну $z = V^2$.

$$\frac{1}{R} \frac{dz}{d\gamma} \mp \frac{2f}{R} z = 2g[\sin(\gamma + \gamma_0) \mp f \cos(\gamma + \gamma_0)] \quad (13)$$

Враховуючи (5) $dS = R d\gamma$ рівняння (9) приводиться до виду:

$$\frac{dz}{d\gamma} \mp 2fz = 2gR[\sin(\gamma + \gamma_0) \mp f \cos(\gamma + \gamma_0)] \quad (14)$$

Це рівняння є лінійним диференціальним рівнянням першого порядку відносно

$z(\gamma)$, яке потрібно розв'язати при граничній умові $\frac{z}{\gamma=0} = V_0^2$, де V_0 – дотична складова вхідної швидкості сипкого матеріалу. Його рішення є поєднання двох невідомих функцій:

$$z = U(\gamma) \quad \text{і} \quad w = w(\gamma)$$

У вигляді $z = U * w$

Тоді

$$\frac{dz}{d\gamma} = \frac{dU}{d\gamma} w + U \frac{dw}{d\gamma}$$

І рівняння (14) приймає вигляд

$$\frac{dU}{d\gamma} w + U \left(\frac{dw}{d\gamma} \mp 2fw \right) = 2gR[\sin(\gamma + \gamma_0) \mp f \cos(\gamma + \gamma_0)] \quad (15)$$

Функцію $w = w(\gamma)$ знаходимо з умови

$$\frac{dw}{d\gamma} \mp 2fw = 0 \quad (16)$$

Розв'язанням (16) є функція

$$w(\gamma) = e^{\mp 2f\gamma} \quad (17)$$

Підставимо (17) в (15). Тоді (13) приймає вигляд

$$dU = 2gR e^{\pm 2f\gamma} [\sin(\gamma + \gamma_0) \mp f \cos(\gamma + \gamma_0)] d\gamma \quad (18)$$

Після інтегрування получимо

$$U = \frac{2gR}{1+4f^2} e^{\pm 2f\gamma} [(1 - 2f^2) \cos(\gamma + \gamma_0) \pm 3f \sin(\gamma + \gamma_0)] + C \quad (19)$$

де C – довільна стала. { постійна }

Із умови $Z=U*w$ одержимо рішення диференціального рівняння

$$Z = \frac{2gR}{1+4f^2} [(1 - 2f^2) \cos(\gamma + \gamma_0) + 3f \sin(\gamma + \gamma_0)] + C * e^{\mp 2f\gamma}$$

$$\frac{z}{\gamma=0} = V_0^2$$

З практичної умови

$$C - V_0^2 - \frac{2gR}{1+4f^2} [(1 - 2f^2) \cos(\gamma + \gamma_0) + 3f \sin(\gamma + \gamma_0)]$$

Або, розглядаючи швидкість $V = \sqrt{Z}$ знайдемо

$$v = \sqrt{\frac{2gR}{1+4f^2} [(1-2f^2)\cos(\gamma+\gamma_0) + 3f\sin(\gamma+\gamma_0)] + c * e^{F2fy}} \quad (20)$$

Підставимо значення постійною інтегрування в (16)

$$V = \sqrt{\frac{2gR}{1+4f^2} [(1-2f^2)\cos(\gamma+\gamma_0) + 3f\sin(\gamma+\gamma_0)] + c^{F2fy} [V_0^2 - \frac{2gR}{1+4f^2} [(1-2f^2)\cos\gamma_0 + 3f\sin\gamma_0]]} \quad (21)$$

Швидкість руху сипкого матеріалу по криволінійним гравітаційним поверхням каналів установки безперервної дії залежить від кута γ сталих значеннях γ_0, R, V_0 і f (коефіцієнт тертя буде залежить від властивостей сипкого матеріалу), тобто $V = V(\gamma)$. Одержана залежність дає можливість оптимізувати параметри установки

Список літератури

1. Патент на користування модель № 62756 Установка безперервної дії для завантаження сипких матеріалів. Заявка № 201102721 від 09.03. 2011 року Кадр 12.09.2011 бюл. № 17.2011 (О.В Оришака, В.О. Оришака, А.М.Артюхов)
2. Патент на корисну модель №59266 установка безперервної дії для завантаження сипких матеріалів / О.В. Оришака, В.О. Оришака, А.М. Артюхов. Заяв №201012298 від 18.10.2010 надр. 10.05.2011 БЮЛ №9-2011 р.
3. Оришака О.В., Оришака В.О. Установка безперервної дії для завантаження сипких матеріалів в клапанні мішки / Держаченство з питань науки, інновацій та інформації України. Укр.. інститут науково-технічної інформації укрЦНТЕІ. Експрес-новини №4-2011 УДК 621.9 ДРНТІ 81.901305-ст. 75-76

О. Орышака, В. Гончаров, В.Орышака, А.Кравцов

Теоретическое исследование установки непрерывного действия для загрузки сыпучих материалов

Проведенный анализ производительности установки непрерывного действия по сравнению с производительностью машин с циклической подачей сыпучих материалов в клапанные мешки. Производительность установок непрерывного действия для загрузки сыпучих материалов в 1,5 раза выше производительности машин с циклической подачей. Определено оптимальное число секций в зависимости от подачи материала. Установлены зависимости для определения скорости движения сыпучих материалов по гравитационным поверхностям, которые располагаются в первой и второй четвертях.

О. Oryshaka, V. Goncharov, V.Oryshaka, A.Kravcov

Theoretical research of setting of continuous action for the load of friable materials

The analysis performance settings continuously compared with the productivity of machines with cyclic feed bulk materials in valve bags. Production facilities for continuous loading of bulk materials is 1.5 times higher performance machines with cyclic feeding. The optimum number of sections depending on the feed material.

Одержано 14.03.12