

УДК 621.798.38

**О.В. Оришака, доц., канд. техн. наук, В.І. Гуцул, доц., канд. ф.-м. наук,
А.М. Артюхов, доц., канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет, м.Кіровоград, Україна,
E-mail: vvv96@yandex.ua*

Аналіз постачальних пристроїв установок безперервної дії для завантаження сипких матеріалів з одним блоком завантажувальних секцій

Отримані залежності швидкості сипкого матеріалу в постачальному пристрої від висоти вільного падіння, коефіцієнта тертя, кута нахилу бокових стінок приймальної воронки, як для випадку нерухомого положення приймальної воронки, так і для випадку обертального руху воронки при різних значеннях кутової швидкості.

постачальний пристрій, воронка, установка, сипкий матеріал

О.В. Орышака, доц., канд. техн. наук, В.И. Гуцул, доц., канд. ф.-м. наук, А.Н. Артюхов, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет, г.Кировоград, Украина

Анализ поставляющих устройств установок непрерывного действия для загрузки сыпучих материалов с одним блоком загрузочных секций

Получены зависимости скорости сыпучего материала в питательном устройстве от высоты свободного полёта, коэффициента трения, угла наклона боковых стенок приёмной воронки, как для случая неподвижного положения приёмной воронки, так и для случая кругового движения воронки при различных значениях угловой скорости.

питательное устройство, установка, воронка, сыпучий материал

Постановка проблеми. Установки безперервної дії мають ряд переваг над установками з циклічною подачею (висока продуктивність, низькі енергетичні витрати, менша матеріалоемність тощо). Вдосконалення установок безперервної дії є актуальною задачею. Необхідно визначити параметри руху потоку сипкого матеріалу в каналах постачальних пристроїв як на стадії завантаження клапанного мішка, так і при зміні напрямку руху потоку сипкого матеріалу від одної завантажувальної секції до другої.

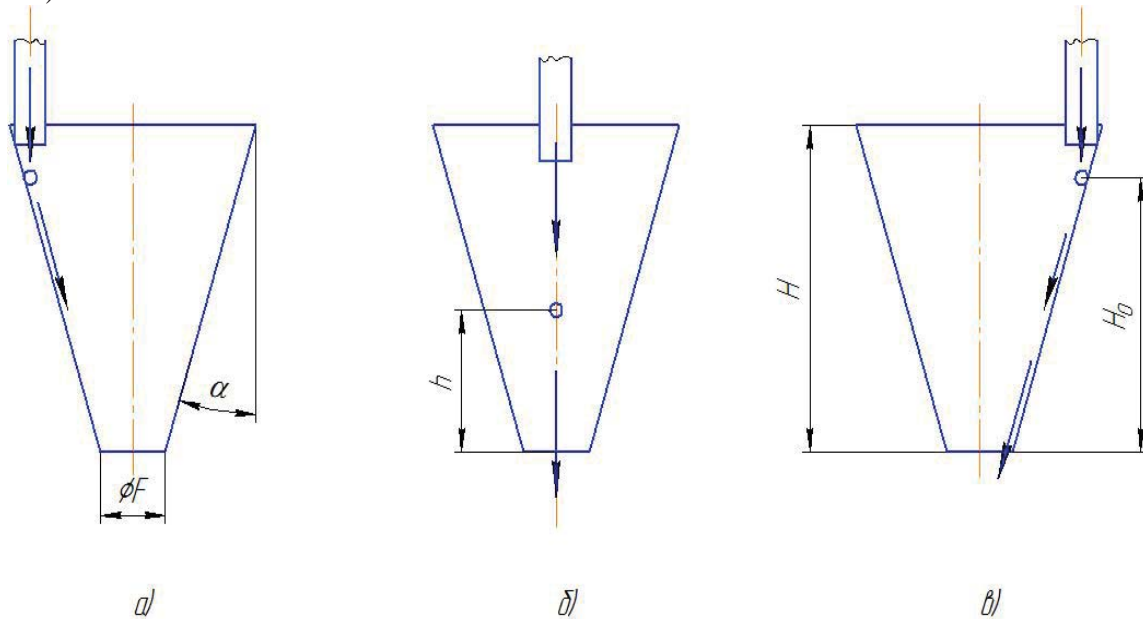
Для різних схем постачальних пристроїв провести їх аналіз та обрати постачальний пристрій з найбільш високою технологічною надійністю для установок з одним блоком авантажувальних секцій.

Аналіз виконати за наступними схемами постачальних пристроїв:

- з воронкою, що здійснює обертальний овий рух навколо вертикальної віссі, що розташована поза межами воронки;
- з двостороннім плоским скатом, що розташований у вирізі корпуса регулятора витоку;
- з патрубком маятникового типу, що змонтований на вертикально розміщеному матеріалопроводі;
- з двостороннім клапаном, заслонки якого по чергово перекриватимуть канал вивантажувальних патрубків. В даній статті проводиться аналіз постачального пристрою з воронкою.

Кут нахилу α бокових стінок воронки і висота воронки H (рис.1) визначаються із конструкційних параметрів установки за умови забезпечення відстані між осями завантажувальних секцій (тобто між крайніми положеннями воронки) не менше 200 мм.

При повороті воронки 1 (поз.1 на рис.1) матеріальна частинка сипкого матеріалу спочатку рухається по одній боковій поверхні (поз.1 на рис.2), далі, коли матеріалопровід займе положення по центру воронки, над вихідним отвором, матеріальна частинка сипкого матеріалу буде здійснювати вільне падіння, а при досягненні воронкою положення протилежного початковому, матеріальна частинка сипкого матеріалу буде рухатися по іншій (протилежній) боковій поверхні (поз. “в” на рис.2).



- а) – рух матеріальної частинки сипкого матеріалу по лівій боковій поверхні воронки;
 б) – рух матеріальної частинки сипкого матеріалу в вільному польоті (коли матеріалопровід знаходиться по центру воронки); в) – рух матеріальної частинки сипкого матеріалу по правій боковій поверхні воронки

Рисунок 2 – Схема руху матеріальної частинки сипкого матеріалу при різних положеннях воронки (яка здійснює зворотно-обертальний рух навколо осі)

З верхньої частини бокової поверхні воронки (поз. “в” на рис.1 та поз.1 на рис.2) починається завантаження клапанного мішка. При досягненні необхідної ваги сипкого матеріалу в клапанному мішку внаслідок дії системи автоматики відбувається поворот воронки в протилежну сторону і сипкий матеріал починає надходити до другого мішка. Сипкий матеріал, що виходить з вихідного отвору воронки після взаємодії зі скатом надходить спочатку до одного, а потім до другого клапанного мішка.

Траєкторії руху частинок матеріалу показані на рис.2.

Розглянемо спочатку рух частинки у випадку нерухомого положення приймальної воронки. Під час вертикального падіння швидкість частинки визначається за відомою формулою:

$$V_x = \sqrt{V_0^2 + 2gx}, \quad 0 \leq x \leq h_1, \quad (1)$$

де V_0 – швидкість на виході з матеріалопровода. Припустимо, що при зіткненні частинки з поверхнею приймальної воронки відбудеться непружний удар, після якого

частинка буде рухатися по поверхні приймальної воронки під дією сили тяжіння та сили тертя. Швидкість руху V_1 напрямлена уздовж осі Ox_1 . Диференціальне рівняння:

$$V_1 \frac{dV_1}{dx} = g \cos \alpha - gf \sin \alpha . \tag{2}$$

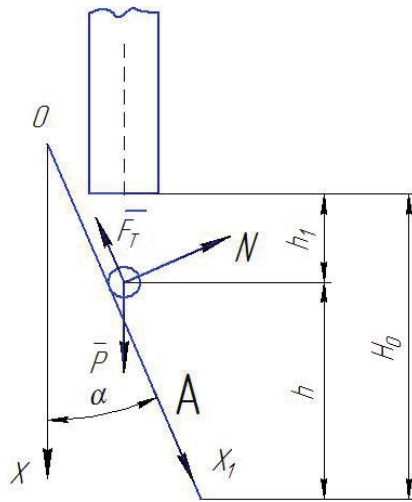
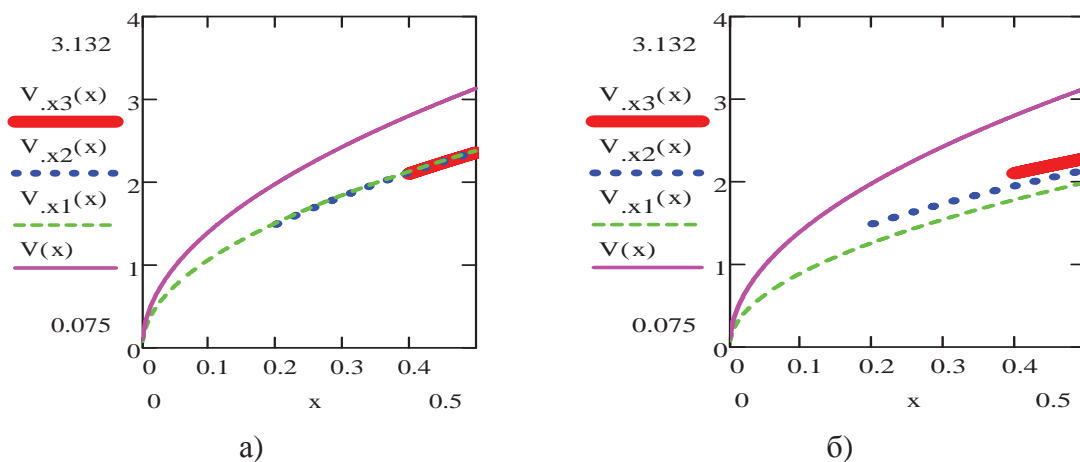


Рисунок 3 – Розрахункова схема (траєкторії) руху матеріальної частинки сипкого матеріалу.



а) – при $V_0 = 0,1$ м/с, $H_0 = 0,5$ м, $\alpha = \pi/6$, $f = 0,4$ б) – при $V_0 = 0,1$ м/с,
 $H_0 = 0,5$ м, $\alpha = \pi/6$, $f = 0,8$

Рисунок 4 – Залежності зміни швидкості руху частинки у випадку нерухомого положення приймальної воронки пристрою при різних значеннях величини h_1 : $V_{x1}(x)$, $V_{x2}(x)$, $V_{x3}(x)$ – відповідно при $h_1 = 0$ м, 0,2 м, 0,4 м; $V(x)$ – вільне падіння

Розв’язувалося при початковій умові:

$$V_1(h_1/\cos \alpha) = \sqrt{V_0^2 + 2gh_1 \cos \alpha} , \tag{3}$$

де f – коефіцієнт тертя. Маємо:

$$V_1 = \frac{\sqrt{(V_0^2 + 2gh_1) \cos^4 \alpha + 2g \cos \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha) (x_1 \cos \alpha - h_1)}}{\cos \alpha} , \quad \frac{h_1}{\cos \alpha} < x_1 \leq \frac{H_0}{\cos \alpha} . \tag{4}$$

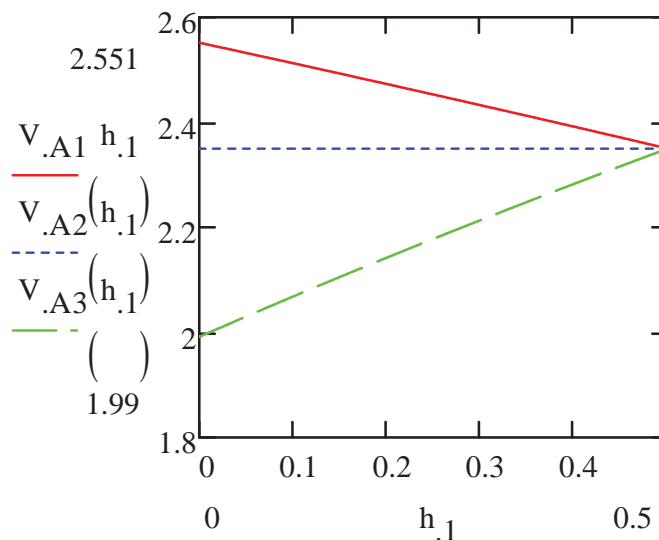


Рисунок 5 – Залежність кінцевої швидкості V_A від висоти h_1 у випадку нерухомого положення приймальної воронки при $V_0 = 0,1$ м/с, $H_0 = 0,5$ м, $\alpha = \pi/6$ і при різних значеннях величини f :

$V_{A1}(h_1), V_{A2}(h_1), V_{A3}(h_1)$ – відповідно при $f = 0,2; 0,433; 0,8$

Враховуючи, що $x = x_1 \cos \alpha$ і вертикальна складова $V_x = V_1 \cos \alpha$, можемо записати:

$$V_x = \sqrt{(V_0^2 + 2gh_1) \cos^4 \alpha + 2g \cos \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha)(x - h_1)}, \quad h_1 < x \leq H_0. \quad (5)$$

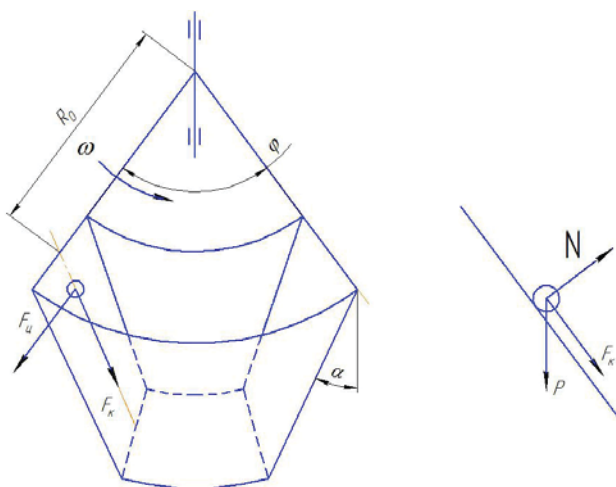


Рисунок 6 – Розрахункова схема (траєкторії) руху матеріальної частинки сипкого матеріалу під час обертального руху воронки

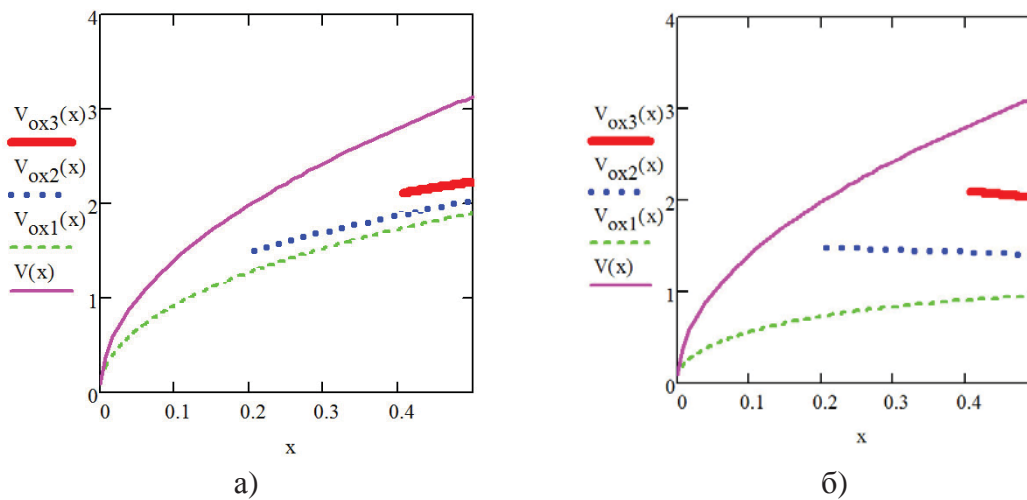
В точці А:

$$V_A = \sqrt{(V_0^2 + 2gh_1) \cos^4 \alpha + 2g \cos \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha)(H_0 - h_1)}. \quad (6)$$

На рис.4 наведені залежності, побудовані за формулами (1) і (5). При досягненні поверхні воронки напрям руху частинки змінюється, і вертикальна складова швидкості в момент початку руху по поверхні воронки миттєво зменшується на величину

$\sqrt{(V_0^2 + 2gh_1)} \sin^2 \alpha$. Слід відмітити, що швидкості руху частинок по боковій поверхні воронки для однакових значень x при різних значеннях h_1 досить близькі. При $f = 0,5 \sin 2\alpha$ вони співпадають (формула (5) у цьому випадку не містить h_1).

На рис.5 побудовані залежності кінцевої швидкості V_A від висоти вільного падіння h_1 для різних значень коефіцієнта тертя f . Для малих значень f ($f < 0,433$) при зростанні h_1 швидкість V_A зменшується (залежність $V_{A1}(h_1)$). Для відносно великих f ($f > 0,433$) збільшення h_1 призводить до збільшення V_A (залежність $V_{A3}(h_1)$). При $f = 0,5 \sin 2\alpha$ швидкість V_A не залежить від h_1 (залежність $V_{A2}(h_1)$). При будь-якому значенні коефіцієнта тертя $V_A \rightarrow \sqrt{(V_0^2 + 2gh_1)} \cos^2 \alpha$ при $h_1 \rightarrow H_0$.



а) – при $V_0 = 0,1$ м/с, $H_0 = 0,5$ м, $f = 0,4$ б) – при $V_0 = 0,1$ м/с, $H_0 = 0,5$ м, $f = 0,8$

Рисунок 7 – Залежність зміни швидкості руху частинки у випадку обертального руху приймальної воронки пристрою при $\alpha = \pi/6$, $\omega = 0,7\pi$ с⁻¹ і при різних значеннях величини h_1 : $V_{ox1}(x)$, $V_{ox2}(x)$, $V_{ox3}(x)$ – відповідно при $h_1 = 0$ м, 0,2 м, 0,4 м; $V(x)$ – вільне падіння

Розглянемо рух частинки під час обертального руху воронки. На матеріальну частинку, що рухається по боковій стінці, діють сили:

$$F = \bar{P} + \bar{F}_T + \bar{F}_y + \bar{F}_\kappa, \quad (7)$$

де $P = mg$;

$$F_T = fg \sin \alpha;$$

$$F_y = fm\omega^2 R;$$

$$F_\kappa = 2fm \sin \alpha \cdot \omega \frac{dx}{dt}.$$

Диференціальне рівняння руху матеріальної частинки сипкого матеріалу буде мати вигляд:

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = g \cos \alpha - fg \sin \alpha - 2f \sin \alpha \cdot \omega \frac{dx_1}{dt} - f\omega^2 R. \quad (8)$$

З урахуванням того, що $R = \sqrt{R_0^2 + x_1^2 \sin^2 \alpha}$, рівняння (8) можна представити у формі:

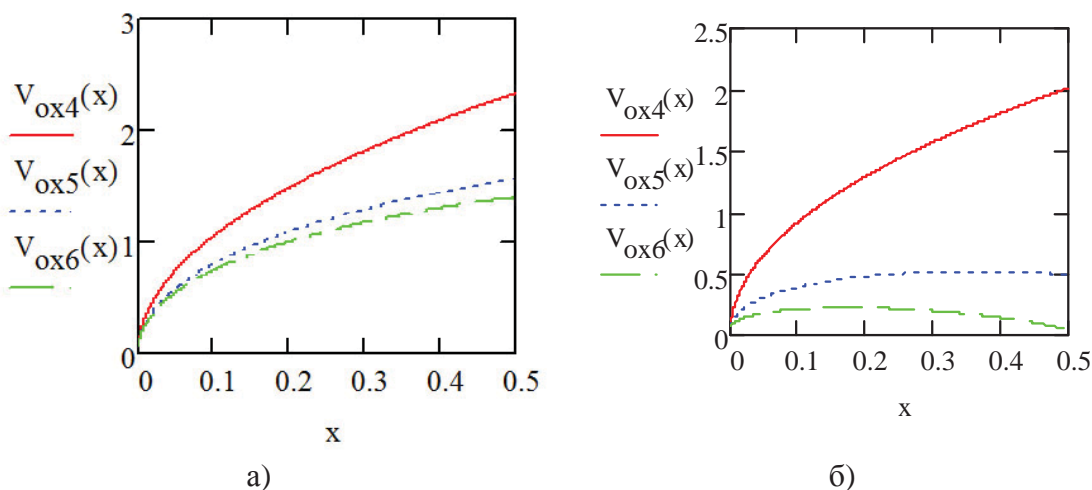
$$V_1 \frac{dV_1}{dx_1} = g \cos \alpha - f \left(g \sin \alpha + 2 \sin \alpha \cdot \omega V_1 + \omega^2 \sqrt{R_0^2 + x_1^2 \sin^2 \alpha} \right). \quad (9)$$

Перейшовши до вертикальних складових x і V_x , отримаємо:

$$V_x \frac{dV_x}{dx} = g \cos^2 \alpha - f \left(g \sin \alpha \cos \alpha + 2 \sin \alpha \cdot \omega V_x + \omega^2 \sqrt{R_0^2 + x^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} \right). \quad (10)$$

Початкова умова для останнього рівняння запишеться у вигляді:

$$V_x(h_1) = \sqrt{V_0^2 + 2gh_1 \cos^2 \alpha}. \quad (11)$$



а) – при $f = 0,4$; б) – при $f = 0,7$

Рисунок 8 – Закон зміни швидкості руху частинки у випадку обертального руху воронки при $V_0 = 0,1$ м/с, $H_0 = 0,5$ м, $\alpha = \pi/6$, $h_1 = 0$ і при різних значеннях кутової швидкості ω : $V_{ox4}(x)$, $V_{ox5}(x)$, $V_{ox6}(x)$ – відповідно при $\omega = 0,1\pi$ с⁻¹; π с⁻¹; $1,12\pi$ с⁻¹

Рівняння (10) інтегрувалося чисельним методом за допомогою пакету програм MathCAD [4]. На рис.7 наведені деякі результати розрахунків для різних значень величини h_1 . Як бачимо, залежність вертикальної складової швидкості руху частинки від величини h_1 є більш суттєвою, ніж у випадку нерухомого положення приймальної воронки. При зменшенні висоти вільного падіння h_1 швидкість руху частинки також суттєво зменшується.

Рис.8 ілюструє вплив кутової швидкості ω на швидкість руху частинки. Збільшення значень ω призводить до зменшення значень $V_x(x)$. Після певного значення ω частинка починає гальмуватися і її швидкість прямує до нуля. При виникненні вказаної ситуації з'являється загроза утворення пробки. Розрахунки на основі диференціального рівняння (10) дозволяють оцінити діапазон можливих значень для ω . Для наведених вище значень інших величин значення кутової швидкості ω повинно знаходитися на проміжку $(0; \pi)$ (рис.8).

Висновки:

1. При стаціонарному положенні воронки забезпечується надійний рух сипкого матеріала.
2. При зворотно-обертальному русі воронки навколо осі може виникнути загроза порушення технологічного процесу. Для забезпечення надійного руху сипкого

матеріала необхідно обмежити кутову швидкість обертання, або зменшити силу тертя шляхом застосування матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя для відповідних поверхонь. Так, щоб забезпечити швидкість руху частинки $V_x(x) \geq 0,5$ м/с при $f=0,7$ необхідно, щоб $\omega \leq \pi c^{-1}$ (рис.8).

Список літератури

1. Оришака О.В. Обґрунтування постачального пристрою установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів / О.В. Оришака, В.І. Гуцул, А.М. Артюхов // Загальнодержавний міжвідомчий наук.-технічний збірник. Констр. виробництво та експлуатація с.-г. машин. – 2014. Вип. 44. – С. 41-48.
2. Аналіз продуктивності установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів/ О.В. Оришака, В.О. Оришака, А.М. Артюхов, А.О. Кравцов // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – 2013. Вип.1. – С. 169-174.
3. Установка безперервної дії для завантаження сипких матеріалів в клапанні мішки / Патент України на винахід № 107610 / Оришака В.О., Артюхов А.М., Оришака О.В., Кравцов А.О. // Опубліковано: 26.01.2015. Бюл. № 2.
4. Дьяконов В. MathCAD 2000: учебный курс – Спб.: Питер, 2000. – 592 с.

Oleg Oryhsaka, Assos. Prof., PhD tech. sci., Vasily Gutsul, Assos. Prof., PhD phys.&math. sci., Anatoly Artiuhov, Assos. Prof., PhD tech. sci.

Kirovograd National Technical University

Analysis of the feed device of the units continuous loading of free-flowing materials with a single block boot sections

Devices of continuous action have a number of advantages over systems with cyclic flow (high performance, low energy costs, lower consumption of materials and other). Improvement of continuous action is an actual scientific problem (is an urgent task).

An analysis was Conducted of the influence of parameters of feeding mechanism of device on the speed of the free-flowing material. The resulting dependence of the speed of the free-flowing material in the feed device from the height of the free flight, the coefficient of friction, angle of inclination of the side walls of the receiving receiving hopper, as for the case of fixed position receiving hopper, and for the case of circular motion of the funnel for different values of the angular velocity.

Conclusions: 1. At a stationary position of the funnel ensures a safe movement of the bulk material. 2. When a reciprocating rotary motion around the axis of the funnel can be a risk disturbing the process. To ensure reliable movement of bulk material is necessary to limit the angular rotation speed, or decrease the frictional force by applying materials with low friction for the respective surfaces.

feed device, units, receiving hopper, free-flowing material

Одержано 22.12.15

УДК 62-50.631.3

А. А. Панков, доц., канд. техн. наук, соискатель

Кировоградский национальный технический университет, г. Кировоград, Украина,

E-mail: app.post@rambler.ru

Устройства и методы автоматического управления на основе пневмоструйных элементов в средствах механизации сельского хозяйства

© А. А. Панков, 2016