

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**

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

Теоретичне дослідження регулятора витоку сипкого матеріалу

Отримані залежності впливу кута нахилу поверхні конусного ската регулятора витоку сипкого матеріалу та радіуса округлення торцевої частини полого циліндра регулятора витоку сипкого матеріалу на максимальне значення переміщення конусного ската, при якому площа витоку сипкого матеріалу залишається меншою за площу вхідного отвору матеріалопровода; залежності впливу значення переміщення конуса на час повного вивантажування бункера; залежності, які дозволяють визначити швидкість витоку матеріалу та об'єм вивантаженого матеріалу при різних значеннях основних параметрів регулятора.

регулятор витоку, сипкий матеріал

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

Центральноукраинский национальный технический университет, г. Кропивницкий, Украина

Теоретическое исследование конусного регулятора истечения сыпучего материала

Получены зависимости влияния угла наклона поверхности конусного ската регулятора истечения сыпучего материала и радиуса округления торцевой части полого цилиндра регулятора истечения сыпучего материала на максимальное значение перемещения конусного ската, при котором площадь истечения сыпучего материала остается меньше площади входного отверстия материалопровода; зависимости влияния значения перемещения конуса на время полной выгрузки бункера; зависимости, позволяющие определять скорость истечения материала и объем выгруженного материала при различных значениях основных параметров регулятора.

регулятор истечения, сыпучий материал

Постановка проблеми. Установки безперервної дії мають ряд переваг перед установками з циклічною подачею (низькі енергетичні витрати, висока продуктивність, менша матеріалоемкість тощо) [1], тому вдосконалення установок безперервної дії є актуальною задачею. Регулятор витоку сипкого матеріалу, як складова частина установок безперервної дії, потребує відповідних досліджень для обґрунтування та оптимізації параметрів конструкції установки.

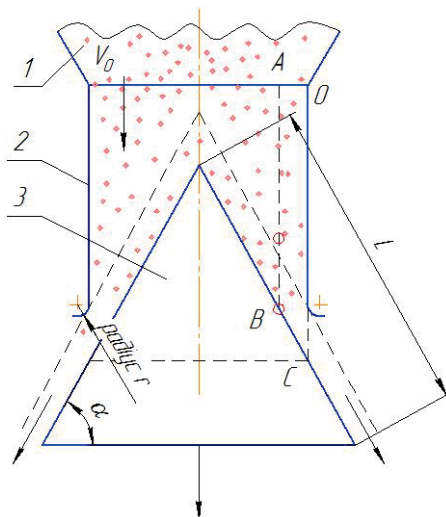
Аналіз останніх досліджень і публікацій. Авторами проведено дослідження конусного стабілізатора потоку сипкого матеріалу установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів [1].

Постановка завдання. Враховуючи те, що регулятор витоку сипкого матеріалу є складовою частиною конструкції перспективної установки безперервної дії, виникла необхідність у дослідженні взаємодії потоку сипкого матеріалу і регулятора витоку.

Таким чином, необхідно було провести теоретичне дослідження впливу параметрів регулятора витоку сипкого матеріалу на максимальне значення переміщення конусного ската, при якому площа витоку сипкого матеріалу залишається меншою за площу вхідного отвору матеріалопровода; впливу значення переміщення

конуса на час повного вивантажування бункера; отримати залежності, які дозволяють визначати швидкість витоку матеріалу та об'єм вивантаженого матеріалу при різних значеннях основних параметрів регулятора.

Виклад основного матеріалу. Регулятор витоку (рис.1) – це матеріалопровід у формі полого циліндра, який одним торцем (верхнім) з'єднаний з бункером (вхідний отвір), а вихідний торець (нижній) перекривається конусним скатом, що має можливість рухатися впродовж своєї осі і таким чином змінювати кільцевий зазор δ (рис.2).



1 – бункер; 2 – матеріалопровід; 3 – конусний скат

Рисунок 1 – Розрахункова схема регулятора витоку сипкого матеріалу

В дослідженні розглядається випадок, коли вихід торця представляє собою криволінійну опуклу поверхню, осьовим перерізом якої є дуга кола.

При переміщенні конуса вниз на величину h утворюється кільцевий зазор δ (див. рис.2). Очевидно, що величина переміщення h визначає розмір зазору δ і площу витоку сипкого матеріалу S_B . Якщо значення h достатньо великі, то матеріал вільно рухається по конічній поверхні [1]. В даній роботі досліджується процес завантаження при відносно малих значеннях h (нижче межі зміни h будуть уточнені). У цьому випадку за допомогою величини h можна регулювати швидкість витоку сипкого матеріалу.

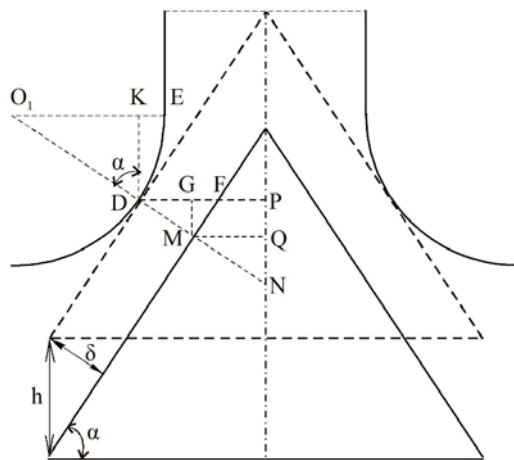


Рисунок 2 – Розрахункова схема для визначення величин R_B і S_B

Метою даної роботи є дослідження процесу витoku сипкого матеріалу при різних значеннях переміщення h та інших геометричних параметрів регулятора.

Нехай, R_T – радіус циліндра матеріалопровода;

r – радіус округлення торцевої частини матеріалопровода (рис.1);

R_B – радіус торцевої частини матеріалопровода регулятора витoku з урахуванням округлення (на рис.2 $R_B = DP$).

Враховуючи, що $KE = O_1E - O_1K = r(1 - \sin\alpha)$, маємо

$$R_B = R_T + r(1 - \sin\alpha), \quad (1)$$

де α – кут нахилу поверхні конусного скату (рис.2).

Поверхню витoku сипкого матеріалу є бічна поверхня зрізаного конуса з твірною $\delta = DM$ і радіусами основ $R_1 = MQ$, $R_B = DP$ (рис. 2). Нехай $l_1 = MN$, $l_2 = DN$, тоді

$$S_B = \pi R_B l_2 - \pi R_1 l_1.$$

Взявши до уваги, що $l_1 = l_2 - \delta$, $R_1 = R_B - \delta \sin\alpha$, маємо

$$S_B = \pi \delta (R_B + (l_2 - \delta) \sin\alpha).$$

Використовуючи залежності $l_2 = R_B / \sin\alpha$, $\delta = h \cos\alpha$, отримуємо

$$S_B = \pi h \cos\alpha (2R_B - 0,5h \sin 2\alpha), \quad (2)$$

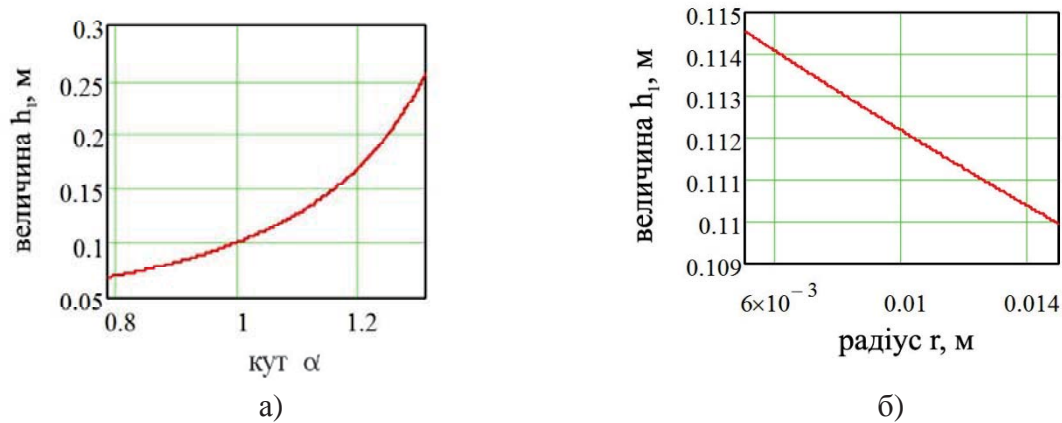
де R_B обчислюється за формулою (1).

Далі розглядаються значення h , при яких площа S_B залишається меншою за площу вхідного отвору матеріалопровода. Отже, максимальне значення величини h , яке позначимо через h_1 , є розв'язком квадратного рівняння (береться менший корінь)

$$\pi h \cos\alpha (2R_B - 0,5h \sin 2\alpha) - \pi R_T^2 = 0. \quad (3)$$

Значення h при $0 < h \leq h_1$ визначають продуктивність витoku сипкого матеріалу.

На рис.3 показані залежності величини h_1 від параметрів α і r при фіксованому значенні одного з них. Тут і у всіх наступних розрахунках приймалося, що $R_T = 0,08$ м. Як бачимо, залежність h_1 від α є досить суттєвою. Збільшення кута α призводить до збільшення h_1 . Це пов'язане з тим, що зростання α тягне за собою зменшення площі S_B (див. формулу (2)). Величина r значно менше впливає на значення h_1 . Далі всі розрахунки зроблені при $r = 0,01$ м.



а) значення h_1 при $r = 0,01$ м; б) значення h_1 при $\alpha = \pi/3$

Рисунок 3 – Залежність величини h_1 від параметрів α і r

Припустимо, що матеріал в бункері знаходиться в стані інтенсивної вібрації. У цьому випадку швидкість витікання сипучого матеріалу визначається за формулою [2]

$$v = \lambda \sqrt{2gH}, \quad (4)$$

де λ – коефіцієнт витікання (приймає значення менше одиниці і для різних матеріалів визначається експериментально);

H – висота стовпа матеріалу над отвором витоку;

g – прискорення вільного падіння. Розглядаємо далі бункер циліндричної форми з радіусом основи R_B . Через H_1 позначимо висоту стовпа матеріалу, при якій форма бункера в нижній частині змінюється з циліндричної на конічну. Припускаємо, що $H \geq H_1$.

Нехай за малий проміжок часу Δt висота матеріалу над отвором витоку змінюється на ΔH . Оскільки Δt мале, то вважаємо, що швидкість v у цей проміжок часу залишається сталою. З одного боку об'єм матеріалу в бункері зменшився на величину $\Delta V = -\pi R_B^2 \Delta H$ (враховано, що ΔH від'ємне), а з іншого – на величину $\Delta V = S_B v \Delta t$. Можемо записати

$$-\pi R_B^2 \Delta H = S_B v \Delta t, \quad (5)$$

де S_B обчислюється за формулою (2).

Замінивши в (5) прирости величин відповідними диференціалами і використовуючи залежність (4), отримуємо наступне диференціальне рівняння

$$-\pi R_B^2 dH = \lambda \sqrt{2gH} S_B dt. \quad (6)$$

Після інтегрування маємо

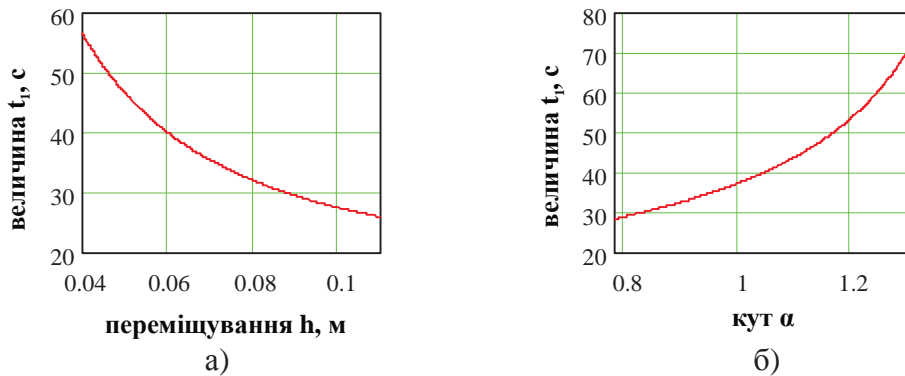
$$H = \left(\sqrt{H_0} - \frac{\lambda \sqrt{2g} S_B}{2\pi R_B^2} t \right)^2, \quad (7)$$

де H_0 – висота стовпа матеріалу над отвором витоку в початковий момент часу. Умова $H \geq H_1$ виконується при $t \leq t_1$, де

$$t_1 = \frac{2\pi R_B^2 (\sqrt{H_0} - \sqrt{H_1})}{\lambda \sqrt{2gS_B}}. \quad (8)$$

Величину t_1 будимо вважати часом повного вивантажування бункера.

На рис. 4 наведені розрахунки часу повної вивантажування бункера, які зроблені за формулою (8) при $R_B = 0,5 \text{ м}$; $H_0 = 2,5 \text{ м}$; $H_1 = 0,5 \text{ м}$ (вказані значення беруться і в наступних розрахунках). Збільшення величини h прогнозовано тягне за собою зменшення t_1 , а збільшення кута α призводить до збільшення t_1 .



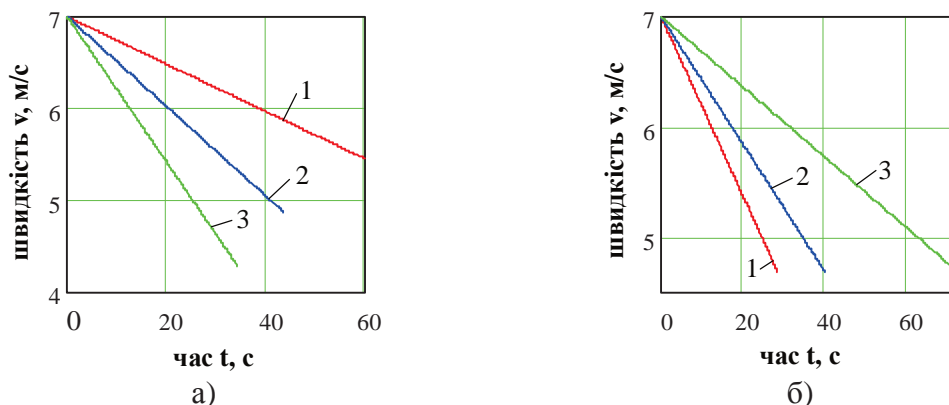
а) значення t_1 при $\alpha = \pi/3$, $\lambda = 0,6$; б) значення t_1 при $h = 0,06$, $\lambda = 0,6$

Рисунок 4 – Залежність величини t_1 від параметрів h і α

На основі (7) і (4) отримуємо залежність швидкості витоку v від часу:

$$v = \sqrt{2gH_0} - \frac{g\lambda^2 S_B}{\pi R_B^2} t. \quad (9)$$

На рис.5 побудовані закони зміни швидкості витоку $v(t)$ при деяких значеннях основних параметрів. Час t тут і далі змінювався від нуля до t_1 . Як і слід було очікувати, при збільшенні коефіцієнта λ і зменшенні кута α швидкість спадання величини v збільшується.



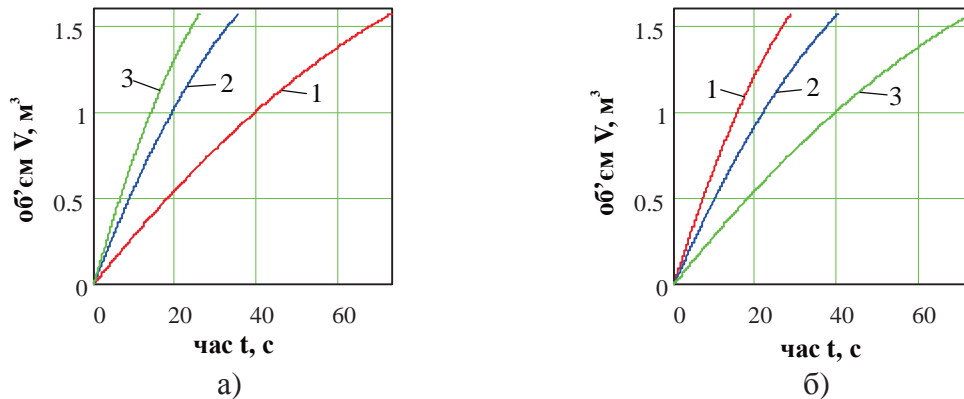
а) 1, 2, 3 – залежність $v(t)$ при $h = 0,06 \text{ м}$, $\alpha = \pi/3$ і $\lambda = 0,4; 0,55; 0,7$ відповідно
 б) 1, 2, 3 – залежність $v(t)$ при $h = 0,06 \text{ м}$, $\lambda = 0,6$ і $\alpha = \pi/4; \pi/3; 5\pi/12$ відповідно

Рисунок 5 – Закон зміни швидкості витоку

Об'єм матеріалу який витік з бункера, визначається рівнянням $V = \pi R_B^2 (H_0 - H)$.
Можемо записати

$$V = \lambda \sqrt{2g} S_B \left(\sqrt{H_0} - \frac{\lambda \sqrt{2g} S_B}{4\pi R_B^2} t \right) \cdot t. \quad (10)$$

На рис.6 наведені залежності $V(t)$, які побудовані за формулою (10). Слід відмітити суттєвий вплив значення кута α на продуктивність вивантаження. Він приблизно на тому ж рівні, що і значення вертикального зміщення конуса h .



а) 1, 2, 3 – залежність $V(t)$ при $\lambda = 0,6$; $\alpha = \pi/3$ і $h = 0,03; 0,07; 0,11$ м відповідно
б) 1, 2, 3 – залежність $V(t)$ при $h = 0,06$ м, $\lambda = 0,6$ і $\alpha = \pi/4; \pi/3; 5\pi/12$ відповідно

Рисунок 6 – Закон зміни об'єму матеріалу, який вивантажується з бункеру

Висновки:

1. При випуклій (округленій) формі торцевої частини полого циліндра регулятора витоку (див. рис.1) площа витоку, а отже і основні показники роботи регулятора, залежать від радіуса округлення.
2. Величина h_l , яка визначає граничне значення переміщення h при регулюванні продуктивності витоку, в значній мірі залежить від кута α і в меншій – від радіуса r .
3. Час повного вивантаження бункера t_l збільшується, а продуктивність зменшується при збільшенні кута α і зменшенні коефіцієнта λ .
4. Зростання коефіцієнта λ , переміщення h і спадання кута α тягнуть за собою більш швидке спадання швидкості витоку v .
5. Отримані результати дозволяють визначити значення основних геометричних параметрів регулятора для забезпечення потрібних вихідних показників.

Список літератури

1. Оришака, О.В. Теоретичне дослідження конусного стабілізатора потоку сипкого матеріалу установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів [Текст] / О.В. Оришака, В.І. Гуцул, А.М. Артюхов // Конструювання, виробництво та експлуатація с-г. машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2016. – Вип. 46. – С. 175-181.
2. Зенков, Р.Л. Механика насыпных грузов [Текст] / Р.Л. Зенков. – М.: Машиностроение, 1964. – 251 с.
3. Аналіз продуктивності установки безперервної дії для завантаження сипких матеріалів/ Оришака О.В., Оришака В. О., Артюхов А.М., Кравцов А.О. // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. – Запоріжжя, НВК Інтер-М, 2013. – Вип. 1, – С. 169-175.

Oleh Oryshaka, Assos. Prof., PhD tech. sci., Vasily Gutsul, Assos. Prof., PhD phys.&math. sci., Anatoly Artiuhov, Assos. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Theoretical investigation of the conical outflow regulator of free-flowing material

The dependences of the influence of the angle of slope of the cone-slope surface of the regulator of the outflow of loose material and the radius of rounding of the end part of the hollow cylinder of the flow-out material flow controller on the maximum value of the cone-shaped slope movement, at which the flow area of the loose material remains less than the area of the inlet of the material duct; Dependence of influence of value of cone displacement on the time of complete unloading of the hopper; Dependencies that allow to determine the flow rate of material and the volume of the discharged material for different values of the main parameters of the regulator.

Research findings.

1. In the convex (rounded) form the face of the hollow cylinder regulator leaks (see fig.1) leakage area, and therefore the main indicators of the regulator, depending on the radius of rounding.

2. The value h_l , that defines the limit value of displacement h in regulating leakage performance is largely dependent on the angle α and smaller - the radius r .

3. A complete unloading hopper t_1 increases and efficiency decreases with increasing angle α and decreasing coefficient λ .

4. Growth factor λ , h and decreasing displacement angle α entail a more rapid decrease leakage rate v .

5. The results allow to determine the value of basic geometric parameters of the regulator to ensure the necessary benchmarks.

conical outflow regulator, free-flowing material

Одержано 22.05.17

УДК 631.331

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

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна
E-mail: app.post@rambler.ru

Энергетические показатели рабочего процесса высевающих аппаратов и систем

В статье рассмотрено сравнение энергетических показателей рабочего процесса существующих и перспективных высевающих аппаратов и систем посевных машин.

высев, сеялка, система, аппарат, энергия, эффективность, привод, мощность

А. О. Панков, доц., канд. техн. наук, докторант

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна

Енергетичні показники робочого процесу висівних апаратів і систем

У статті розглянуто порівняння енергетичних показників робочого процесу існуючих та перспективних висівних апаратів і систем посівних машин.

сівба, сівалка, система, апарат, енергія, ефективність, привод, потужність

Постановка проблемы. Несмотря на то, что имеется много типов высевающих систем, сравнительные показатели энергоемкости их рабочего процесса окончательно не выявлены. При создании посевных машин главное внимание уделяется обеспечению показателей качества технологического процесса и производительности. В то же время, современные требования по оптимизации энергопотребления указывают на необходимость анализа энергоемкости рабочего процесса высевающих систем.

© А. А. Панков, 2017