МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІМЕСГ» НААН

ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

VI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
112-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віце-президента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

21-22 лютого 2019 року
м. Київ

УДК 631.361.8

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО БУНКЕРА

В. М. БАРАНОВСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор
Ю. В. ГРИЦАЙ, здобувач
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
E-mail: baranovskyvm@ukr.net

У загальному випадку ефективність роботи будь-якого бункера залежить від узгодження його форми (конічна, пірамідальна, циліндрична, комбінована), способу руху (гідравлічним, нормальним, змішаним) завантажених в нього продуктів, розмірно-масових параметрів і фізико-механічних властивостей продуктів з загальною конструкцією шнекового механізму.

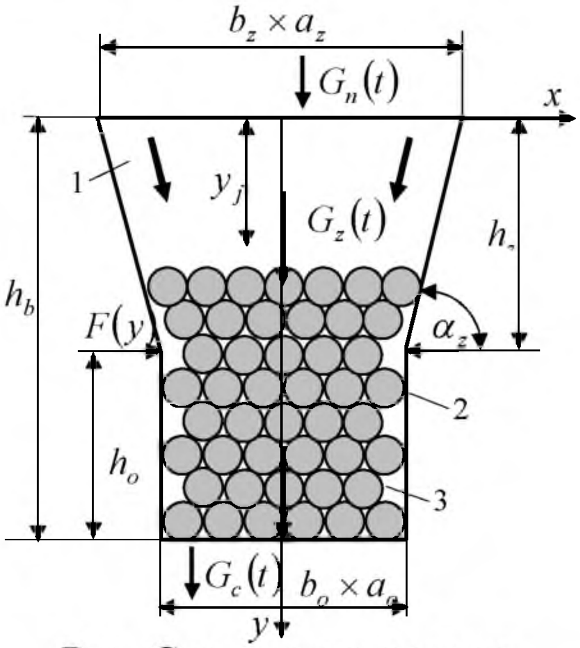

Рис. Схема до розрахунку параметрів завантажувального бункера: 1 – завантажувальна горловина; 2 – вихідна горловина; 3 – коренеплоди

Відомо, що в поперечному перерізі завантажувального бункера (рисунок) швидкість витікання продукту ϑ (м/с) підкоряється закону сухого тертя (закону Кулона) та визначається за відомою формулою

$$\vartheta = \frac{G}{F(x;z)}, \tag{1}$$

де G – об'ємний розхід коренеплодів, або результуючий об'ємний розхід зміни запасу матеріалу, м^3/с; $F(x;z)$ – площа поперечного перерізу вихідної горловини бункера, м^2.

Тоді поштучний об'ємний розхід коренеплодів G_n (шт.м^3/с), або результуючий об'ємний розхід зміни запасу матеріалу в завантажувальному бункері шнекового транспортера-подрібнювача можна визначити з формули (2.4), яка характеризує масову об'ємну кількість коренеплодів, які виходять з вихідної горловини, або споживання із запасу за час $t = 1$ с. При цьому:

$$G_n = G_c / \gamma_k t = \frac{\sum_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c} m_{k1} + K_{2G_c} m_{k2} + K_{3G_c} m_{k3}\right]}{\gamma_k t}; \tag{2}$$

$$G_n = \frac{\sum_{i=1}^{3} \frac{\pi}{24}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})} + K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})} + K_{3G_c}\frac{D_{k}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]}{t}; \tag{3}$$

$$\vartheta_{c.k}=\frac{\pi}{24}\frac{\sum\limits_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})}+K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})}+K_{3G_c}\frac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]}{F(x;z)t}. \qquad (4)$$

де $K_{1G_n}, K_{2G_n}, ..., K_{iG_n}$ – відповідно, кількість коренеплодів 1-ї, 2-ї,…, i-ї розмірної масової фракції, які надходять у завантажувальну горловину бункера, шт; $m_{k1}, m_{k2}, ..., m_{ki}$ – відповідно, маса коренеплоду 1-ї, 2-ї,…, i-ї розмірної фракції, які надходять у завантажувальну горловину бункера, кг; $D_{k2}, ..., D_{ki}$ – діаметр коренеплодів 2-ї,…, i-ї розмірної масової фракції, м; α_{ki} – кут конуса росту коренеплодів 2-ї,…, i-ї розмірної масової фракції, град

Тоді прискорення $a_{c.k}$ (шт. м/с^2) поштучного споживання коренеплодів із запасу буде визначається за формулою

$$a_{c.k}=\frac{d\vartheta_{c.k}}{dt}=\frac{d}{dt}\left(\frac{\pi}{24}\sum_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})}+K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})}+K_{3G_c}\frac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]/F(x;z)t\right). \qquad (5)$$

Поклавши в залежності (5) $a_{c.k}=g$, де g – прискорення вільного падіння (м/с^2) та виконавши диференціювання виразу (5), визначимо відношення між текучим залишковим поштучним (кількісним) запасом коренеплодів і прискоренням поштучного споживання коренеплодів із запасу (диференціальне рівняння поштучного споживання коренеплодів у відносному часі t) за умови, що поперечний переріз $F(x;z)$ є випускним отвором вихідної горловини бункера, або

$$d\left(\frac{\pi}{24\gamma_k}\frac{\sum\limits_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})}+K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})}+K_{3G_c}\frac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]}{F(x;z)t}\right)=gdt; \qquad (6)$$

$$\frac{\pi}{24t}\sum_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})}+K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})}+K_{3G_c}\frac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]=$$

$$=F(x;z)\sqrt{-\frac{\frac{\pi}{24t}\sum\limits_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})}+K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})}+K_{3G_c}\frac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]F(x;z)}{\frac{dF(x;z)}{dt}}}\times, \qquad (7)$$

$$\times th\left(-\sqrt{\frac{g\frac{dF(x_j;z_j)}{dt}}{F(x_j;z_j)}}\cdot t\right)$$

де th – гіперболічний тангенс.

Або

$$\frac{d\left\{\frac{\pi}{24t}\sum_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})}+K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})}+K_{3G_c}\frac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]\right\}}{dt}=$$

$$=gF(x;z)\times \qquad (8)$$

$$\times\left\{1-th^2\left[-\sqrt{\frac{\frac{\pi}{24t}\sum_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})}+K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})}+K_{3G_c}\frac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]\frac{dF(x'_j;z_j)}{dt}}{F(x;z)}}\cdot t\right]\right\}$$

Якщо в формулах (7), (8) спрямувати час $t\to\infty$, або в формулі (6) прийняти, що $d\left\{\frac{\pi}{24t}\sum_{i=1}^{3}\left[K_{1G_c}\frac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})}+K_{2G_c}\frac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})}+K_{3G_c}\frac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\right]\right\}/dt=0$, а отриману формулу помножити на об'ємну масу коренеплодів γ_k, тоді отримаємо граничне максимальне масове споживання коренеплодів із запасу бункера за час $t=1$ с, або, відповідно, необхідне граничне максимальне масове секундне надходження коренеплодів $G_{c.max}$ (кг/с) до шнекового конвеєра за умови, що площа поперечного перерізу $F(x;z)$ є випускним отвором вихідної горловини бункера, тобто

$$0=g\gamma_k F(x;z)\left(-\sqrt{\frac{d\left(\frac{1}{F(x;z)}\right)t}{dt}}\right)+\frac{\frac{dF(x_j;z_j)}{dt}}{\left[F(x_j;z_j)\right]^2}\cdot 0\cdot\left(-\sqrt{\frac{d\left(\frac{1}{F(x_j;z_j)}\right)t}{dt}}\right), \qquad (9)$$

або

$$G_{c.max}=\gamma_k F(x;y)\left(-\sqrt{\frac{gF(x;z)}{\frac{dF(x_j;z_j)}{dt}}}\right). \qquad (10)$$

Площа поперечного перерізу $F(x;z)$ випускного отвору вихідної горловини бункера буде визначається за формулою $F(x;z)=b_o 2r_o$, де b_o, r_o – довжина та гідравлічний радіус отвору, м. При цьому $2r_o=a_o\le b_0$.

Тоді залежність (10) матиме вигляд

$$G_{c.max}=\gamma_k b_o a_o\left(-\sqrt{\frac{gb_o a_o}{\frac{d(b_o a_o)}{dt}}}\right). \qquad (11)$$