УДК 631.356.2

Ю.В. Грицай
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО БУНКЕРА ТРАНСПОРТЕРА-ПОДРІБНЮВАЧА

Yu.V. Gritsay

MATHEMATICAL MODEL OF FUNCTIONING OF DOWNLOADING BUNKER OF A TRANSPORTATION MANAGER

Для розробки математичної моделі функціонування завантажувального бункера шнекового транспортера-подрібнювача формалізуємо об’єкт дослідження наступним чином: основна (верхня) частина бункера, або завантажувальна горловина 1 (рис. 1) має форму усіченої прямокутної піраміди, висоту якої позначимо через h_z, при цьому верхня основа має розмірні параметри $b_z \times a_z$; нижня частина, або вихідна горловина 2 має форму прямокутного паралепіпеда, висоту якого позначимо через h_o, при цьому нижня основа має розмірні параметри $b_o \times a_o$; коренеплоди в просторі бункера переважно займають положення, яке близьке до горизонтального – поздовжня вісь тіла коренеплоду паралельна, або близька до горизонту.

Позначимо кількість коренеплодів, які надходять в основну частину (завантажувальну горловину) бункера в відносному часі t через $G_n(t)$, кількість коренеплодів, які накопичено в бункері в проміжній стадії виробничого циклу, або запас коренеплодів – через $G_z(t)$, а кількість коренеплодів, які виходять з вихідної горловини, або споживання із запасу – через $G_c(t)$. При цьому запас коренеплодів $G_z(t)$ і утримуюча здатність цього запасу характеризують накопичення матеріалу під час виконання операції надходження коренеплодів у завантажувальну горловину та споживання коренеплодів із запасу, а сам запас дозволяє компенсувати наслідки збурення в потоках.

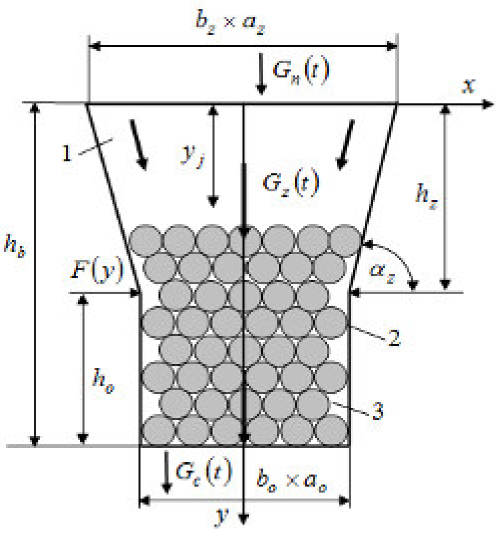

Рисунок 1. Схема до розрахунку параметрів завантажувального бункера: 1 – завантажувальна горловина; 2 – вихідна горловина; 3 – коренеплоди

Тоді зростання запасу коренеплодів буде забезпечуватися за умови $G_n(t) > G_c(t)$, а зменшення запасу за умови $G_n(t) < G_c(t)$.

У цьому контексті, рівняння яке характеризує результуючий масовий розхід зміни запасу матеріалу матиме вигляд

$$\frac{dG_z(t)}{dt} = \sum G_z = G_n(t) - G_c(t) = \Delta G_z(t), \quad (1)$$

де $\Delta G_z(t)$ – залишковий запас коренеплодів у проміжній стадії виробничого циклу.

Для подальшого аналізу виразимо існуючі уявні технологічні потоки через реальний продукт, або відповідний кількісний масовий потік коренеплодів, при цьому:

- масова кількість коренеплодів $G_n(t)$, які надходять в завантажувальну горловину бункера в відносному часі t буде становити:

$$G_n(t) = K_{1G_n}(t)m_{k1} + K_{2G_n}(t)m_{k2} + \ldots + K_{iG_n}(t)m_{ki} = \\ = \sum_{i=1}^{n}\left[K_{1G_n}(t)m_{k1} + K_{2G_n}(t)m_{k2} + \ldots + K_{iG_n}(t)m_{ki}\right]; \; i = 1, 2, \ldots, n; \qquad (2)$$

де $K_{1G_n}, K_{2G_n}, \ldots, K_{iG_n}$ – відповідно, кількість коренеплодів 1-ї, 2-ї,…, i-ї розмірної масової фракції, які надходять у завантажувальну горловину бункера, шт; $m_{k1}, m_{k2}, \ldots, m_{ki}$ – відповідно, маса коренеплоду 1-ї, 2-ї,…, i-ї розмірної фракції, які надходять у завантажувальну горловину бункера, кг; масова кількість коренеплодів, які накопичено в бункері, або запас коренеплодів $G_z(t)$ у відносному часі t буде становити:

$$G_z(t) = K_{1G_z}(t)m_{k1} + K_{2G_z}(t)m_{k2} + \ldots + K_{iG_z}(t)m_{ki} = \\ = \sum_{i=1}^{n}\left[K_{1G_z}(t)m_{k1} + K_{2G_z}(t)m_{k2} + \ldots + K_{iG_z}(t)m_{ki}\right]; \; i = 1, 2, \ldots, n; \qquad (3)$$

де $K_{1G_z}, K_{2G_z}, \ldots, K_{iG_z}$ – відповідно, кількість коренеплодів 1-ї, 2-ї,…, i-ї розмірної масової фракції, які накопичено в бункері, шт.; масова кількість коренеплодів, які виходять з вихідної горловини, або споживання із запасу $G_c(t)$ у відносному часі t буде становити:

$$G_c(t) = K_{1G_c}(t)m_{k1} + K_{2G_c}(t)m_{k2} + \ldots + K_{iG_c}(t)m_{ki} = \\ = \sum_{i=1}^{n}\left[K_{1G_c}(t)m_{k1} + K_{2G_c}(t)m_{k2} + \ldots + K_{iG_c}(t)m_{ki}\right]; \; i = 1, 2, \ldots, n; \qquad (4)$$

де $K_{1G_c}, K_{2G_c}, \ldots, K_{iG_c}$ – відповідно, кількість коренеплодів 1-ї, 2-ї,…, i-ї розмірної масової фракції, які виходять з вихідної горловини бункера, шт.

Підставивши значення (2.2)-(2.4) в рівняння (2.1), отримаємо:

$$\int \Delta G_z dt = \int \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^{3}\left[K_{1G_n}(t)m_{k1} + K_{2G_n}(t)m_{k2} + K_{3G_n}(t)m_{k3}\right] - \\ - \sum_{i=1}^{n}\left[K_{1G_c}(t)m_{k1} + K_{2G_c}(t)m_{k2} + K_{3G_c}(t)m_{k3}\right] \end{bmatrix} dt = \\ = \int \left[\sum_{i=1}^{3}\left\{\left[K_{1G_n}(t) - K_{1G_c}(t)\right]m_{k1} + \left[K_{2G_n}(t) - K_{2G_c}(t)\right]m_{k2} + \left[K_{3G_n}(t) - K_{3G_c}(t)\right]m_{k3}\right\}\right] dt \qquad . (5)$$

Підставивши значення маси коренеплоду m_{k1}, m_{k2}, m_{k3}, відповідно, 1-ї, 2-ї та 3-ї розмірної фракції, які надходять в завантажувальну горловину бункера в інтегральний вираз (5), отримаємо:

$$\int \Delta G_z dt = \int \left[\sum_{i=1}^{3}\frac{\pi\gamma_k}{24}\left\{\begin{array}{l}\left[K_{1G_n}(t) - K_{1G_c}(t)\right]\dfrac{D_{k1}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k1})} + \left[K_{2G_n}(t) - K_{2G_c}(t)\right]\dfrac{D_{k2}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k2})} + \\ + \left[K_{3G_n}(t) - K_{3G_c}(t)\right]\dfrac{D_{k3}^3}{tg(0{,}5\alpha_{k3})}\end{array}\right\}\right] dt. \qquad (6)$$

Отримана залежність (6) є математичною моделлю, яку записано в загальному інтегральному вигляді та яка характеризує процес функціонування завантажувального бункера шнекового транспортера-подрібнювача в відносному часі t, або характер зміни між текучим залишковим запасом коренеплодів і результуючим масовим розходом зміни запасу матеріалу в завантажувальному бункері.