

УДК: 631.356.22

## РОЗРАХУНКОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ШНЕКОВОГО КОНВЕЄРА ГИЧКОЗБИРАЛЬНОГО МОДУЛЯ

кандидат технічних наук, доцент, **Онищенко В. Б., Сторожук І. М.**

Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
Україна, Київ

*Наведено результати теоретичного аналізу процесу транспортування зрізаної гички кормових буряків шнековим конвеєром гичкозбирального модуля. На основі забезпечення технологічності роботи гичкозбирального модуля розроблено математичну модель, яка характеризує взаємозв'язок розрахункової продуктивності шнекового конвеєра та секундної подачі подрібнених рослинних решток роторним гичкорізом. Визначено межі зміни кутової швидкості гвинтового конвеєра з умови забезпечення продуктивності гичкозбирального модуля.*

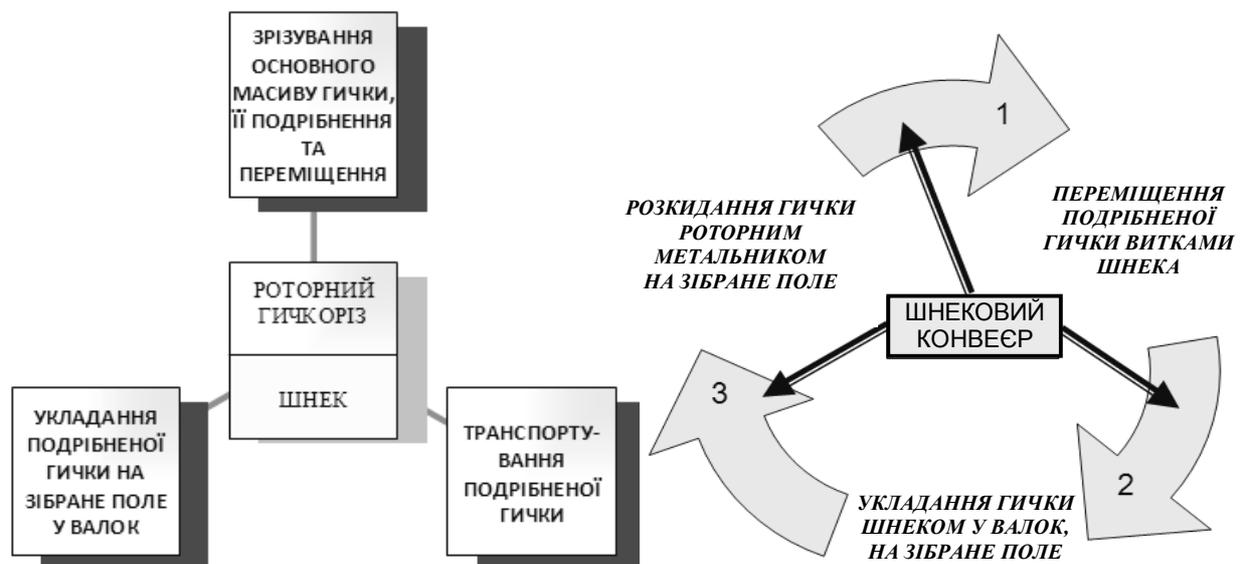
*Ключові слова: гичка, гичкозбиральний модуль, роторний гичкоріз, шнековий конвеєр, секундна подача, продуктивність, математична модель.*

*PhD in Technical Science Onishenko V. B., Storozhuk I. M. The estimated performance of screw conveyor of module for harvesting of root crop tops/ National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine , Ukraine, Kiev.*

*The results of theoretical analysis of the process of transporting of cut tops of fodder beet by screw conveyor of module for harvesting tops are provided. Mathematical model based on ensure the manufacturability of work of module for harvesting tops are given. This model characterizes the relationship of estimated performance of screw conveyor and filing (in seconds) of cut tops by rotary haulm cutter. Limits of changes of the angular velocity of screw conveyor by condition of maintenance of productivity of the module for harvesting tops are identified.*

*Keywords: tops of root crops, module for harvesting tops, rotary haulm cutter, screw conveyor, feeding in seconds, productivity, mathematical model.*

**Вступ.** На сучасному етапі розвитку коренезбиральної техніки гичку коренеплодів, як цукрових і кормових буряків, так і коренеплодів цикорію збирають двостадійним способом. На першій стадії виконують такі технологічні операції (рис. 1): зрізування основного масиву гички роторним гичкорізом з одночасним переміщенням подрібненої гички до шнекового конвеєра; транспортування подрібненої гички шнековим конвеєром; вивантаження гички шнеком і її укладання у валок на зібране поле, або розкидання по полю роторним гичкометальником.



**Рис. 1. Технологічні операції збирання основного масиву гички**

На другій стадії дообрізують залишки гички з головок коренеплодів дообрізниками, які виконані по типу «пасивний копір-пасивний ніж».

Реалізація двостадійного способу збирання гички виконується робочими органами гичкозбирального модуля у складі коренезбиральної машини і, як правило, відбувається за однофазного способу збирання коренеплодів [1, с. 69].

Для підвищення агротехнічних показників якості роботи однофазних машин, які призначені для збирання кормових буряків, нами на основі винаходів було розроблено удосконалений гичкозбиральний модуль [2, с. 1–4; 3, с. 1–4]. Удосконалення конструкції гичкозбирального модуля полягає в наступному: шнековий конвеєр виконано з перемінним кроком, а пасивний пластинчатий копір дообрізника встановлено на демпферному пристрої.

Основні конструктивно-кінематичні параметри шнекового конвеєра та їх взаємозв'язок регламентований критеріями значень основних показників технологічно-експлуатаційної стабільності його роботи [4, с. 35–41]. При цьому пріоритетним показником є технологічна пропускна здатність шнекового конвеєра, яка визначає не тільки його необхідну розрахункову продуктивність, але і, в кінцевому випадку, продуктивність коренезбиральної машини загалом.

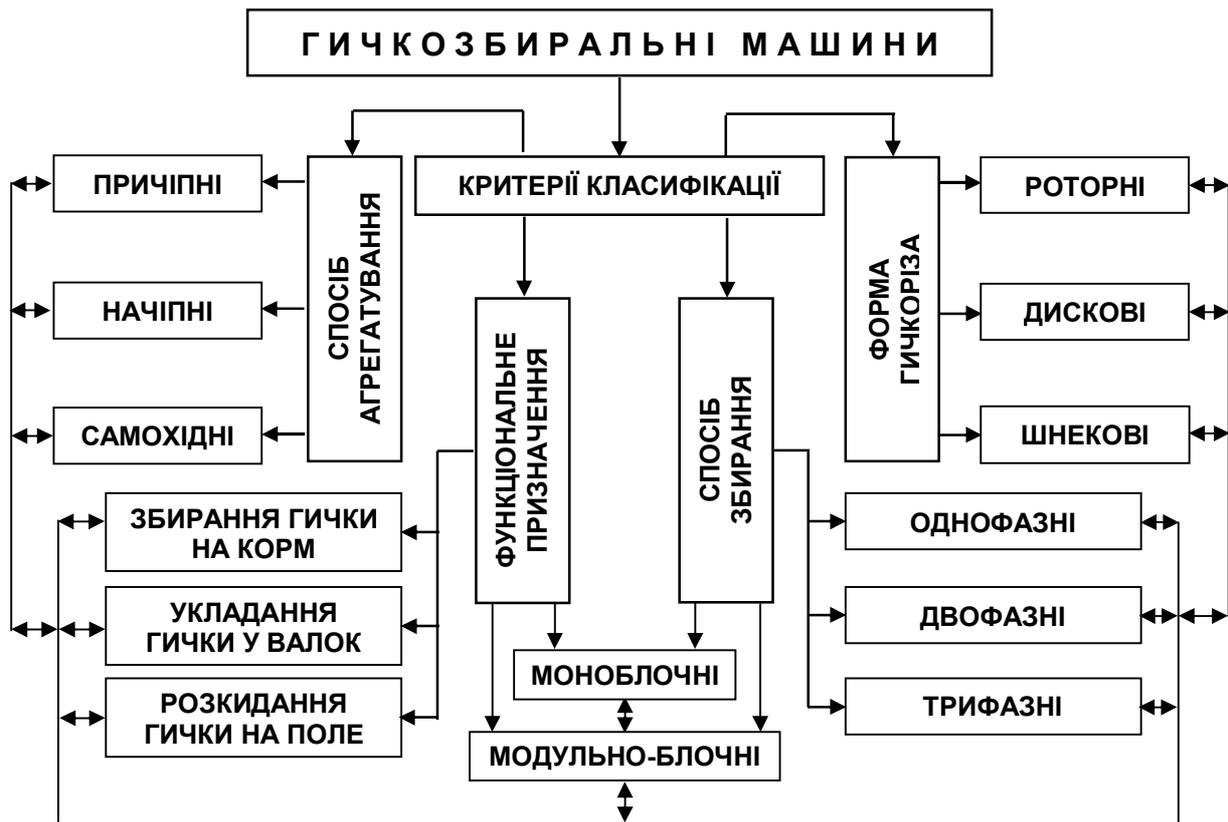
Аналіз результатів відомих праць [4, с. 342–351; 5, с. 223–224; 6, с. 186–197] показав, що одержані результати дослідження продуктивності шнекових конвеєрів описують тільки загальні аспекти транспортування матеріалів і не враховують агротехнологічні умови роботи гичкозбиральних модулів – урожайність гички, швидкість руху модуля, або коренезбиральної машини тощо. Окрім того запропонована конструкція гичкозбирального модуля має власні відмінні властивості, що і зумовило проведення даних досліджень.

**Формулювання мети статті та завдань.** Метою досліджень є підвищення технологічної ефективності роботи гичкозбиральних модулів шляхом обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів і режимів роботи шнекових конвеєрів. Дані дослідження є подальшим розвитком технологічних засад функціонування шнекових механізмів.

**Виклад основного матеріалу статті.** Перший етап розробки модулів для збирання гички повинен базуватися на проведенні систематизації існуючих машин за визначеними критеріями класифікації, що дозволить провести ідентифікацію конструктивних схем і технологічних процесів збирання гички.

За основу побудови класифікації гичкозбиральних машин (рис. 3) взято чотири головні критерії систематизації – спосіб агрегаткування, функціональне призначення, спосіб збирання та форма гичкоріза.

За функціональним призначенням розрізняють такі типи машин: які збирають гичку на корм для подальшого згодовування худобі або силосування (машини, які завантажують зібрану гичку у транспортні засоби, що рухаються поруч з нею); які укладають (вивантажують) зрізану гичку на зібране поле у суцільний валок; які розкидають зрізану та подрібнену гичку на зібране поле.

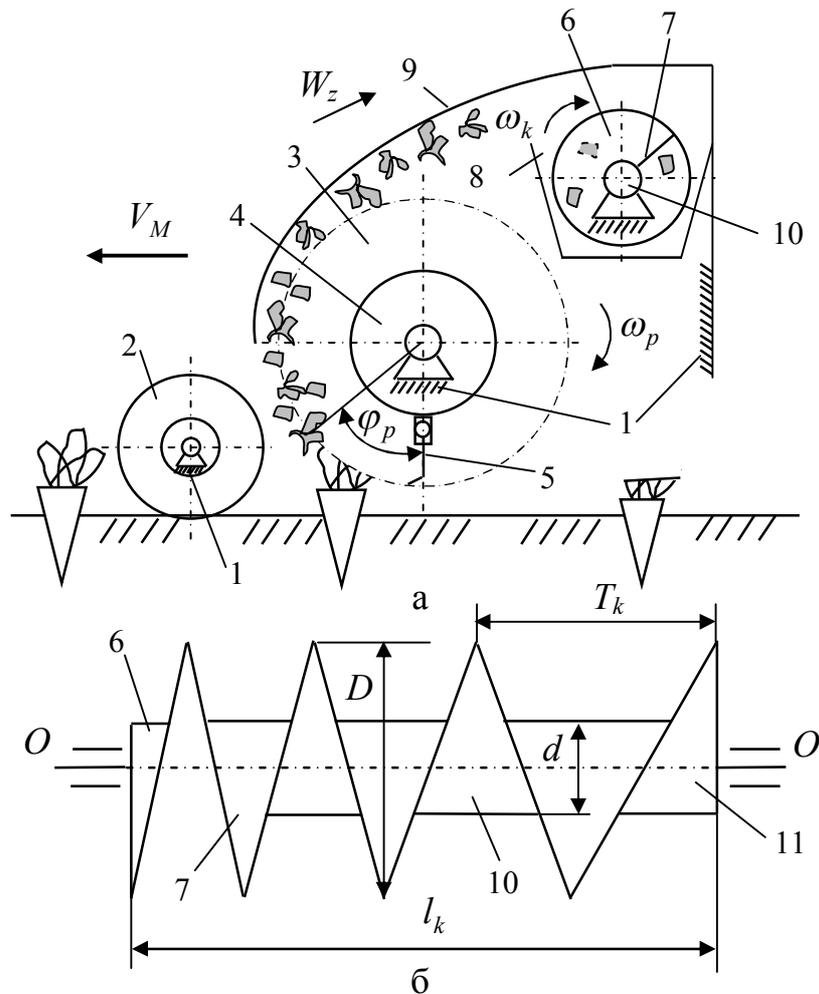


**Рис. 3. Класифікація гичкозбиральних машин**

За формою гичкоріза (формою робочих органів, які зрізують гичку) розрізняють роторні машини (горизонтальний роторний гичкоріз), дискові машини (дисковий вертикальний або похилий гичкоріз), шнекові машини (шнековий вертикальний гичкоріз).

Обґрунтування параметрів транспортно-технологічних систем, які мають робочі органи гвинтових механізмів доцільно проводити шляхом розробки математичної моделі технологічного процесу транспортування зрізаної та подрібненої гички коренеплодів кормових буряків і бур'янів шнековим конвеєром з метою отримання аналітичних закономірностей процесу його функціонування, або дослідження зміни продуктивності шнека залежно від основних конструктивно-кінематичних параметрів процесу.

З метою формалізації процесу транспортування подрібненої гички коренеплодів і для подальшого обґрунтування параметрів шнекового конвеєра розглянемо схему для розрахунку продуктивності роботи шнекового конвеєра (рис. 4), яка поєднує в собі функціональну схему технологічного процесу роботи (рис. 4а) та конструктивну схему шнекового конвеєра, рис. 4б.



**Рис. 4. Схема для розрахунку продуктивності роботи шнекового конвеєра: а – схема процесу роботи; б – схема шнекового конвеєра; 1 – рама; 2 – колесо опорне; 3 – роторний гичкорізі; 4, 10 – барабан; 5 – ніж; 6 – шнековий конвеєр; 7 – виток; 8 – жолоб; 9 – кожух; 11 – вихідна частина шнека**

Обґрунтування параметрів шнекового конвеєра 6 (рис. 4) проведемо на основі аналізу переміщення технологічної маси поверхнею основного елемента конструкції шнекового конвеєра (у подальшому – шнека), тобто витка 7 у жолобі 8 робочого руслу.

Взаємозв'язок між конструктивними та кінематичними параметрами шнека та загальною кількістю матеріалу, який необхідно транспортувати без порушення технологічного процесу роботи модуля, встановимо на основі аналізу пропускної здатності або розрахункової продуктивності  $Q_k$  шнека.

Під час переміщення гичкозбирального модуля вздовж рядків коренеплодів з поступальною швидкістю руху  $V_M$  і обертання барабана 4 роторного гичкоріза 3 з кутовою швидкістю  $\omega_k$ , гичкозрізувальні ножі 5 зрізують основний масив гички та бур'янів (рослинні рештки) і подають їх по траєкторії направлення кожуха 9 так, щоб вона попадала в жолоб 8, або на шнековий конвеєр 6, діаметр якого становить  $D$ . При цьому секундна подача зрізаних і подрібнених та доставлених до жолоба рослинних решток становить  $W_z$ . Спіральні витки 7 шнекового конвеєра, які розміщено на барабані 10, діаметр якого позначимо через  $d$ , транспортують зрізані та подрібнені рослинні рештки вздовж осі обертання шнекового конвеєра в сторону його вихідної частини 11, де рослинні рештки після сходу з останнього спірального напірного витка, крок якого становить  $T_k$  укладаються у валок на зібране поле.

Раціональне функціонування гичкозбирального модуля можливе за умови забезпечення безперервного транспортування всієї кількості подрібнених рослинних решток, які надходять від роторного гичкоріза в жолоб, тобто забезпечення транспортування рослинних решток на всій довжині шнекового конвеєра  $l_k$  без «звантаження».

При цьому проміжок часу транспортування рослинних решток від вхідної та вихідної частини шнекового конвеєра позначимо через  $t$ .

Тоді раціональне функціонування гичкозбирального модуля, або забезпечення необхідної розрахункової продуктивності роботи  $Q_k$  шнекового конвеєра можливе за умови

$$W_z(t) \leq Q_k(t), \quad (1)$$

де  $W_z$  – секундна подача подрібнених рослинних решток, кг/с;  $Q_k$  – пропускна здатність або продуктивність шнекового конвеєра, кг/с.

Теоретична подача рослинних решток  $W_z(t)$  за проміжок часу  $t$  складається з сумарної подачі суми подрібненої гички з кожного рядка та суми подач подрібнених бур'янів з кожного рядка та кожного міжряддя

$$W_z(t) = \sum_{i=1}^N W_{g_i}(t) + \sum_{i=1}^N W_{b_i}(t), \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

де  $\sum_{i=1}^N W_{g_i}(t)$  – сумарна подача зрізаної гички з  $N$  рядків коренеплодів за час  $t$ ,

кг/с;  $\sum_{i=1}^N W_{b_i}(t)$  – сумарна подача бур'янів з  $N$  рядків коренеплодів за час  $t$ , кг/с.

Подача подрібненої гички з кожного одного  $i$ -го рядка коренеплодів  $W_{g_i}(t)$  і подача подрібнених бур'янів  $W_{b_i}(t)$  з кожного одного  $i$ -го рядка коренеплодів і одного  $i$ -го міжряддя за проміжок часу  $t$  буде залежати від урожайності гички кормових буряків, швидкості руху гичкозбирального модуля, забур'яненості поля, при цьому:

$$W_{g_i}(t) = \frac{dS_n}{dt} U_{g_i} b_k t; \quad W_{b_i}(t) = \frac{dS_n}{dt} M_{b_i} b_k t, \quad (3)$$

де  $S_n$  – шлях, який пройде модуль за час  $t$ , м;  $b$  – ширина міжряддя, м;  $U_{g_i}$  – урожайність гички з  $i$ -го рядка коренеплодів, кг/м<sup>2</sup>;  $M_{b_i}$  – питома маса бур'янів з  $i$ -го міжряддя коренеплодів, кг/м<sup>2</sup>.

Тоді можна записати, що сума подач подрібненої гички з кожного рядка  $\sum_{i=1}^N W_{g_i}(t)$  та сума подач подрібнених бур'янів з кожного рядка та кожного

міжряддя  $\sum_{i=1}^N W_{b_i}(t)$ , відповідно визначаються за формулою

$$\sum_{i=1}^N W_{g_i}(t) = \frac{dS_n}{dt} b_k t (U_{1g} + U_{2g} + \dots + U_{Ng}); \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N W_{b_i}(t) = \frac{dS_n}{dt} b_k t (M_{1b} + M_{2b} + \dots + M_{Nb}), \quad (5)$$

де  $U_{1g}, U_{2g}, \dots, U_{Ng}$  – урожайність гички з 1-го, 2-го, ...,  $N$ -го рядка коренеплодів, кг/м<sup>2</sup>;  $M_{1b}, M_{2b}, \dots, M_{Nb}$  – питома маса бур'янів з 1-го, 2-го, ...,  $N$ -го рядка та міжряддя коренеплодів, кг/м<sup>2</sup>.

За ознакою наявності втрат гички та бур'янів під час їх зрізування та подрібнення гичкозрізувальними ножами роторного гичкоріза і передачі подрібнених гички та бур'янів по траєкторії направленої руху до жолоба, або транспортування її до шнека, реальна теоретична подача рослинних решток  $W_z(t)$  за проміжок часу  $t$  з врахуванням (2)-(5) буде визначатися

$$W_z(t) = \frac{dS_n}{dt} b_k t \left[ (k_{1U}U_{1g} + k_{2U}U_{2g} + \dots + k_{NU}U_{Ng}) + (k_{1M}M_{1b} + k_{2M}M_{2b} + \dots + k_{NM}M_{Nb}) \right], \quad (6)$$

де  $k_{1U}, k_{2U}, \dots, k_{NU}$  – коефіцієнт втрат гички з 1-го, 2-го, ...,  $N$ -го рядка коренеплодів;  $k_{1M}, k_{2M}, \dots, k_{NM}$  – коефіцієнт втрат бур'янів з 1-го, 2-го, ...,  $N$ -го рядка та міжряддя коренеплодів.

Для спрощення задачі приймаємо припущення, або формалізуємо процес за якого:

- урожайність гички кожного  $i$ -го рядка коренеплодів  $U_{gi}$  і коефіцієнт втрат гички з кожного  $i$ -го рядка коренеплодів  $k_{iU}$ , відповідно, рівні або дорівнюють один одному, тобто  $U_{1g} = U_{2g} = \dots = U_{Ng} = U_g$ ,  $k_{1U} = k_{2U} = \dots = k_{NU} = k_U$ ;

- питома маса бур'янів і коефіцієнт втрат бур'янів з 1-го, 2-го, ...,  $N$ -го рядка та міжряддя коренеплодів  $M_{bi}$  і  $k_{iM}$ , відповідно, рівні або дорівнюють один одному, тобто  $M_{1b} = M_{2b} = \dots = M_{Nb} = M_b$ ,  $k_{1M} = k_{2M} = \dots = k_{NM} = k_M$ .

Тоді реальна розрахункова подача рослинних решток  $W_z(t)$  роторним гичкорізом в жолоб робочого русла шнекового конвєсера за проміжок часу  $t$  з врахуванням (6) буде

$$W_z(t) = \frac{dS_n}{dt} b_k t N_p (k_U U_g + k_M M_b), \quad (7)$$

де  $N_p$  – кількість рядків, які збираються одночасно, шт.;  $k_U$  – коефіцієнт втрат гички коренеплодів;  $U_g$  – урожайність гички коренеплодів, кг/м<sup>2</sup>;  $k_M$  – коефіцієнт втрат бур'янів;  $M_b$  – питома маса бур'янів, кг/м<sup>2</sup>.

Тоді умову раціонального функціонування гичкозбирального модуля, або транспортування кількості рослинних решток, які транспортуються шнековим

конвеєром без її «звантаження» за проміжок часу  $t$  (або забезпечення необхідної розрахункової продуктивності шнекового конвеєра у першому наближенні) з урахуванням (1) можна записати у вигляді

$$Q_k(t) \geq \frac{dS_n}{dt} b_k t N_p (k_U U_g + k_M M_b). \quad (8)$$

З іншого погляду, продуктивність шнекового конвеєра  $Q_k$  згідно з [7, с. 398] визначимо за загальною формулою, яка характеризує продуктивність машин неперервної дії

$$Q_k = F_v \rho_v \psi_n V_c, \quad (9)$$

де  $F_v$  – площа поперечного перерізу потоку вантажу,  $\text{м}^2$ ;  $\rho_v$  – об'ємна маса вантажу, або подрібнених рослинних решток,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\psi_n$  – коефіцієнта заповнення об'єму робочого русла жолоба;  $V_c$  – середня швидкість переміщення (транспортування) рослинних решток в напрямку вихідної частини шнекового конвеєра,  $\text{м}/\text{с}$ .

У нашому випадку, середню швидкість  $V_c$  осьового переміщення подрібнених рослинних решток витками шнекового конвеєра визначимо через поправочний коефіцієнт ковзання  $k_v$  матеріалу по робочих поверхнях, який враховує зниження середньої швидкості  $V_c$  відносно теоретичної швидкості осьового переміщення витків шнека  $V_m$  вздовж осі обертання  $OO$ .

Унаслідок цього відбувається зменшення продуктивності шнекового конвеєра за рахунок наявного тертя ковзання частинок сипкого матеріалу по поверхні елементів його конструкції, при цьому

$$V_c = V_m k_v = \frac{T' \omega_k}{2\pi} k_v = \frac{T' k_v}{2\pi} \frac{d\varphi_k}{dt}, \quad (10)$$

де  $\omega_k$  – кутова швидкість шнекового конвеєра,  $\text{рад}/\text{с}$ ;  $\varphi_k$  – кут повороту шнекового конвеєра,  $\text{рад}$ .;  $k_v$  – коефіцієнт ковзання.

Коефіцієнт ковзання  $k_v$  залежить від багатьох факторів, основними із яких є кут підйому гвинтової лінії  $\alpha$  навивання витків на барабан шнекового конвеєра, коефіцієнт ущільнення подрібнених рослинних решток витками шнекового конвеєра, діаметр шнека тощо та визначається за формулою

$$k_v = k_\alpha k_y, \quad (11)$$

де  $k_\alpha$ ,  $k_y$  – відповідно, коефіцієнт, який показують ступінь впливу кута підйому гвинтової лінії  $\alpha$  по середньому радіусу останнього витка шнекового конвеєра та коефіцієнт ущільнення подрібнених рослинних решток витками шнекового конвеєра.

Складова  $T'$  рівняння (10) визначається як різниця кроку останнього витка  $T_k$  шнекового конвеєра та товщини витка  $\delta_v$ , тобто

$$T' = T_k - \delta_v = \pi D \operatorname{tg} \alpha - \delta_v = \pi D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k) - \delta_v, \quad (12)$$

де  $D$  – діаметр гвинтового конвеєра, м;  $\alpha = 0,5\pi - \alpha_k$  – кут підйому гвинтової лінії останнього напірного витка шнекового конвеєра, град.; де  $\alpha_k$  – кут тертя ковзання матеріалу (подрібнених рослинних решток) по гвинтовій поверхні витка шнекового конвеєра, град.;  $\delta_v$  – товщина останнього витка шнекового конвеєра, м.

Тоді підставивши значення  $k_v$  і  $T'$  з (11) і (12) в рівняння (10) одержимо залежність для визначення середньої швидкості транспортування рослинних решток  $V_c$  в напрямку вихідної частини шнекового конвеєра

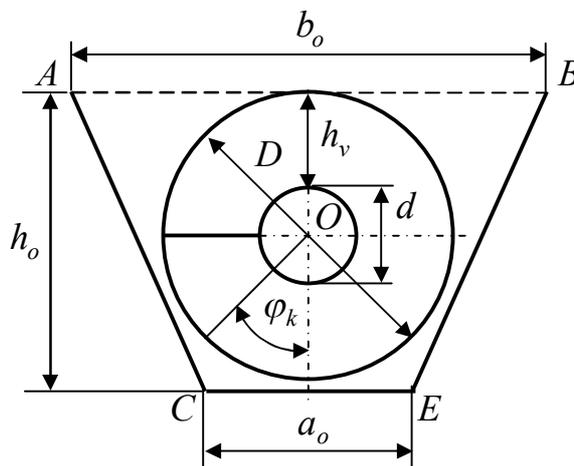
$$V_c = \frac{D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k) - \delta_v}{2} k_\alpha k_y \frac{d\varphi_k}{dt}. \quad (13)$$

Числове значення коефіцієнта заповнення об'єму робочого русла жолоба  $\psi_n$ , яке характеризує кількісне заповнення корисного об'єму робочого простору жолоба подрібненими рослинними рештками, є одним із складових

показників (поряд із діаметром, кутовою швидкістю шнека, кроком витків шнека), від якого в значній мірі залежить продуктивність гвинтових механізмів і транспортерів [8, с. 108].

Коефіцієнт заповнення об'єму робочого русла жолоба  $\psi_n$  буде залежати від багатьох об'єктивних і суб'єктивних причин: від конструкції шнека та жолоба, урожайності гички, швидкості руху гичкозбирального модуля, об'єму, який займає шнековий конвеєр в об'ємі простору жолоба робочого русла тощо.

Для визначення дійсного значення коефіцієнта заповнення об'єму робочого русла жолоба  $\psi_n$ , введемо поправочний коефіцієнт  $k_z$ , який враховує ту частину об'єму, що займає шнековий конвеєр в об'ємі простору жолоба робочого русла.



**Рис. 5. Схема до визначення коефіцієнта  $\psi_n$**

Для цього розглянемо схему до визначення коефіцієнта  $\psi_n$ , яку наведено на рис. 5. При цьому поправочний коефіцієнт  $k_z$  сформулюємо як відношення об'єму русла робочого простору жолоба до об'єму, який займає шнековий конвеєр, або

$$k_z = V_p / V_k; V_k = V_v + V_b, \text{ або } k_z = \frac{V_p}{V_v + V_b}, \quad (14)$$

де  $V_p$  – об'єм русла робочого простору жолоба,  $\text{м}^3$ ;  $V_k$  – об'єм шнекового конвеєра,  $\text{м}^3$ ;  $V_v$  – об'єм, що займають витки шнекового конвеєра,  $\text{м}^3$ ;  $V_b$  – об'єм барабана шнекового конвеєра,  $\text{м}^3$ .

При цьому складові залежності (14) визначаються

$$V_p = F_o h_p; \quad V_v = V'_v z_k; \quad V_b = 0,25\pi d^2 l_k, \quad (15)$$

де  $F_o = 0,5h_o(a_o + b_o)$  – площа основи жолоба, тобто призми, м<sup>2</sup>;  $a_o$ ,  $b_o$  – довжини основ трапеції  $ABCE$ , м;  $h_o$  – висота трапеції, м;  $h_p$  – висота призми, яку приймаємо рівною довжині шнекового конвеєра  $l_k$  з конструктивних міркувань, тобто  $h_p = l_k$ , м;  $V'_v = F_n L_z$  – об'єм, що займають витки одного заходу шнека (м<sup>3</sup>), при цьому  $F_n = \delta_v h_v$  – площа поперечного перерізу лопаті витка шнекового конвеєра (м<sup>2</sup>), де  $L_z$  – довжина гвинтової лінії по середньому діаметру шнекового конвеєра (м),  $h_v = 0,5(D - d)$  – висота лопаті витка шнекового конвеєра, м;  $z_k$  – кількість заходів шнекового конвеєра, шт.

Враховуючи (12) довжина гвинтової лінії  $L_z$  по середньому діаметру шнекового конвеєра визначається за формулою

$$L_z = \frac{\pi l_k (D + d)}{2T_k} \cos \arctg \frac{2T}{D + d} = \frac{0,5\pi l_n (D + d)}{D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)} \cos \arctg \frac{2\pi D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)}{D + d}. \quad (16)$$

Тоді об'єм, що займають витки шнекового конвеєра в об'ємі русла робочого простору жолоба визначається

$$V_v = F_n L_z z_k = \frac{\pi \delta_k l_k z_k (D^2 - d^2)}{4D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)} \cos \arctg \frac{2\pi D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)}{D + d}. \quad (17)$$

Загальний об'єм шнекового конвеєра згідно з (14), (15) і (17) буде

$$V_k = \frac{\pi l_k}{4} \left( d^2 + \frac{\delta_k z_k (D^2 - d^2)}{D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)} \cos \arctg \frac{2\pi D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)}{D + d} \right). \quad (18)$$

Якщо прийняти, що  $h_o \cong D$ , тоді об'єм русла робочого простору жолоба згідно з (13) становить

$$V_p = 0,5Dl_k(a_o + b_o). \quad (19)$$

Після визначення значення коефіцієнта  $k_z$  згідно з (14), (18), (19) було одержано залежність дійсного значення коефіцієнта заповнення об'єму

робочого русла жолоба  $\psi_n = \psi'_n k_z$ , де  $\psi'_n$  – загальний коефіцієнт заповнення об'єму робочого русла жолоба

$$\psi_n = \frac{2\psi'_n D^2 (a_o + b_o) \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)}{\pi d^2 D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k) + \delta_k z_k \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) \cos \operatorname{arctg} \frac{2\pi D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)}{D + d}}. \quad (20)$$

Площа поперечного перерізу потоку вантажу  $F_v$  буде дорівнювати площі основи жолоба, або площі поперечного перерізу призми або площі основи призми, тобто площі трапеції  $ABCE$ . При цьому враховуючи прийняту умову, що  $h_o \cong D$ , маємо

$$F_v = F_o = 0,5D(a_o + b_o). \quad (21)$$

Підставивши значення  $F_v$  з (21),  $\psi_n$  з (20),  $V_c$  з (13) у рівняння (9) одержимо та враховуючи те, що  $d\varphi_k/dt = \omega_k = \pi n_k/30$ , де  $n_k$  – частота обертання шнекового конвеєра (об/хв), одержано кінцеву залежність для визначення необхідної розрахункової продуктивності  $Q_k$  (кг/с) шнекового конвеєра у другому наближенні

$$Q_k = \frac{\pi D^2 n_k (a_o + b_o)^2 \psi'_n \rho_v k_a k_y (D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k) - \delta_v)}{60 \left[ \pi d^2 + \frac{\delta_k z_k}{\operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)} \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) \cos \operatorname{arctg} \frac{2\pi D \operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)}{D + d} \right]}, \quad (22)$$

Тоді умову забезпечення технологічності роботи гичкозбирального модуля згідно з (1), (8) можна записати в наступному вигляді

$$\frac{\pi D^2 n_k (a_o + b_o)^2 \psi'_n \rho_v k_a k_y (D \operatorname{tg} \alpha - \delta_v)}{60 \left[ \pi d^2 + \frac{\delta_k z_k}{\operatorname{tg}(0,5\pi - \alpha_k)} \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right) \cos \operatorname{arctg} \frac{2\pi D \operatorname{tg} \alpha}{D + d} \right]} \geq V_M b_k N_p (k_U U_g + k_M M_b). \quad (23)$$

Нерівність (23) є математичною моделлю, яка характеризує взаємозв'язок розрахункової продуктивності шнекового конвеєра  $Q_k$  та секундної подачі  $W_z$  зрізаних та подрібнених роторним гичкорізом рослинних решток.

**Висновки.** Розроблена математична модель (23) може бути використана для подальшого обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів шнекового конвеєра та режимів роботи гичкозбирального модуля.

### **Література:**

1. Барановський В. М. Основні етапи та загальні принципи сучасних тенденцій розвитку коренезбиральних машин / В. М. Барановський // Науковий журнал. Вісник ТДТУ, Тернопіль, 2006. – Том 11, № 2. – С. 67–75.
2. Пат. № 101470 Україна. МПК А01D 23/02. Гичкозбиральна машина / Сторожук І. М., Барановський В. М., Теслюк В. В., Онищенко В. Б., Паньків М. Р.; заявник і власник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201503283; заявл. 07.04.2015; опубл. 10.09.2015. Бюл. № 17.
3. Пат. № 102327 Україна. МПК А01D 23/02. Гичкозбиральна машина / Сторожук І. М., Барановський В. М., Теслюк В. В., Онищенко В. Б., Паньків М. Р.; заявник і власник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201503891; заявл. 23.04.2015; опубл. 26.10.2015. Бюл. № 20.
4. Григорьев. А. М. Винтовые конвейеры. / А. М. Григорьев. – М.: Машиностроение. – 1981. – 635 с.
5. Булгаков В. М. Розрахунок основних параметрів технологічного процесу збирання буряків / В. М. Булгаков, М. К. Лінник, О. П. Гурченко // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К., 1999. – Т. VI. – С. 220–225.
6. Механізми з гвинтовими пристроями / Б. М. Гевко, М. Г. Данильченко., Р. М. Рогатинський [та ін.]. – Львів: Світ, 1992. – 380 с.
7. Теория, конструкция и расчет сельхозмашин / Босой Е. С., Верняев О. В., Смирнов А. С. [и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – 567 с.
8. Барановський В.М. Методологічні та конструктивно-технологічні аспекти розробки адаптованих коренезбиральних машин / В. М. Барановський, М. І. Підгурський, М. Р. Паньків // Науковий журнал. Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2014.

**References:**

1. Baranovs'kyj V. M. *Osnovni etapy ta zaghaljni pryncypy suchasnykh tendencij rozvytku korenezbyraljnykh mashyn / V. M. Baranovs'kyj // Naukovyj zhurnal. Visnyk TDTU, Ternopilj, 2006. – Tom 11, № 2. – S. 67–75.*
2. Patent № 101470 Ukraïna. MPK A01D 23/02. *Ghychkozbyraljna mashyna / Storozhuk I. M., Baranovs'kyj V. M., Tesljuk V. V., Onyshhenko V. B., Panjkiv M. R.; zajavnyk i vlasnyk Nacionalnyj universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukraïny. – № u201503283; zajavl. 07.04.2015; opubl. 10.09.2015. Bjul. № 17.*
3. Patent № 102327 Ukraïna. MPK A01D 23/02. *Ghychkozbyraljna mashyna / Storozhuk I. M., Baranovs'kyj V. M., Tesljuk V. V., Onyshhenko V. B., Panjkiv M. R.; zajavnyk i vlasnyk Nacionalnyj universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukraïny. – № u201503891; zajavl. 23.04.2015; opubl. 26.10.2015. Bjul. № 20.*
4. Ghryghorj'ev. A. M. *Vyntovye konvej'ery. / A. M. Ghryghorj'ev. – M.: Mashynostroenye. – 1981. – 635 c.*
5. Bulghakov V. M. *Rozrakhunok osnovnykh parametriv tekhnologichnogho procesu zbyrannja burjakiv / V. M. Bulghakov, M. K. Linnyk, O. P. Ghurchenko // Mekhanizacija sil's'koghospodars'koghoho vyrobnyctva. – K., 1999. – T. VI. – S. 220–225.*
6. *Mekhanizmy z ghvyntovymy prystrojamy / B.M. Ghevko, M.Gh Danyljchenko., R. M. Roghatyns'kyj [ta in.]. – Ljviv: Svit, 1992. – 380 s.*
7. *Teoryja, konstrukcyja y raschet selkhoz mashyn / Bosoj E. S., Vernjaev O. V., Smyrnov A. S. [y dr.]. – M.: Mashynostroenye, 1978. – 567 s.*
8. Baranovs'kyj V. M. *Metodologichni ta konstruktyvno-tekhnologichni aspekty rozrobky adaptovanykh korenezbyraljnykh mashyn / V. M. Baranovs'kyj, M. I. Pidghurs'kyj, M. R. Panjkiv // Naukovyj zhurnal. Visnyk TNTU. – Ternopilj, 2014. – T. 2 (74). – S. 106–113.*