

области значений этих параметров обеспечивающих реализацию оптимального режима движения по динамическому критерию. Результаты решения показаны графическими зависимостями.

**Тележка, груз, колебания, оптимальный режим, устойчивость параметров.**

*These papers investigate impact of natural oscillations frequency and ratio between masses of trolley and load optimal dynamic motion. Areas of these parameters values which support optimal mode of motion for dynamic criteria. The results are shown graphically.*

**Trolley, cargo, oscillations, optimal mode, parameters stability.**

УДК: 631.356.262

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ДОМІШОК ВІД КОРЕНЕПЛОДІВ**

**В.М. Барановський, доктор технічних наук  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя**

*Наведено метод розробки детермінованих математичних моделей, які описують інтенсифікацію процесу відокремлення домішок від вороху коренеплодів комбінованими робочими органами транспортно-технологічних систем адаптованої коренезбиральної машини.*

**Ворох коренеплодів, технологічний процес, потік, вхідна маса, компоненти домішок, диференціальне рівняння.**

**Постановка проблеми.** Головним критерієм подальшої інтенсифікації сучасного розвитку агропромислового виробництва є матеріально-технічна база механізації всіх виробничих процесів на основі забезпечення розробки та впровадження сучасних вискоєфективних ресурсозберігаючих технологій збирання продукції сільськогосподарських культур [1].

У технологічному процесі виробництва коренеплодів, а саме цукрових, кормових, столових буряків і моркви, які є цінними сировинними, кормовими та харчовими культурами, однією з найбільш трудомістких операцій є механізоване збирання, на яке припадає близько 25...40 % усіх затрат праці.

© В.М. Барановський, 2014

Проблема підвищення технічного рівня КМ, основними критеріями оцінки яких є показники якості викопування та відокремлення домішок від коренеплодів, залишається особливо актуальною в плані подальшого розвитку коренезбиральної техніки, розвиток і виробництво якої в Україні за останні роки практично припинили.

Сучасні напрямки розвитку коренезбиральних машин (КМ) передбачають розробку та впровадження в аграрне виробництво енергозберігаючих машин, які є адаптованими до одночасного збирання коренеплодів різних культур адаптованою коренезбиральною машиною (АКМ) [2].

**Аналіз останніх досліджень.** Результати, які наведені в працях [3, 4, 5, 6] цілісно характеризують тільки основні принципи функціонування викопувальних і очисних робочих органів без критеріального аналізу загальних тенденцій та шляхів підвищення інтенсифікацій процесу очищення коренеплодів від домішок, або показників якості роботи АКМ.

У загальному контексті складність очищення вороху коренеплодів (ВК), який викопується робочими органами із ґрунтово-коренеплідного середовища, функціонально пов'язана з необхідністю значного відокремлення різних за своїми фізико-механічними станами та властивостями ґрунтових і рослинних домішок (4...8 кг/п.м), які перебувають відносно коренеплодів у вільному (сипучий ґрунт, дрібні (20...50 мм) і крупні (до 100 мм) грудки ґрунту, втрачена гичка, бур'яни) та зв'язаному (налиплий ґрунт на бічній поверхні тіла і залишки гички на головках коренеплодів) станах [7]. Тому розробку та вдосконалення конструктивно-компонувальних схем АКМ та обґрунтування параметрів їх робочих органів необхідно проводити з урахуванням специфічних властивостей даного середовища, що є особливо важливим і актуальним для очисників вороху, на які надходить доволі значна кількість домішок ВК (домішок ґрунту – до 80...90 %, в тому числі налиплого ґрунту – до 3...5 %; рослинних домішок – до 10...15 %; залишків гички на головках коренеплодів – 5...10 % відносно відсоткового значення сумарних домішок ВК, які становлять 30...40 % залежно від умов роботи КМ [7]) і, які необхідно відокремити від коренеплодів, забезпечивши при цьому необхідні показники якості роботи згідно з агротехнічними вимогами.

**Мета досліджень.** Підвищення показників технологічного процесу збирання коренеплодів шляхом розробки та оптимізації параметрів комбінованих робочих органів АКМ.

Дані дослідження є подальшим розвитком методології та методики технологічних аспектів розробки технологічних процесів

функціонування робочих органів транспортно-технологічних систем (ТТС) АКМ, які призначені для одночасного збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви.

**Результати досліджень.** Для забезпечення збирання коренеплодів цукрових, кормових, столових буряків і моркви однією коренезбиральною машиною було розроблено конструктивно-технологічну схему АКМ (рис. 1), яку побудовано за блочно-модульним принципом. Вона складається з послідовно розташованих блоків ТТС: адаптованого викопувального транспортно-очисного комбінованого робочого органу (АВТОКРО) 1, з'єднувальної транспортної системи (ЗТС) 2, адаптованого транспортно-очисного комбінованого робочого органу (АТОКРО) 3, вивантажувальної транспортної системи (ВТС) 4.

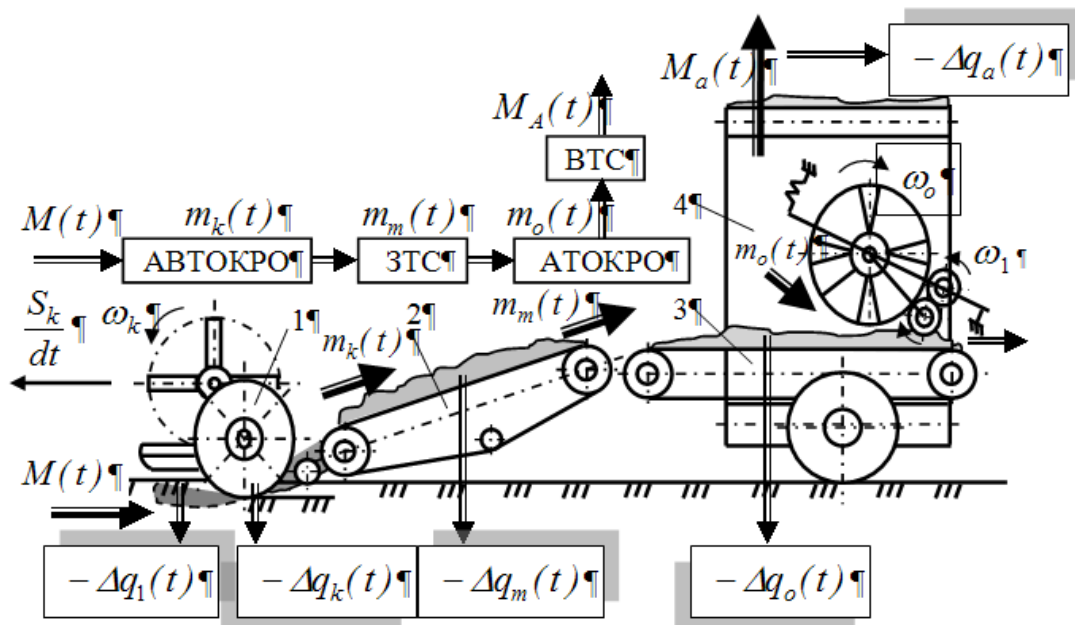


Рис. 1. Конструктивно-функціональна схема інтенсифікації процесу відокремлення домішок від вороху коренеплодів.

Функціональна схема інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів робочими органами АКМ передбачає основні три стадії та один заключний етап очищення викопаного ВК від домішок: стадія інтенсифікації очищення викопаного ВК від домішок у процесі його викопування робочими органами АВТОКРО 1; відокремлення дрібних вільних домішок у процесі їх переміщення з'єднувальною ланкою ЗТС 2, яка розташована між АВТОКРО і АТОКРО 3; стадія інтенсифікації відокремлення домішок від ВК у процесі його очищення робочими органами АТОКРО; кінцевий етап відокремлення вільних домішок у процесі завантаження коренеплодів робочими органами ВТС 4.

Для побудови детермінованої математичної моделі технологічного процесу інтенсифікації відокремлення домішок від ВК ТТС АКМ змодельюємо функціональний процес роботи АКМ у вигляді складної динамічної технічної системи. Ланкова блок-схема інтенсифікації процесу відокремлення домішок від ВК робочими органами ТТС АКМ наведена на рис. 2.

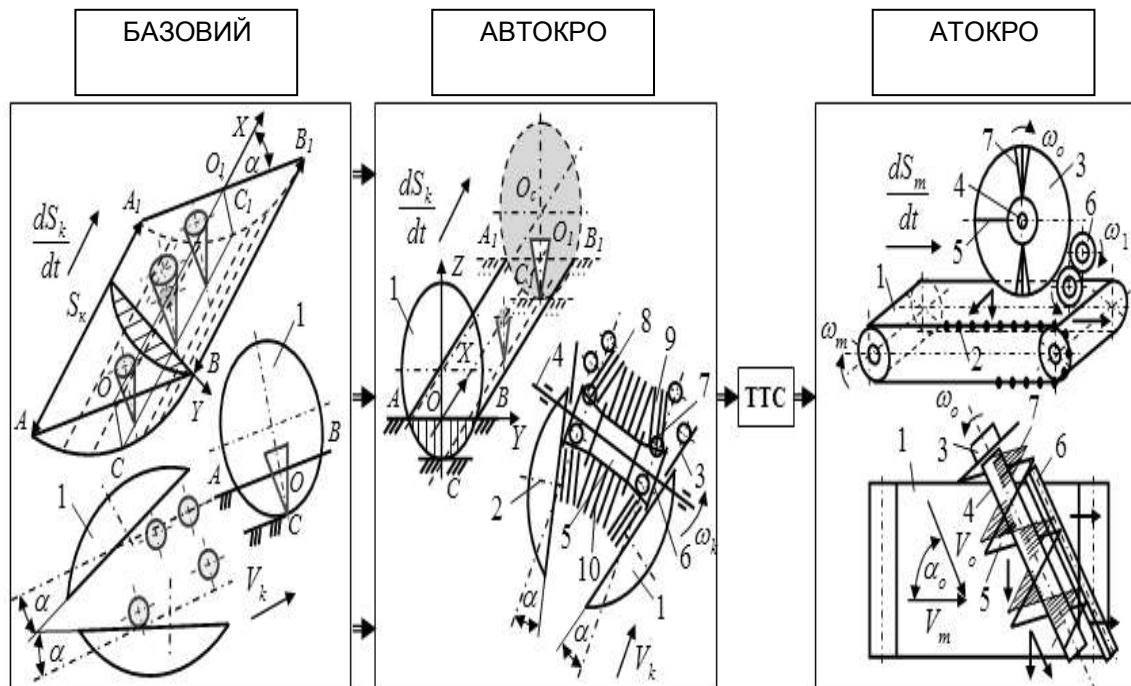


Рис. 2. Ланкова блок-схема інтенсифікації процесу відокремлення домішок від ВК: АВТОКРО: 1 – сферичний диск; 2 – вісь обертання диска; 3 – корененапрямник; 4 – приводний вал; 5 – трисекційний барабан; 6 – фланець; 7 – вісь; 8, 9, 10 – відповідно, пружна лопать лівої, правої, середньої секції; АТОКРО: 1 – подавальний транспортер; 2 – пруток; 3 – шнек; 4 – барабан; 5 – виток шнека; 6 – відминальні вальці; 7 – пружні очисні елементи.

Інтенсифікація процесу відокремлення домішок від ВК робочими органами АКМ наступна. Під час руху АКМ сферичний диск 1 (рис. 2) викопає ВК у кількості  $M(t)$  (рис. 1), який надходить до робочих органів АВТОКРО 1, де частина домішок у кількості  $-\Delta\bar{q}_k(t)$  відокремлюється від ВК, тобто відбувається перша стадія відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів, яка реалізується наступним чином: шляхом просіювання частини викопаного вільного сипкого ґрунту та вільних дрібних рослинних домішок у процесі поступального та обертального рухів диска; шляхом відокремлення від коренеплодів залишків гички з їх головок і налиплого ґрунту за рахунок контактної взаємодії пружних лопатей

9, 10 (рис. 2) приводного вала 4. На другій стадії ВК у кількості  $m_k(t)$  (рис. 1) надходить до ЗТС 2, де частина домішок у кількості  $-\Delta q_m(t)$  відокремлюється від ВК за рахунок часткового просіювання дрібних вільних ґрунтових і рослинних домішок у зазори між прутками транспортера. У подальшому ВК у кількості  $m_n(t)$  переміщується до робочих органів АТОКРО 3, де частина домішок у кількості  $-\Delta q_o(t)$  відокремлюється від ВК, тобто відбувається третя стадія відокремлення ґрунтових і рослинних домішок від коренеплодів, яка реалізується наступним чином: шляхом просіювання частини вільного сипкого ґрунту та вільних дрібних рослинних домішок у зазори між прутками 2 (рис. 2) подавального транспортера 1, або виноситься ним за межі АКМ через зазор між нижнім відминальним вальцем 6 і робочою гілкою транспортера 1; шляхом відокремлення від коренеплодів налиплого ґрунту та залишків гички з їх головок за рахунок, відповідно, контактної взаємодії пружних очисних елементів 7 і видалення залишків гички методом відминання відминальними вальцями 6. Далі ВК у кількості  $m_o(t)$  надходить до робочих органів ВТС 4 (рис. 1), де частина домішок у кількості  $-\Delta \bar{q}_a(t)$  відокремлюється від ВК, тобто відбувається заключний етап відокремлення вільних ґрунтових і рослинних домішок від ВК за рахунок їх просіювання під час завантаження ВК у кількості  $M_a(t)$  у транспортний засіб.

Вважаємо, що перед початком викопування коренеплодів АКМ вхідна маса ВК, яка зв'язана з часом  $t$  і шириною захвату АВТОКРО, або з адекватною кількістю рядків  $N_k$ , що викопуються одночасно становить  $M(t)$  та складається із суми вхідної маси коренеплодів  $m_1(t)$  та сумарної маси домішок  $m_2(t)$ . Приймаємо базове припущення, що маса коренеплодів  $m_1(t)$  у процесі їх переміщення робочими органами АКМ змінюється тільки під час викопування АВТОКРО (втрати), а складовими компонентами  $m_2(t)$  є вільні та зв'язані з коренеплодами сумарні ґрунтові  $m_p(t)$  та сумарні рослинні  $m_r(t)$  домішки.

У загальному контексті на основі рівняння балансу мас зміна загальної подачі вхідної маси ВК  $M(t)$  до АВТОКРО за час  $t$  описується тотожністю

$$\begin{aligned} \frac{dM}{dt} &= \frac{dm_1}{dt} + \frac{dm_2}{dt} = \frac{dm_1}{dt} + \frac{d(m_p + m_r)}{dt} = \\ &= \frac{dm_1}{dt} + \frac{d(m_{1p} + m_{2p} + m_{3p} + m_{1r} + m_{2r})}{dt}, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $m_1$ ,  $m_2$  – вхідна маса коренеплодів і домішок, які викопуються

робочими органами АВТОКРО;  $m_p$ ,  $m_p$  – вхідна маса сумарних ґрунтових і рослинних домішок;  $m_{1p}$ ,  $m_{2p}$ ,  $m_{3p}$  – вхідна маса вільного сипучого ґрунту, грудок ґрунту та налиплого ґрунту на підземній частині коренеплодів;  $m_{1p}$ ,  $m_{2p}$  – вхідна маса вільних рослинних домішок і залишків гички на головках коренеплодів.

Рівняння матеріального балансу зміни потоку технологічної маси протягом часу  $t$  згідно з [8] кожної стадії інтенсифікації процесу відокремлення домішок від викопаного ВК (рис. 1) мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} m_k(t) &= M(t) - \Delta q_1(t) - \Delta q_k(t); \\ m_m(t) &= m_k(t) - \Delta q_m(t) = M(t) - \Delta q_1(t) - \Delta q_k(t) - \Delta q_m(t); \\ m_o(t) &= m_m(t) - \Delta q_o(t) = M(t) - \Delta q_1(t) - \Delta q_k(t) - \\ &\quad - \Delta q_m(t) - \Delta q_o(t); \\ M_a(t) &= m_o(t) - \Delta q_a(t) = M(t) - \Delta q_1(t) - \Delta q_k(t) - \\ &\quad - \Delta q_m(t) - \Delta q_o(t) - \Delta q_a(t) \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

де  $m_k(t)$ ,  $m_m(t)$ ,  $m_o(t)$ ,  $M_a(t)$  – вихідна кількість потоку компонентів ВК після роботи АВТОКРО, ЗТС, АТОКРО, ВТС;  $\Delta q_k(t)$ ,  $\Delta q_m(t)$ ,  $\Delta q_o(t)$ ,  $\Delta q_a(t)$  – відокремлена кількість потоку домішок ВК робочими органами АВТОКРО, ЗТС, АТОКРО, ВТС;  $\Delta q_1(t)$  – кількість втраченого потоку коренеплодів робочими органами АВТОКРО.

Тоді згідно з (1), (2) вихідне початкове диференціальне рівняння матеріального балансу зміни вихідного потоку технологічної маси протягом часу  $t$ , або інтенсифікації процесу відокремлення домішок від ВК робочими органами кожної ТТС і АКМ загалом має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dm_k}{dt} &= \frac{dM}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 - \Delta q_k)}{dt}; \\ \frac{dm_m}{dt} &= \frac{dm_k}{dt} - \frac{d\Delta q_m}{dt} = \frac{dM}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_k)}{dt} - \frac{d\Delta q_m}{dt}; \\ \frac{dm_o}{dt} &= \frac{dm_m}{dt} - \frac{d\Delta q_o}{dt} = \frac{dM}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_k)}{dt} - \frac{d\Delta q_m}{dt} - \frac{d\Delta q_o}{dt}; \\ \frac{dM_a}{dt} &= \frac{dm_o}{dt} - \frac{d\Delta q_a}{dt} = \frac{dM}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_k)}{dt} - \frac{d\Delta q_m}{dt} - \frac{d\Delta q_o}{dt} - \frac{d\Delta q_a}{dt} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

або з врахуванням складових компонентів ВК та складових компонентів домішок ВК, тобто

$$\begin{aligned} \frac{dM_a}{dt} &= \frac{d(m_1 + m_2)}{dt} - \frac{d(\Delta q_1 + \Delta q_{1pk} + \Delta q_{2pk} + \Delta q_{3pk} + \Delta q_{1pk} + \Delta q_{2pk})}{dt} - \\ &\quad - \frac{d(\Delta q_{1po} + \Delta q_{2po} + \Delta q_{3po} + \Delta q_{1po} + \Delta q_{2po})}{dt} - \\ &\quad - \frac{d(\Delta q_{1pm} + \Delta q_{1pm})}{dt} - \frac{d(\Delta q_{1pa} + \Delta q_{1pa})}{dt} \end{aligned}, \quad (4)$$

де  $\Delta q_{1pk}, \Delta q_{2pk}, \Delta q_{3pk}, \Delta q_{1pk}, \Delta q_{2pk}; \Delta q_{1po}, \Delta q_{2po}, \Delta q_{3po}, \Delta q_{1po}, \Delta q_{2po}$  – відокремлена маса вільного ґрунту, грудок ґрунту, налиплого ґрунту на підземній частині коренеплодів, вільних рослинних домішок, залишків гички на головках коренеплодів від ВК: АВТОКРО; АТОКРО;  $\Delta q_{1pm}, \Delta q_{1pm}$  – відокремлена маса вільного ґрунту, вільних рослинних домішок від ВК ЗТС;  $\Delta q_{1pa}, \Delta q_{1pa}$  – відокремлена кількість вільного ґрунту, вільних рослинних домішок від ВК ВТС;  $\Delta q_1$  – втрачена маса коренеплодів АВТОКРО.

Технологічний процес відокремлення домішок від коренеплодів окремої ТТС, або АКМ загалом згідно з положеннями [7] у загальному вигляді описується лінеаризованим диференціальним рівнянням:

$$a_0^{(i)} \frac{d[\Delta q_i(t)]}{dt} = b_0^{(i)} m_{ex.i}(t - \tau_i) - c_0^{(i)} m_{eux.i}(t), \quad (5)$$

де  $a_0^i, b_0^i, c_0^i$  – змінні коефіцієнти в функції параметрів робочих органів АКМ, механічних властивостей ґрунту, урожайності коренеплодів, які визначаються експериментальним шляхом;  $\Delta q_i(t)$  – відокремлена кількість потоку матеріалу від вхідного ВК робочими органами АКМ,  $i=1, 2 \dots n$ ;  $\tau_i$  – час запізнення руху потоку мас ВК;  $m_{ex.i}(t - \tau_i), m_{eux.i}(t)$  – вхідна та вихідна кількість потоку мас ВК.

Тоді для будь-якого  $i$ -го стабілізованого режиму роботи, коли відхилення вхідних потоків незначні, технологічний процес роботи ТТС, або АКМ загалом з врахуванням (2), (4) та згідно з (5) описується диференціальним рівнянням:

$$a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_0^{(k)} \frac{d[\Delta q_k(t)]}{dt} = a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_{1p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{1pk}(t)]}{dt} + a_{2p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{2pk}(t)]}{dt} + a_{3p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{3pk}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{1pk}(t)]}{dt} + \quad ; \quad (6)$$

$$+ a_{2p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{2pk}(t)]}{dt} = b_0^{(k)} M(t - \tau_k) - c_0^{(k)} m_k(t)$$

$$a_0^{(m)} \frac{d[\Delta q_m(t)]}{dt} = a_{1p}^{(m)} \frac{d[\Delta q_{1pm}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(m)} \frac{d[\Delta q_{1pm}(t)]}{dt} = \quad ; \quad (7)$$

$$= b_0^{(k)} m_k(t - \tau_m) - c_0^{(m)} m_m(t)$$

$$a_0^{(o)} \frac{d[\Delta q_o(t)]}{dt} = a_{1p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{1po}(t)]}{dt} + a_{2p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{2po}(t)]}{dt} + a_{3p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{3po}(t)]}{dt} + \quad ; \quad (8)$$

$$+ a_{1p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{1po}(t)]}{dt} + a_{2p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{2po}(t)]}{dt} = b_0^{(m)} m_m(t - \tau_o) - c_0^{(o)} m_o(t)$$

$$a_0^{(a)} \frac{d[\Delta q_a(t)]}{dt} = a_{1p}^{(a)} \frac{d[\Delta q_{1pa}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(a)} \frac{d[\Delta q_{1pa}(t)]}{dt} = \quad ; \quad (9)$$

$$= b_0^{(o)} m_o(t - \tau_a) - c_0^{(a)} M_A(t)$$

$$\begin{aligned}
& a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_0^{(M)} \frac{d[\Delta q_M(t)]}{dt} = a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_0^{(k)} \frac{d[\Delta q_k(t)]}{dt} + \\
& + a_0^{(m)} \frac{d[\Delta q_m(t)]}{dt} + a_0^{(o)} \frac{d[\Delta q_o(t)]}{dt} + a_0^{(a)} \frac{d[\Delta q_a(t)]}{dt} = \\
& = a_1^{(k)} \frac{d[\Delta q_1(t)]}{dt} + a_{1\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{1\rho k}(t)]}{dt} + a_{2\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{2\rho k}(t)]}{dt} + a_{3\rho}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{3\rho k}(t)]}{dt} + \\
& + a_{1p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{1pk}(t)]}{dt} + a_{2p}^{(k)} \frac{d[\Delta q_{2pk}(t)]}{dt} + a_{1\rho}^{(m)} \frac{d[\Delta q_{1\rho c}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(m)} \frac{d[\Delta q_{1pc}(t)]}{dt} +, \quad (10) \\
& + a_{1\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{1\rho o}(t)]}{dt} + a_{2\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{2\rho o}(t)]}{dt} + a_{3\rho}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{3\rho o}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{1po}(t)]}{dt} + \\
& + a_{2p}^{(o)} \frac{d[\Delta q_{2po}(t)]}{dt} + a_{1\rho}^{(a)} \frac{d[\Delta q_{1\rho a}(t)]}{dt} + a_{1p}^{(a)} \frac{d[\Delta q_{1pa}(t)]}{dt} = \\
& = b_0 M(t - \tau_k) - c_0^{(k)} m_k(t) + b_0^{(k)} m_k(t - \tau_m) - c_0^{(m)} m_m(t) + \\
& + b_0^{(m)} m_m(t - \tau_o) - c_0^{(o)} m_o(t) + b_0^{(o)} m_o(t - \tau_a) - c_0^{(a)} M_A(t)
\end{aligned}$$

де  $a_1^{(k)}, a_0^{(k)}, a_0^{(m)}, a_0^{(o)}, a_0^{(a)}, b_0, b_0^{(k)}, b_0^{(m)}, b_0^{(o)}, c_0^{(k)}, c_0^{(m)}, c_0^{(o)}, c_0^{(a)}; a_{1\rho}^{(k)}, a_{2\rho}^{(k)}, a_{3\rho}^{(k)}, a_{1p}^{(k)}, a_{2p}^{(k)}; a_{1\rho}^{(m)}, a_{1p}^{(m)}; a_{1\rho}^{(o)}, a_{2\rho}^{(o)}, a_{3\rho}^{(o)}, a_{1p}^{(o)}, a_{2p}^{(o)}; a_{1\rho}^{(a)}, a_{1p}^{(a)}$  – змінні коефіцієнти в функції параметрів робочих органів АКМ: АВТОКРО; ЗТС; АТОКРО; ВТС, фізико-механічних властивостей ґрунту, урожайності коренеплодів тощо, які визначаються експериментальним шляхом;  $\tau_k, \tau_m, \tau_o, \tau_a$  – час запізнення руху мас ВК у процесі роботи, яке відбувається за рахунок накопичення, ущільнення, зсуву тощо технологічних мас ВК у робочій зоні, відповідно, кожної ТТС та АКМ загалом.

Подальший розв'язок рівнянь (6)-(10) може бути проведено з застосуванням прямого та зворотного перетворення Лапласа.

**Висновок.** Одержані лінеаризовані диференціальні рівняння (6)-(10) є детермінованими математичними моделями, які характеризують залежність зміни інтенсифікації технологічного процесу відокремлення потоку компонентів від викопаного ВК протягом часу від конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів ТТС і АКМ загалом та їх умов роботи, до яких (умов) згідно з термінологією технічних і наукових видань відносяться режими роботи ТТС і АКМ, агротехнічні та фізико-механічні характеристики коренеплодів і фізико-механічні властивості ґрунту.

### Список літератури

1. Адамчук В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня / В.В. Адамчук, В.М. Булгаков, В.В. Іванишин // Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. – Вінниця: ВНАУ, 2012. – Вип. 11. – Т. 2 (66). – С. 8–14.
2. Барановський В.М. Адаптована коренезбиральна машина / В.М. Барановський // XVI наук. конф. «Матеріалознавство та машинобудування»



Тернопільського нац. техн. у-ту ім. І. Пулюя, 5-6 грудня 2012 р. : тези доп. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – Т. II. – С. 5.

3. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : монография / В.М. Булгаков, М.И. Чернопол, Н.А. Свирень. – Кировоград: КОД, 2009. – 256 с.

4. Аванесов Ю.Б. Свеклоуборочные машины / Ю.Б. Аванесов, В.И. Бессарабов, И.И. Русанов. – М., 1979. – 351 с.

5. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків [та ін.] // Наукові нотатки. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – Вип. 31. – С. 298–305.

6. Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи адаптованого застосування коренезбиральних машин / В.М. Барановський, М.Р. Паньків // Зб. наук. праць міжн. наук.-практ. конф. “Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин”. – Тернопіль : ТДТУ, 2004. – С. 192–198.

7. Свеклоуборочные машины. Конструирование и расчет [Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др.] ; под ред. Л.В. Погорелого. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.

8. Татьяна Н.В. О вероятностном методе оптимизации систем сельскохозяйственного производства / Н.В. Татьяна // Тр. ВИСХОМ, УкрНИИСХОМ. – М., 1986. – С. 11–20.

*Наведено метод разработки детерминированных математических моделей, которые описывают интенсификацию процесса отделения примесей от вороха корнеплодов комбинированными рабочими органами транспортно-технологических систем адаптированной корнеуборочной машины.*

**Ворох корнеплодов, технологический процесс, поток, входная масса, компоненты вороха, дифференциальное уравнение.**

*The method of development of determined mathematical models which describe intensification of process of separation of admixtures from lots of root crops combined workings organs of transport-technological systems of the adapted root-harvesting machine is pointed.*

**Beet-root tops, technological process, stream, entrance mass, components of lots, differential equalization.**

УДК 614.8:631.3

**МЕТОДИ ДЕФЕКТОСКОПІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ПОШКОДЖЕННЯ У ДЕТАЛЯХ І ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

**О.В. Войналович, кандидат технічних наук**

© О.В. Войналович, 2014