

УДК 631.356.02

Герасимчук Г.*(Луцький національний технічний університет)***Барановський В.***(Національний університет біоресурсів і природокористування України)***Кравченко І.***(Вінницький національний аграрний університет)*

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕКУНДНИХ ПОДАЧ ДОМІШОК ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ КОМБІНОВАНИМ ОДНОДИСКОВИМ КОПАЧЕМ

В статье приведены теоретические зависимости, которые характеризуют изменение секундных подач составных компонентов примесей вороху корнеплодов, который выкопан комбинированным однодисковым сферическим копачом. На основе экспериментальных исследований общей секундной подачи примесей и составных компонентов примесей вороху корнеплодов кормовой свеклы, получены регрессионные зависимости изменения расчетных значений общего коэффициента и составных коэффициентов динамического эффекта выкапывания кормовой свеклы в зависимости от параметров рабочего органа и корнеплодов и условий работы корнеуборочной машины.

Theoretical dependences, which characterize the change of the second serves of component components of admixtures the lots of root crops, which is dug up combined the same thingdisk spherical kopachom, are resulted in the article. On the basis of experimental researches of the general second serve of admixtures and component components of admixtures to the lots of root crops of forage beet, regressive dependences of change of values of calculations of general coefficient and component coefficients of dynamic effect of excavation of forage beet are got depending on the parameters of working organ and root crops and terms of work of korneuborochnoy machine.

Вступ

Технологічна ефективність та експлуатаційні показники технологічного процесу роботи коренезбиральних машин (КМ) при збиранні коренеплодів характеризується у першу чергу її функціональними показниками якості роботи та пропускною здатністю основних транспортно-технологічних систем (ТТС), або спроможністю викопування, транспортування та обробки викопаного вороху коренеплодів без “звантаження” на їх робочих поверхнях при відповідній швидкості руху КМ, або при надходженні до них відповідної кількості вороху, тобто відповідної секундної подачі [1].

Значна кількість ґрунтових домішок (вільного та налиплого на поверхні тіл коренеплодів ґрунту), рослинних домішок (бур'янів із врахуванням втраченої гичкозбиральною машиною гички, залишків гички на головках коренеплодів), що викопуються робочими органами копачів та подаються на наступні ТТС КМ є основною причиною вимушеного застосування енерго - і металомістких очисників вороху, що вказує на головний резерв удосконалення збиральних машин - інтенсифікацію процесу викопування коренеплодів із максимальним відокремленням від них ґрунтових і рослинних домішок за рахунок застосування активних комбінованих викопуючих робочих органів [2].

Аналіз відомих досліджень

Наведені результати досліджень, які розглянуто у наукових працях [3, 4] відносяться до встановлення теоретично-експериментальних закономірностей зміни загальної секундної подачі та загальних подач ґрунтових і рослинних домішок комбінованим однодисковим сферичним копачем залежно від його конструктивно-кінематичних параметрів і умов роботи КМ.

Відсутність подальших досліджень секундних подач безпосередньо складових компонентів ґрунтових і рослинних домішок, які дають більш повне уявлення про технологічну ефективність використання комбінованого копача зумовило проведення даних досліджень.

Мета досліджень

Метою досліджень є подальший розвиток методів оптимізації технологічних параметрів процесу функціонування викопуючих робочих органів КМ.

Результати досліджень

На основі аналізу технологічного процесу роботи комбінованого копача було обґрунтовано, що технологічна ефективність його роботи характеризується ступенем зменшення секундних подач складових компонентів домішок вороху коренеплодів за рахунок часткового видалення вільного та налиплого ґрунту, бур'янів і залишків гички на головках коренеплодів, яке відбувається у процесі їх взаємодії з очисними елементами приводного вала копача, який встановлено у робочій зоні викопуючого сферичного диска [4].

Для оптимізації технологічної ефективності процесу викопування коренеплодів комбінованим одно-дисковим сферичним копачем розглянемо два можливі випадки його роботи.

У першому випадку вважаємо, що домішки вороху викопуються тільки однодисковим сферичним копачем (аналог копача КМ МКК-6). Тоді, у процесі руху копача, який встановлено відносно напрямку робочої швидкості V_k під кутом атаки α на глибині ходу h за проміжок часу $\Delta t = 1$ с сферичний диск вирізає у ґрунті канавку довжиною L , профіль поперечного перерізу якої в просторовій системі координат являє собою сегмент еліпса висотою h та хордою b_e .

У цих межах сегмента на довжині L шляху руху сферичного диска за час $\Delta t = 1$ с знаходяться викопані диском домішки вороху коренеплодів, тобто вільний і налиплий на коренеплодах ґрунт, бур'яни, вільна гичка та залишки гички на головках коренеплодів, які в сумі складають відповідну загальну секундну подачу домішок Q_1 , або адекватну загальну масу домішок M_1 , яка викопується диском за 1 с, тобто

$$Q_1 = M_1 = M_{1\rho} + M_{1n} + M_{1v} + M_{1z}, \quad (1)$$

де $M_{1\rho}$, M_{1n} , M_{1v} , M_{1z} - відповідно маса вільного та налиплого ґрунту, вільних рослинних домішок, залишків гички на головках коренеплодів, які викопуються диском за 1 с, кг/с.

У другому випадку, при викопуванні коренеплодів комбінованим викопуючим робочим органом, тобто викопування коренеплодів сферичним диском та одночасної взаємодії активізуючих очисних елементів приводного вала [5] відбувається часткове зменшення загальної маси домішок вороху за рахунок видалення відповідної частки домішок в процесі їх взаємодії з робочими поверхнями очисних елементів приводного вала.

Технологічну ефективність роботи комбінованого викопуючого робочого органу виразимо через коефіцієнти, які регламентують ступінь зменшення загальної секундної подачі домішок вороху коренеплодів Q_2 (M_2) і мас складових компонентів домішок вороху $M_{2\rho}$, M_{2n} , M_{2v} , M_{2z} , які подаються на наступні очисні ТТС КМ при їх викопуванні комбінованим копачем відносно відповідних показників Q_1 (M_1), $M_{1\rho}$, M_{1n} , M_{1v} , M_{1z} одностороннього сферичного диска, при цьому загальний коефіцієнт k і коефіцієнти k_ρ , k_n , k_v , k_z , які враховують ступінь зниження складових компонентів домішок виразимо як відношення мас домішок, які подаються на наступні очисні ТТС КМ комбінованим викопуючим робочим органом і одностороннім сферичним диском, тобто

$$\begin{aligned} Q_2 = M_2 = M_{2\rho} + M_{2n} + M_{2v} + M_{2z} = \\ = M_1 k = M_{1\rho} k_\rho + M_{1n} k_n + M_{1v} k_v + M_{1z} k_z \end{aligned} \quad (2)$$

де Q_2 , M_2 - відповідно загальна секундна подача домішок та маса домішок, які подаються комбінованим копачем на наступні очисні ТТС КМ за 1 с, кг/с; $M_{2\rho}$, M_{2n} , M_{2v} , M_{2z} - відповідно маса вільного та налиплого ґрунту, вільних рослинних домішок і залишків гички

на головках тіла коренеплодів, які подаються комбінованим копачем на наступні очисні ТТС КМ за 1 с, кг/с; k - загальний коефіцієнт, який враховує ступінь зниження маси домішок, які подаються комбінованим копачем на наступні очисні ТТС КМ за 1 с відносно маси домішок, які викопуються одностороннім сферичним диском; k_ρ , k_n , k_v , k_z - коефіцієнти, які враховують ступінь зниження відповідних мас складових компонентів домішок вороху коренеплодів.

При цьому

$$k = \frac{M_2}{M_1} = \frac{M_{2\rho} + M_{2n} + M_{2v} + M_{2z}}{M_{1\rho} + M_{1n} + M_{1v} + M_{1z}} = \frac{M_{2\rho} + M_{2n} + M_{2v} + M_{2z}}{M_1} \leq 1, \quad (3)$$

або

$$k = \frac{M_{1\rho}k_\rho + M_{1n}k_n + M_{1v}k_v + M_{1z}k_z}{M_{1\rho} + M_{1n} + M_{1v} + M_{1z}} = \frac{M_{1\rho}k_\rho + M_{1n}k_n + M_{1v}k_v + M_{1z}k_z}{M_1} \leq 1, \quad (4)$$

Дійсні числові значення коефіцієнтів k_ρ , k_n , k_v , k_z будуть визначені за результатами лабораторно-польових досліджень комбінованого копача.

Після визначення загального об'єму простору канавки, об'єму, який займають підземні частини коренеплодів і маси налиплого ґрунту на коренеплодах, які розташовані у просторі канавки було одержано залежність, яка характеризує зміну секундної подачі загальних домішок Q_1 вороху коренеплодів одностороннім сферичним диском до наступних очисних ТТС КМ після їх викопування залежно від конструктивних параметрів диска, розмірно-масових характеристик коренеплодів і умов роботи КМ:

- при викопуванні коренеплодів конусної форми

$$Q_1^k = \rho V_k \sin \alpha \left[\begin{array}{l} 0,25D^2 \arccos \frac{h}{D} - \sqrt{h(D-h)} \left(2h - \frac{0,2 + 0,36W_g}{\rho} \right) - \\ - \frac{\pi n_k h^3 \operatorname{tg}^2(\varphi/2)}{3 \sin \alpha} \end{array} \right]; \quad (5)$$

- при викопуванні коренеплодів циліндричної форми

$$Q_1^u = \rho V_k \sin \alpha \left[\begin{array}{l} 0,25D^2 \arccos \frac{h}{D} - \sqrt{h(D-h)} \left(2h - \frac{0,2 + 0,36W_g}{\rho} \right) - \\ - \frac{\pi n_k D_k^2}{12 \sin \alpha} (h + 2h_{up}) \end{array} \right], \quad (6)$$

де ρ - питома маса ґрунту, кг/м³; V_k - метричне значення поступальної швидкості руху копача за 1 с, м; δ - товщина шару рівномірно-розподіленого ґрунту по бічній поверхні, м; D - діаметр сферичного диска, м; α - кут атаки сферичного диска, град.; h - глибина канавки, або глибина ходу сферичного диска, м; φ - кут конуса росту коренеплоду, м; D_k - діаметр головки коренеплоду, м; h_{up} - висота циліндричної частини тіла коренеплоду, які залягають у ґрунті, м; W_g - урожайність гички коренеплодів, кг/м².

Складові компоненти домішок визначаються за залежностями:

- теоретично-розрахункової маси вільного ґрунту $M_{1\rho}$, який викопується сферичним диском за час 1 с:

- для коренеплодів конусної форми

$$M_{1\rho}^k = \rho V_k \sin \alpha \left[\begin{aligned} & V_k \sin \alpha \left(0,25D^2 \arccos \frac{h}{D} - 2h\sqrt{h(D-h)} \right) - \\ & - \frac{\pi n_k h^2 \operatorname{tg}(\varphi/2)}{\sin \alpha} \left(\frac{h \operatorname{tg}(\varphi/2)}{3} + \frac{\delta}{\cos(\varphi/2)} \right) \end{aligned} \right]; \quad (7)$$

- для коренеплодів циліндричної форми

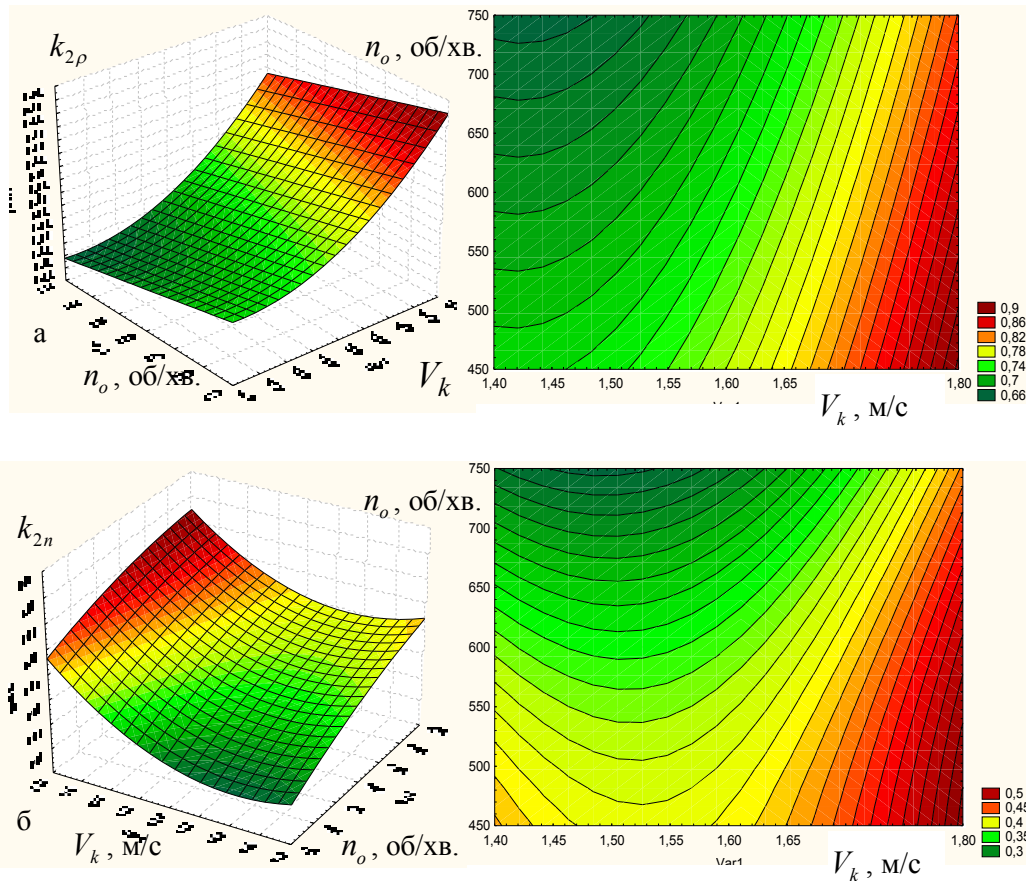


Рис. 1. - Поверхня відгуку та її двомірний переріз залежності:

а - $k_{\rho} = f(V_k, n_o)$; б - $k_n = f(V_k, n_o)$

$$M_{1\rho}^y = \rho V_k \sin \alpha \left[\begin{aligned} & \left(0,25D^2 \arccos \frac{h}{D} - 2h\sqrt{h(D-h)} \right) - \\ & - \frac{\pi n_k D_k}{\sin \alpha} \left[\frac{D_k (h + 2h_{y\rho})}{12} + \delta \left(\frac{D_k}{4 \operatorname{tg}(\varphi/2)} + h_{y\rho} \right) \right] \end{aligned} \right]; \quad (8)$$

- теоретично-розрахункової загальної маси налиплого ґрунту M_{1n} на поверхні коренеплодів, які залягають у просторі канавки:

- для коренеплодів конусної форми

$$M_{1n}^k = \frac{\pi n_k j_p h^2 \operatorname{tg}(\varphi/2) \delta \rho}{\cos(\varphi/2)}; \quad (9)$$

- для коренеплодів циліндричної форми

$$M_{1n}^y = \pi n_k j_p D_k \delta \rho \left(\frac{D_k}{4 \sin(\varphi/2)} + h_{y\rho} \right); \quad (10)$$

- теоретично-розрахункову залежність маси вільних рослинних домішок M_{1v} та маси

залишків гички M_{1z} на головках коренеплодів, які викопуються та подаються одностороннім сферичним диском на наступні очисні ТТС КМ за 1 с

$$\left. \begin{aligned} M_{1v} &= 0,2V_k \sin \alpha \sqrt{h(D-h)}(1+W_g); \\ M_{1z} &= 0,16V_k W_g \sin \alpha \sqrt{h(D-h)} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Після проведення експериментальних досліджень викопування вороху коренеплодів і обробки результатів однофакторного експерименту було одержано числові значення загальної секундної подачі домішок вороху Q_1 та його окремих складових компонентів при викопуванні кормових буряків одностороннім сферичним диском $M_{1\rho}$, M_{1n} , M_{1v} , M_{1z} , а числові значення Q_2 і $M_{2\rho}$, M_{2n} , M_{2v} , M_{2z} - після обробки експерименту типу ПФЕ 2³.

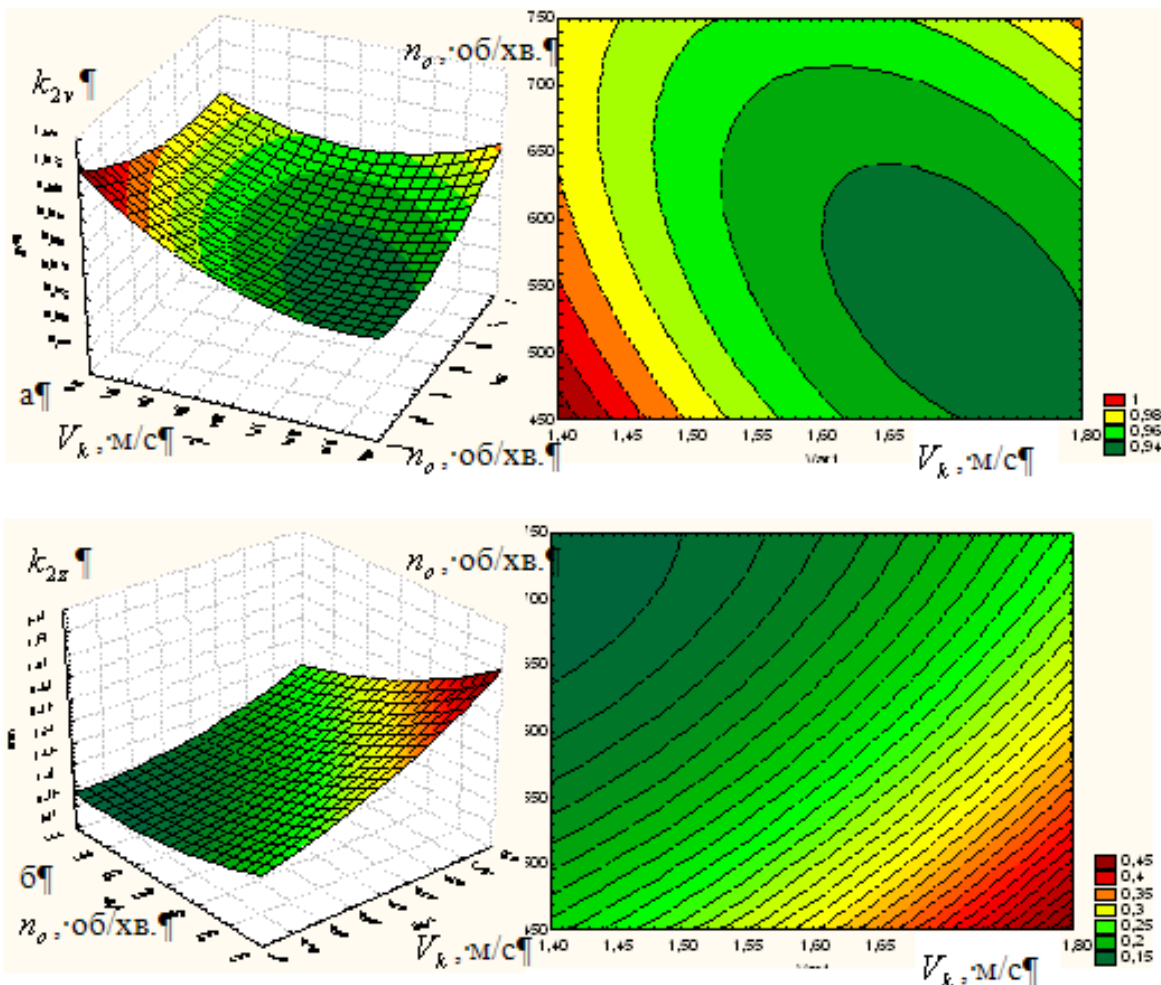


Рис. 2. - Поверхня відгуку та її двовірний переріз залежності:

$$a - k_v = f(V_k, n_o); \quad б - k_z = f(V_k, n_o)$$

Дійсні числові значення коефіцієнтів k_ρ , k_n , k_v , k_z було визначено на основі порівняння одержаних експериментальних даних та заповнено відповідні графі план-матриці експерименту типу ПФЕ 2³, при цьому значення коефіцієнтів визначали за формулами (2).

Функцію відгуку, тобто коефіцієнти k_ρ , k_n , k_v , k_z , визначених експериментальним шляхом, знаходили у вигляді математичної моделі повного полінома другої степені

$$k_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (12)$$

де $1,4 \leq x_1 \leq 1,8$ (м/с); $450 \leq x_2 \leq 750$ (об/хв.).

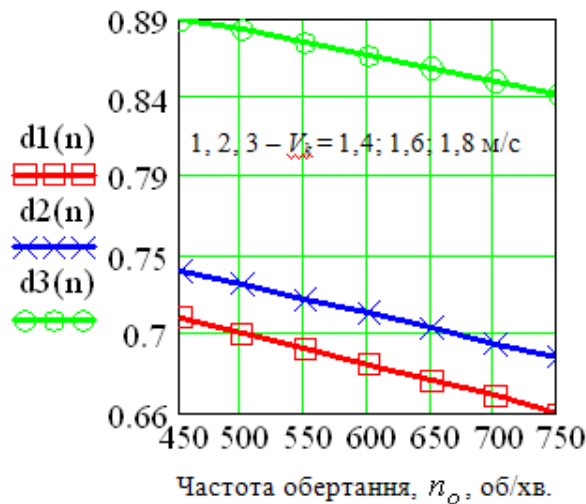


Рис. 3. - Залежності зміни загального коефіцієнта домішок від частоти обертання очисного вала

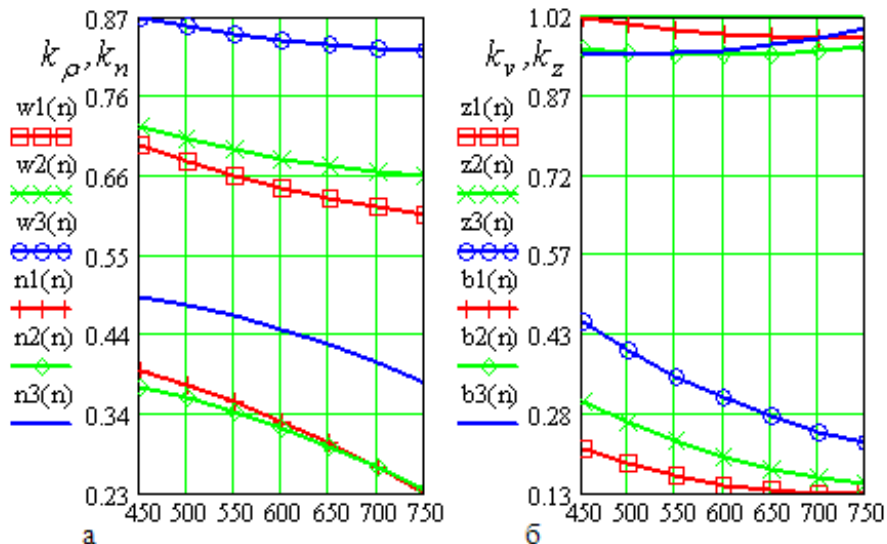


Рис. 4. - Залежності зміни коефіцієнтів від частоти обертання очисного вала: б, в – відповідно, коефіцієнтів, які враховують ступінь зниження вільного та налиплого ґрунту, вільних рослинних домішок і залишків гички на головках коренеплодів комбінованого копача відносно диска

Функцію відгуку, тобто коефіцієнти k_ρ , k_n , k_v , k_z , визначених експериментальним шляхом, знаходили у вигляді математичної моделі повного полінома другої степені

$$k_i = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (12)$$

де $1,4 \leq x_1 \leq 1,8$ (м/с); $450 \leq x_2 \leq 750$ (об/хв.).

Було одержано рівняння регресії зміни коефіцієнтів у натуральних величинах

$$\left. \begin{aligned} k &= 4,01 - 4,4V_k - 0,0003n_o + 8,33 \cdot 10^{-5}V_k n_o + 1,5V_k^2; \\ k_\rho &= 4,73 - 5,535V_k - 0,0003n_o + 0,0004V_k n_o + 1,75V_k^2 - 0,07 \cdot 10^{-5}n_o^2; \\ k_n &= 4,41 - 4,55V_k - 0,001n_o + 0,0004V_k n_o - 1,5V_k^2 + 0,04 \cdot 10^{-5}n_o^2; \\ k_v &= 3,56 - 2,49V_k - 0,002n_o + 0,0007V_k n_o + 0,63V_k^2 + 0,07 \cdot 10^{-5}n_o^2; \\ k_z &= 3,26 - 3,5V_k - 8,89 \cdot 10^{-5}n_o - 8,33 \cdot 10^{-5}V_k n_o + 1,25V_k^2 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Згідно (13) побудовано поверхні відгуку та двомірні перерізи зміни коефіцієнтів k_ρ , k_n , k_v , k_z , (рис. 1, рис. 2), залежно від двох факторів – V_k і n_o .

Аналіз наведених графічних залежностей (рис. 1) показує, що загальний коефіцієнт домішок k змінюється від 0,66 до 0,89 у межах зміни факторів $1,4 \leq V_k \leq 1,8$ (м/с) та $450 \leq n_o \leq 750$ (об/хв.), тобто загальна секундна подача домішок вороху Q_2 , або маса домішок вороху M_2 , яка подається комбінованим копачем на наступні ТТС КМ зменшується від 11 % до 34 % або у 1,11-1,34 рази порівняно з загальною секундною подачею домішок диском Q_1 , що також підтверджується залежностями, які наведено на рис. 3. Мінімальне значення $k = 0,66$, тобто максимальна технологічна ефективність роботи комбінованого копача досягається при швидкості руху $V_k = 1,4$ м/с та частоті обертання приводного вала $n_o = 750$ об/хв., рис. 4 а, крива d3(n), при цьому з збільшенням частоти обертання приводного вала n_o загальний коефіцієнт k та коефіцієнти k_ρ , k_n , k_v , k_z зменшуються, що призводить до зменшення загальної секундної подачі вороху коренеплодів та складових компонентів домішок M_ρ , M_n , M_v , M_z (рис. 1, рис. 2, рис. 3, рис. 4, а, б), при цьому зменшення секундної подачі вільного ґрунту змінюється від 23 до 40 % (рис. 4 а, криві w1(n)-w3(n), налиплого ґрунту – від 50 до 77 % (рис. 4 а, криві n1(n)- n3(n), бур'янів – до 13 % (рис. 4 б, криві b1(n)- b3(n). залишків гички на головках коренеплодів - від 57 до 87 % (рис. 4 б, криві z1(n)-z3(n).

При робочій швидкості руху копача $V_k = 1,6-1,8$ м/с, яка встановлена згідно агротехнічних умов роботи КМ середнє значення k знаходиться у межах 0,78-0,83 при $n_o = 600$ об/хв.

Висновки

Таким чином, наведені рівняння регресії (13) характеризують взаємозв'язок технологічної ефективності роботи комбінованого копача або зміни загального коефіцієнта домішок k та коефіцієнтів, що враховують ступінь зниження секундних подач складових компонентів домішок, які подаються копачем за 1 с на наступні ТТС КМ залежно від кінематичних параметрів робочого органу та умов роботи КМ.

Одержані позитивні значення k_ρ , k_n , k_v , k_z цілком підтверджують технологічну доцільність застосування приводного вала з очисними елементами у комбінації з одностороннім пасивним сферичним викопуючим робочим органом.

Література

1. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорельый, М.В. Татьяна. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Барановський В.М. Основні етапи та сучасні тенденції розвитку коренезбиральних машин // Науковий журнал. Вісник ТДТУ, Тернопіль, 2006. Том 11, № 2. – С. 67-75.
3. Барановський В.М. Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів // Вісник ХНТУСГ. – Вип. 75. “Механізація сільськогосподарського виробництва”. – Том 1. – Харків, 2008 – С. 111-120.
4. Барановський В.М. Конструктивно-технологічні принципи застосування адаптивного викопувального робочого органу коренезбиральної машини // Науковий вісник НАУ. Зб. наук. праць, випуск 73, частина 1. - 2004. – С. 249-255.