

УДК 631. 681.3

Г.А.Герасимчук<sup>1</sup>, В.М. Барановський<sup>2</sup><sup>1</sup>Луцький національний технічний університет<sup>2</sup>Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя

## РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛЬОВИХ ВИПРОБУВАНЬ КОМБІНОВАНОГО ОДНОДИСКОВОГО КОПАЧА

У статті наведено методику проведення експериментальних досліджень та викладено їх результати, які отримані під час випробування в польових умовах конструкції комбінованого однодискового копача.

Ключові слова: копач, коренеплід, ґрунт, дослідження, експеримент

Актуальність питання. Збирання врожаю кормових буряків є одним із енергоємних процесів, у тому числі й за кількістю операцій: обрізування гички, доочищення головок від залишків гички, викопування коренеплодів, сепарації викопаного вороху тощо. Серед вказаних операцій пріоритетним є технологічний процес викопування вороху кормових буряків.

Від вибору конструктивно-компонувальних схем викопуючих робочих органів, їх конструктивно-кінематичних параметрів залежать пошкодження та втрати коренеплодів, показники секундних подач на подальші очисні системи складових компонентів домішок вороху коренеплодів, що в кінцевому випадку регламентує технологічні показники якості роботи коренезбиральних машин в цілому.

Одним із резервів підвищення технологічних показників якості роботи коренезбиральних машин є поліпшення технологічного процесу викопування вороху коренеплодів шляхом застосування комбінованих викопуючих робочих органів, які поєднують у собі систему пасивного однодискового сферичного копача та встановленого над ним і у його робочій зоні горизонтального приводного вала з очисними елементами, що дозволяє одночасно поєднати дві суміжні операції – викопування вороху коренеплодів і доочищення залишків гички з їх головок у одну технологічну операцію та інтенсифікувати процес викопування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень, які наведено у працях [1, 2] характеризують лише результати статичного аналізу та теоретичних досліджень даного типу копача.

Мета дослідження. Метою дослідження є покращення показників якості викопування кормових буряків шляхом вдосконалення конструкції та обґрунтування раціональних конструктивно-кінематичних параметрів комбінованого викопуючого робочого органу.

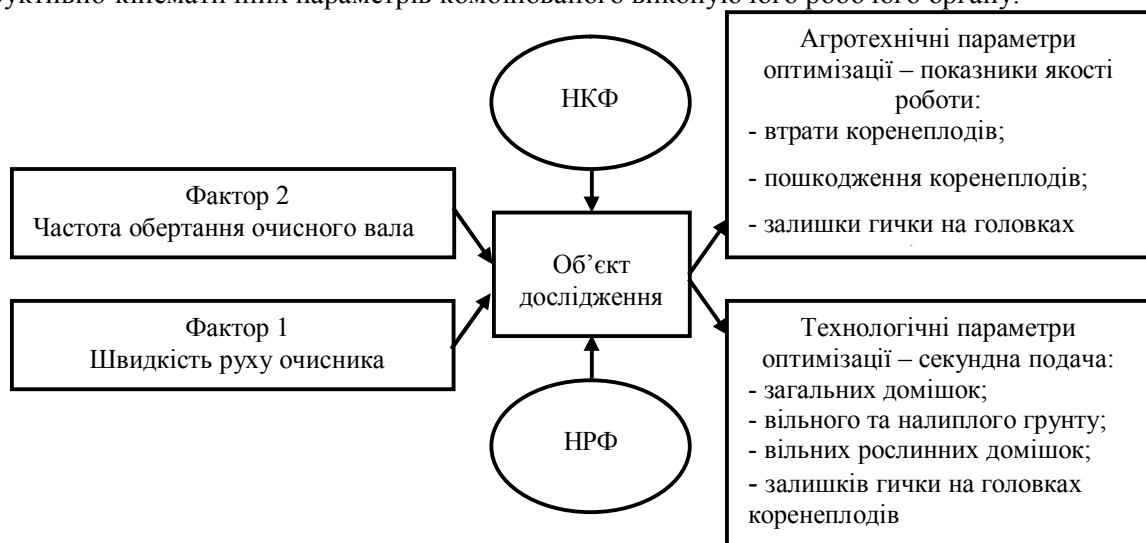


Рис. 1. Структурна модель системи

Результати дослідження. При проведенні польових експериментальних досліджень структурну модель системи „копач-коренеплід-грунт” представляли у вигляді багатомірної „вхідної-вихідної” системи (рис. 1), або, так званого, кібернетичного поняття “чорного ящика” [3]. Вхідними величинами, або змінними факторами даної структурної моделі копача є його конструктивно-кінематичні параметри, а вихідними величинами, або параметрами оптимізації – основні технологічні показники та показники якості роботи комбінованого однодискового копача.

Експериментальні дослідження технологічного процесу функціонування структурної моделі копача зводяться до встановлення характерних принципів впливу кожного вхідного фактора та їх сумісного впливу при взаємодії факторів на об’єкт дослідження або параметр оптимізації, тобто до встановлення регресійних залежностей, які функціонально характеризують зміну технологічних (секундної подачі загальних домішок і складових компонента домішок) і агротехнічних показників якості роботи комбінованого однодискового копача від його конструктивно-кінематичних параметрів.

Для реалізації проведення експериментальних досліджень було використано розроблену експериментальну лабораторно-польову установку, яка агрегувалася з трактором МТЗ-82.

При проведенні експериментальних досліджень у якості базової польової установки було використано причіпну коренезбиральну машину, яку спроектовано та виготовлено в ННЦ “ІМЕСГ” за результатами наукових досліджень, направлених на удосконалення технологічного процесу збирання коренеплодів кормових буряків [4].

При проведенні порівняльних досліджень комбінованого однодискового сферичного копача, який було встановлено на лабораторно-польову установку та серійного однодискового сферичного копача досліджували експериментальні залежності зміни секундної подачі загальних домішок  $Q_{1(2)}^{ke}$  викопаного вороху коренеплодів і секундних подач складових компонента домішок – вільного  $Q_{1(2)\rho}^{ke}$  та налиплого  $Q_{1(2)n}^{ke}$  ґрунту, вільних рослинних домішок  $Q_{1(2)v}^{ke}$  і залишків гички на головках коренеплодів  $Q_{1(2)z}^{ke}$ , а також залежності зміни загального коефіцієнта  $k$  домішок і коефіцієнтів складових компонента домішок  $k_\rho$ ,  $k_n$ ,  $k_v$ ,  $k_z$ , які враховують ступінь зниження секундних подач відповідних домішок при викопуванні кормових буряків конусної форми (сорт «Київський») комбінованим однодисковим сферичним копачем і серійним копачем КМ від одночасної дії двох визначальних факторів – швидкості руху копача  $V_k$  та частоти обертання очисного вала  $n_o$ , при цьому, згідно результатів теоретичних досліджень приймали наступні межі зміни факторів: поступальну швидкість руху копача  $1,4 \leq V_k \leq 1,8$  м/с; частоту обертання очисного вала  $450 \leq n_o \leq 750$  об/хв.

Для одержання регресійних залежностей, які б характеризували зміну параметрів оптимізації, які наведені вище, було реалізовано двофакторний експеримент на трьох рівнях варіювання, тобто експеримент типу ПФЕ 3<sup>2</sup>.

Для отримання регресійної моделі параметра оптимізації, вибирали відповідний умовний план багатфакторного експерименту, реалізацію якого проводили у послідовності наведеній нижче.

Вводили кодовані й натуральні позначення кожного фактора та умовні позначення верхнього, нижнього та нульового рівнів варіювання факторами, відповідно +1, -1, 0 для побудови план-матриці планування експериментів [3].

Після кодування вхідних факторів складали план-матрицю експерименту типу ПФЕ 3<sup>2</sup>, яка наведена у табл. 1.

При реалізації складеної план-матриці, для усунення впливу неконтрольованих (НКФ) і нерегульованих (НРФ) факторів (рис. 1) на значення параметра оптимізації, провели її рандомізацію шляхом застосування методу випадкового балансу, який реалізовано способом застосування таблиці випадкових чисел [3].

Таблиця 1

План-матриця експерименту типу ПФЕ 3<sup>2</sup>

№ експ.	Позначення фактора				Параметр оптимізації, У			
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1x_2$	1	2	3	$U_c$
1, 10, 19	+1	+1 (1,8)	+1 (750)	+1	$U_{11}$	$U_{12}$	$U_{13}$	$U_{1c}$
2, 11, 20	+1	-1 (1,4)	+1	-1	$U_{21}$	$U_{22}$	$U_{23}$	$U_{2c}$
3, 12, 21	+1	0 (1,6)	+1	0	$U_{31}$	$U_{32}$	$U_{33}$	$U_{3c}$
4, 13, 22	+1	+1	-1 (450)	-1	$U_{41}$	$U_{42}$	$U_{43}$	$U_{4c}$
5, 14, 23	+1	-1	-1	+1	$U_{51}$	$U_{52}$	$U_{53}$	$U_{5c}$
6, 15, 24	+1	0	-1	0	$U_{61}$	$U_{62}$	$U_{63}$	$U_{6c}$
7, 16, 25	+1	+1	0 (600)	0	$U_{71}$	$U_{72}$	$U_{73}$	$U_{7c}$
8, 17, 26	+1	-1	0	0	$U_{81}$	$U_{82}$	$U_{83}$	$U_{8c}$
9, 18, 27	+1	0	0	0	$U_{91}$	$U_{92}$	$U_{93}$	$U_{9c}$

При реалізації складеної план-матриці, для усунення впливу неконтрольованих (НКФ) і нерегульованих (НРФ) факторів (рис. 1) на значення параметра оптимізації, провели її рандомізацію шляхом застосування методу випадкового балансу, який реалізовано способом застосування таблиці випадкових чисел [3].

З метою достовірної оцінки параметрів оптимізації під час проведення порівняльних лабораторно-польових досліджень комбінованого однодискового сферичного копача, необхідну кількість вимірів показників, що контролюються (повторність дослідів), визначали за методикою, яка викладена у [5, 7], при цьому досліди провели у трикратній повторності.

Функцію відгуку (параметр оптимізації), тобто емпіричні залежності, які характеризують зміну надходження секундної подачі загальних домішок  $Q_2^{ke}$ , секундних подач складових компонента домішок: вільного  $Q_{2p}^{ke}$  і налиплого  $Q_{2n}^{ke}$  ґрунту, вільних рослинних домішок  $Q_{2v}^{ke}$  і залишків гички на головках коренеплодів  $Q_{2z}^{ke}$  кормових буряків залежно від одночасної зміни двох факторів – поступальної швидкості руху копача  $V_k$  та частоти обертання очисного вала  $n_o$ , визначених експериментальним шляхом, приймали у вигляді математичної моделі повного полінома другої степені

$$Q_2^{ke} [(Q_{2p}^{ke}); (Q_{2n}^{ke}); (Q_{2v}^{ke}); (Q_{2z}^{ke})] = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_{12} + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2,$$

де  $b_0; b_1; b_2; b_{12}; b_{11}; b_{22}$  - відповідні коефіцієнти значень кодованих факторів рівняння регресії;

$x_1; x_2$  - кодовані фактори.

Рівняння регресії секундної подачі загальних домішок у натуральних величинах в межах зміни факторів, а саме поступальної швидкості руху копача  $1,4 \leq V_k \leq 1,8$  м/с і частоти обертання очисного вала  $450 \leq n_o \leq 750$  об/хв, буде мати вигляд:

$$Q_2^{ke} = -19,36 + 17,17V_k + 0,03n_o - 0,003V_k n_o - 1,67V_k^2 - 2,07 \cdot 10^{-5} n_o^2,$$

де  $V_k$  - поступальна швидкість руху копача, м/с;

$n_o$  - частота обертання очисного вала, об/хв.

Після перевірки адекватності вибраної моделі, тобто відповідності отриманого емпіричного розподілу випадкових величин рівняння регресії реальному експериментальному процесу, яку проводили за  $F$ - критерієм Фішера отримали остаточне рівняння регресії у натуральних величинах:

$$Q_2^{ke} = -19,36 + 17,17V_k + 0,03n_o - 0,003V_k n_o - 1,67V_k^2 - 2,07 \cdot 10^{-5} n_o^2.$$

Згідно рівняння регресії побудовано поверхню відгуку та її двомірний переріз (рис. 2) і графічні залежності (рис. 3), які характеризують ступінь надходження секундної подачі загальних домішок вороху  $Q_2^{ke}$  від зміни  $V_k$  і  $n_o$  при викопуванні кормових буряків комбінованим копачем.

Аналіз графічної залежності  $Q_2^{ke} = f(V_k, n_o)$  та її двомірного перерізу (рис. 2) показує, що у встановлених межах зміни фактора  $V_k$  секундна подача компонента загальних домішок  $Q_2^{ke}$  монотонно зростає від 8,76 до 13,5 кг/с залежно від відповідного збільшення поступальної швидкості руху копача  $V_k$  та частоти обертання очисного вала у межах  $450 \leq n_o \leq 600$  об/хв, при

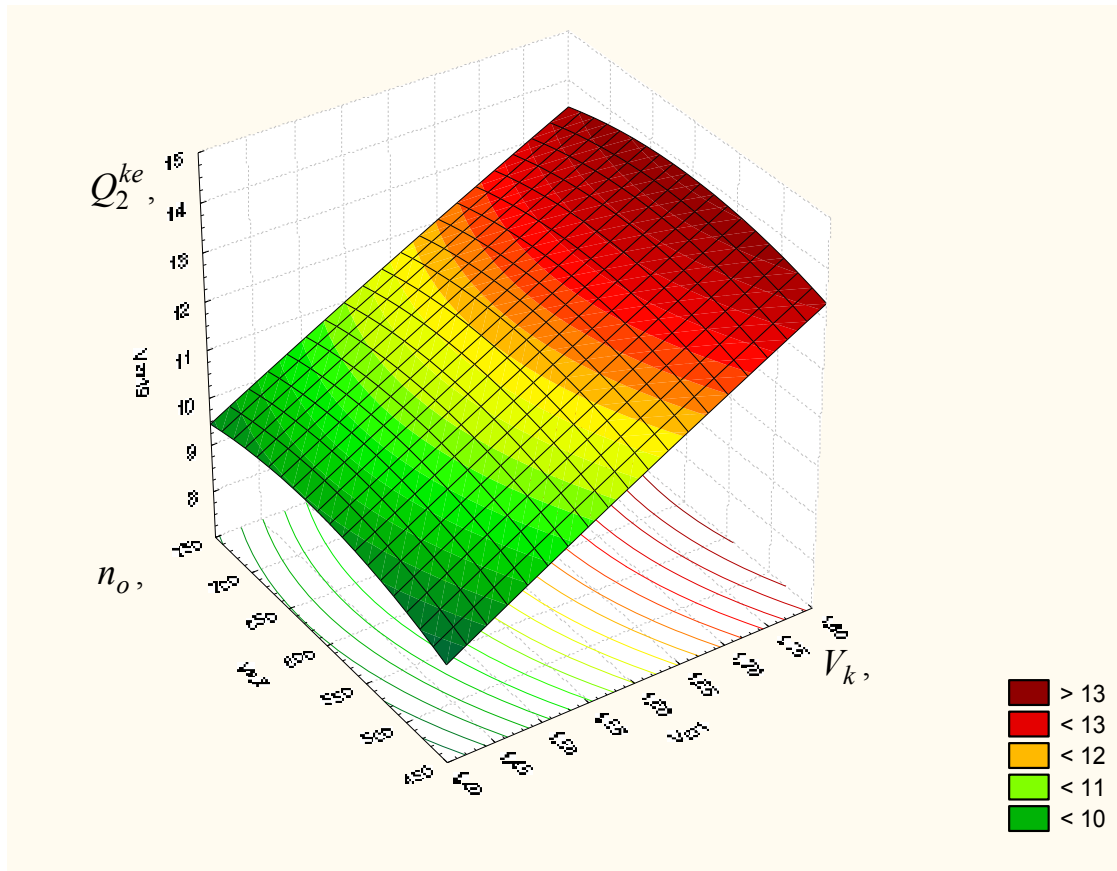


Рис. 2. Поверхня відгуку та її двомірний переріз залежності  $Q_2^{ke} = f(V_k, n_o)$ , яка характеризує зміну надходження загальних домішок  $Q_2^{ke}$  вороху коренеплодів від поступальної швидкості руху копача  $V_k$  та частоти обертання очисного вала  $n_o$

цьому приріст  $Q_2^e$  у даному діапазоні зміни  $n_o$  незначний і становить у середньому 0,1...0,12 кг/с. Подальше збільшення  $n_o$  до межі 750 рад/с призводить також до несуттєвого зменшення  $Q_2^{ke}$ , яке дорівнює у середньому 0,8...0,9 кг/с. Дану закономірність зміни надходження  $Q_2^{ke}$  залежно від  $n_o$  можна пояснити тим, що при частоті обертання очисного вала  $n_o < 600$  об/хв. динамічна дія очисних елементів на домішки, особливо на грудки ґрунту, недостатня для їх руйнування, при цьому кінематична дія очисних елементів сприяє більш інтенсивному проштовхуванню вороху за межі робочого органу та зворот-ному протіканню процесу викопування коренеплодів при  $n_o > 600$  об/хв.

Провівши оптимізаційний розрахунок рівняння регресії за допомогою методу двомірних перерізів (рис. 2) встановили, що для даних умов протікання процесу секундна подача загальних домішок приймає максимальне значення при значенні  $V_k = 1,4; 1,6; \text{ і } 1,8$  м/с та  $n_o \cong 600$  об/хв. Критерій оптимізації, розрахований за допомогою рівняння регресії в цих точках складає, відповідно  $Q_2^{ke} \leq 9,5; 11,3 \text{ і } 13,5$  кг/с.

Дані твердження цілком підтверджуються аналізом залежностей, які наведено на рис. 3, криві Q1(V)-Q3(V), Q7(V)-Q9(V), при цьому на першому етапі попередньо можна стверджувати, © Г.А.Герасимчук, В.М. Барановський

що значення загального коефіцієнта  $k$ , який враховує ступінь зниження загальної маси домішок  $Q_2^k$ , які подаються комбінованим викопуючим робочим органом на наступні очисні ТТС КМ за 1 с відносно загальної маси домішок  $Q_1^k$ , які викопуються одностороннім сферичним диском, знаходиться в межах 0,6...0,8 при значеннях яких, різниця теоретичної  $Q_2^k$  та експериментальної  $Q_2^{ke}$  загальної подачі компонента домішок відносно зміни  $V_k$  знаходиться в межах 7,0...15,0 %, залежність  $Q_5(V)$  і  $Q_6(V)$ , рис. 3 а.

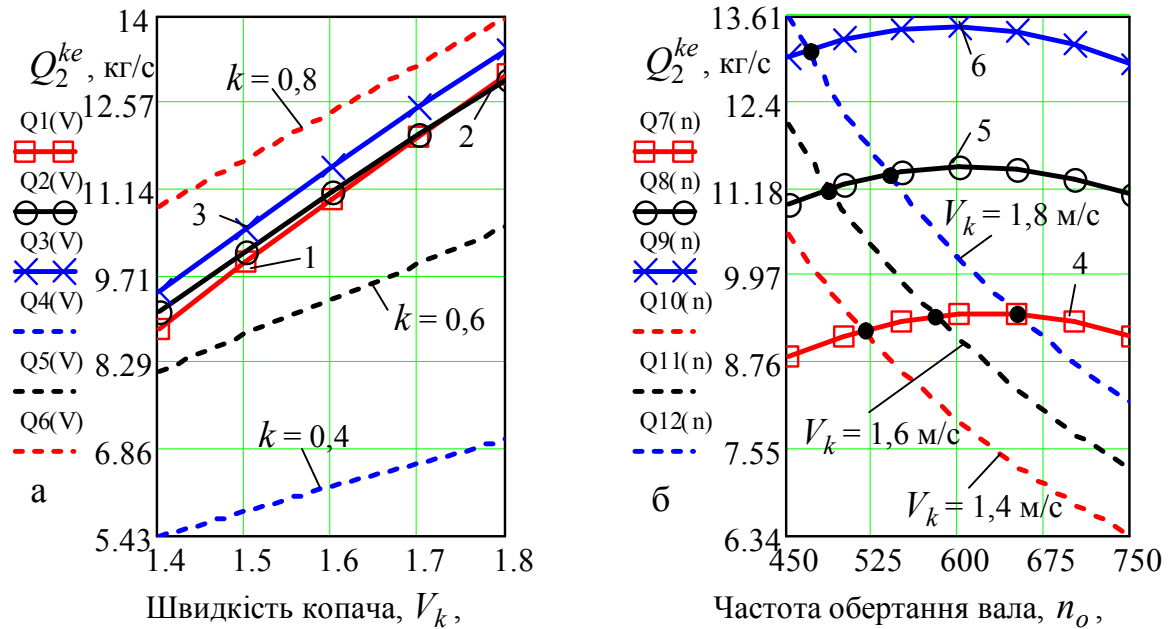


Рис. 3. Залежність зміни  $Q_2^{ke}$  від: а -  $V_k$ ; б -  $n_o$ ; 1, 2, 3 – відповідно  $n_o = 450, 600, 750$  (об/хв.); 4, 5 6 – відповідно  $V_k = 1,4; 1,6; 1,8$  (м/с);

--- - теоретична; ——— - експериментальна

У межах зміни частоти обертання очисного вала копача  $n = 525...650$  об/хв і  $V_k = 1,4$  м/с (рис. 3 б) точки залежності  $Q_7(n)$  перехрещуються, тобто співпадають із значеннями теоретичних залежностей  $Q_{10}(n)-Q_{12}(n)$ , при цьому значення секундної подачі загальних домішок становлять  $Q_2^{ke} = 9,2; 9,4; \text{ і } 9,5$  кг/с. Відповідно при  $n = 480...550$  об/хв і  $V_k = 1,6$  м/с точки залежності  $Q_8(n)$  перехрещуються, тобто співпадають із значеннями теоретичних залежностей  $Q_{11}(n), Q_{12}(n)$ , при цьому значення секундної подачі загальних домішок, відповідно, становлять  $Q_2^{ke} = 11,2$  і  $11,4$  кг/с, а при  $n = 475$  об/хв і  $V_k = 1,6$  м/с (залежність  $Q_9(n)$ ) –  $13,2$  кг/с.

При побудові порівняльних теоретичних кривих, які наведено на рис.3, числові значення початкових умов (діаметр диска  $D$ , глибина ходу диска  $h$ , урожайність коренеплодів  $U_k$  і гички  $W_g$  і т. д.) приймали згідно умов проведення експериментальних досліджень лабораторно-польової установки і характеристики культури.

Висновки. З метою подальшого удосконалення комбінованих робочих органів для викопування кормових буряків і оцінки показників якості їх роботи в умовах реальної експлуатації (залежно від агрофізичної характеристики культури та конструктивно-кінематичних параметрів робочих органів тощо) були використані загальноприйняті відомі методики експериментальних досліджень [5-7], а також були розроблені часткові методики проведення порівняльних лабораторно-польових досліджень.

У результаті проведення двофакторного експерименту отримано рівняння регресії, яке характеризує залежність зміни секундної подачі загальних домішок вороху коренеплодів у межах зміни діючих факторів  $1,4 \leq V_k \leq 1,8$  м/с,  $450 \leq n_o \leq 750$  об/хв, при цьому встановлено, що зі

збільшенням  $V_k$  секундна подача загальних домішок  $Q_2^{ke}$  монотонно зростає від 8,76 до 13,5 (кг/с) та досягає максимального значення при  $n_o = 600$  об/хв. Різниця теоретичної  $Q_2^k$  та експериментальної  $Q_2^{ke}$  секундної подачі загальних домішок знаходиться в межах 7,0...15,0 %, а в межах зміни частоти обертання очисного вала копача  $n = 525...650$  об/хв і  $V_k = 1,4$  м/с точки залежностей співпадають.

1. Гурченко О.П., Барановський В.М., Герасимчук Г.А. Теоретичні дослідження лопатевого очисника головок коренеплодів від гички // Наукові нотатки. Міжвуз. зб. (за напрямком „Інженерна механіка”), ЛДТУ. – Вип. 9, 2001. – Луцьк 2001. – С. 120-128.
2. Патент № 19256, Україна, МКІ А 01D 25/04. Пристрій для викопування коренеплодів / Барановський В.М., Паньків М.Р., Герасимчук Г.А., Маранда С.А. – Опубл. Бюл. № 12. – 2006. – 5 с.
3. Василенко П.М. Основы научных исследований / П.М. Василенко, Л.В. Погорельый // – К. : Вища школа, 1985. – 266 с.
4. Гурченко О.П. Розробка і дослідження коренезбиральної машини / О.П. Гурченко, В.М. Барановський, Г.А. Герасимчук [та ін.] // Сільськогосподарські машини. – Луцьк : ЛДТУ, 2001. – Вип. 8. – С. 119–123.
5. КД 46.16.01.005-93. Випробування сільськогосподарської техніки. Основні положення. – К., 1993. – 34 с.
6. ДСТУ 2258-93. Машини бурякозбиральні. – К. : Держстандарт України, 1993. – 18 с.
7. Куркурин И.А. Методические рекомендации по уборке и хранению кормовой свеклы / И.А. Куркурин, В.П. Богуславський, И.П. Масло [и др.] // Госагропром УССР, ЮО ВАСХНИЛ, УНИЗ. – Киев, 1987. – 24 с.