4. Машинные технологии и техника для производства картофеля [Текст] / С. С. Туболев, С. И. Шеломенцев, К. А. Пшеченков и др.; под общ. ред. Н. Н. Колчина. – М.: Агроспас, 2010. – 316 с.

5. Синій С. В. Нові конструкції картоплезбиральних машин та методика дослідження їх робочих органів [Текст] / С. В. Синій, С. В. Вознюк, М. Я. Варголяк // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. — Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛНТУ, 2013 — Вип. 24. — С. 333-342.

6. Методика оцінки ступеня пошкодження коренеплодів коренезбиральною машиною [Текст] / В. М. Булгаков, О. Б. Павелчак, Р. Б. Гевко, І. Г. Ткаченко // Збірник наукових праць Національного аграрного університету. Том 7.- Київ.- НАУ.- 2000.- С.14-19.

7. Петров Г.Д. Верещагин Н.И. Гричишкин Н.А. Источники механических повреждений клубней картофеля при уборке комбайнами [Текст] // Рабочие органы и устройства для возделывания, уборки и послеуборочной обработки корнеклубнеплодов. – М.: НПО ВИСХОМ. - 1990. – С. 3-11.

Рецензент д.т.н., проф. Р.Б. Гевко

УДК 631.356.22

©М.В. Смаль, О.О. Герасимчук, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РОТОРНОГО ГИЧКОРІЗА

Наведено результати експериментальних досліджень технологічного процесу збирання гички коренеплодів роторним гичкорізом. Одержано рівняння регресії, які характеризують зміну розмірних частин подрібненнях стебел гички залежно від параметрів роторного гичкоріза.

ГИЧКА, РОТОРНИЙ ГИЧКОРІЗ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ПОДРІБНЕННЯ.

Постановка проблеми. На основі дослідження технологічних процесів зрізування гички цукрових буряків і технологічних схем корене- та гичкозбиральних машин вітчизняного і зарубіжного виробництва, можна констатувати, що на сучасному етапі гичкозрізувальні пристрої зрізують гичку тільки за принципом «на корені», які виконують різання гички без копіювання головок коренеплодів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як правило, такі пристрої призначенні для збирання основного масиву гички. Основне зрізування гички при цьому способі здійснюється ножами 4, 5 (рис. 1) роторного гичкоріза, які закріплені шарнірно на приводному барабані 3, при цьому ножі 4, 5 виконують різання гички без підпору, тобто без протирізальних елементів чи зустрічного руху ножів.

Це зумовлено, в першу чергу, фізико-механічними властивостями гички та технологією її збирання – використання гички на корм або у якості органічних добрив шляхом її розкидання на зібране поле.

Мета дослідження – розробка теоретичних та експерментальних моделей роторного гичкоріза.

Результати дослідження. Розрахунок параметрів робочих органів роторного гичкоріза (рис. 1) проведено з умови мінімізації розмірних значень X_k і Y_k, або початкових частин подрібнених стебел гички, тобто $X_k \to min$, $Y_k \to min$. На основі аналізу розрахункової схеми можна стверджувати, що розмірне значення Y_k є найбільш несприятливим у загальному контексті прийнятої умови мінімізації $X_k \to min$, $Y_k \to min$ [2].

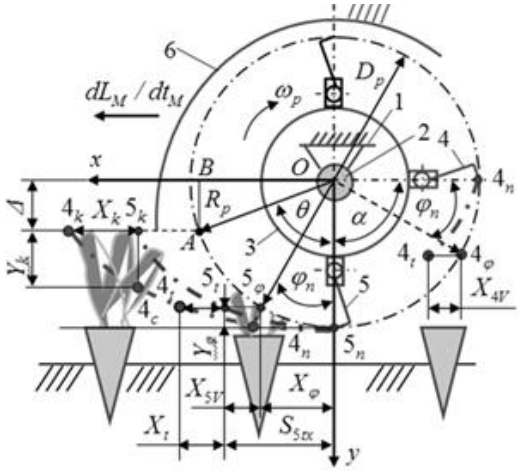


Рис. 1 – Схема до визначення розмірних частин подрібненої гички: 1 – рама; 2 – опора; 3 – барабан ротора; 4, 5 – ножі; 6 – кожух

Під час поступального руху ГМ в напрямку осі Ox (рис. 1) з робочою швидкістю $V_M = dL_M / dt_M$, де L_M – переміщення машини за

час t_M, і одночасного обертання барабана ротора 3 з кутовою швидкістю ω_p, радіально закріплені ножі 4 зрізують стебла гички та подають їх угору в зазор між кожухом 6 і барабаном ротора у напрямку його обертання, або обертання ножів. Стебла гички, рухаючись у зазорі, зазнають повторних взаємодій з іншими ножами 5, подрібнюються та переміщуються по кожуху з наступним вкладанням подрібненої гички в міжряддя коренеплодів.

У результаті аналізу одержано систему рівнянь, яка характеризує розмірні значення початкових частин подрібнених стебел гички різальною кромкою ножа під час обертання барабана роторного гичкоріза залежно від його конструктивно-кінематичних параметрів і швидкості руху ГМ:

$$\begin{cases} X_k = \dfrac{30}{\pi n_x}\left(\dfrac{dL_M}{dt_M}\right)\left(\alpha - Arcctg\dfrac{\Delta}{\sqrt{\left(0{,}5d_p+\Delta_r+l_n\right)^2-\left(\Delta\right)^2}}\right)+ \\ +\left[d_p+2\left(\Delta_r+l_n\right)\right]sin\dfrac{\alpha}{2}cos\left[\left(Arcctg\dfrac{\Delta}{\sqrt{\left(0{,}5d_p+\Delta_r+l_n\right)^2-\left(\Delta\right)^2}}\right)-\dfrac{\alpha}{2}\right]; \\ Y_k = \left(0{,}5d_p+\Delta_r+l_n\right)cos\left(\dfrac{\pi n_x}{30}t_c-\alpha\right)-\Delta; \\ t_c = \dfrac{1}{dL_M/dt}\left[\begin{array}{l}\sqrt{\left(0{,}5d_p+\Delta_r+l_n\right)^2+\left(\Delta\right)^2}- \\ -\left(0{,}5d_p+\Delta_r+l_n\right)sin\left(\dfrac{\pi n_x}{30}t_c-\alpha\right)\end{array}\right]+ \\ +\dfrac{30}{\pi n_x}Arcctg\dfrac{\Delta}{\sqrt{\left(0{,}5d_p+\Delta_r+l_n\right)^2-\left(\Delta\right)^2}}, \end{cases} \quad (1)$$

де n_x – частоти обертання ножа, об/хв.; α – центральний кут між розташованими найближчими (суміжними) ножами, які рухаються по одній траєкторії за напрямком повороту ротора гичкоріза, рад; d_p – діаметр барабана ротора гичкоріза, м; Δ_r – відстань від зовнішньої поверхні барабана до центра шарніра кріплення ножа, м; l_n – довжина ножа, м.

Для встановлення емпіричної закономірності, яка регламентує (характеризує) залежність зміни розмірних значень частин подрібнених

стебел гички $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$ робочими органами роторного гичкоріза гичкозбиральної машини (ГМ) та перевірки адекватності зміни теоретичних значень X_k і Y_k згідно з першими двома аналітичними залежностями системи рівнянь (1), провели експериментальні дослідження, реалізацію яких здійснювали з використанням експериментальної польової установки. Загальний вигляд агрегату ГМ+МТЗ-82 наведено на рис. 2.

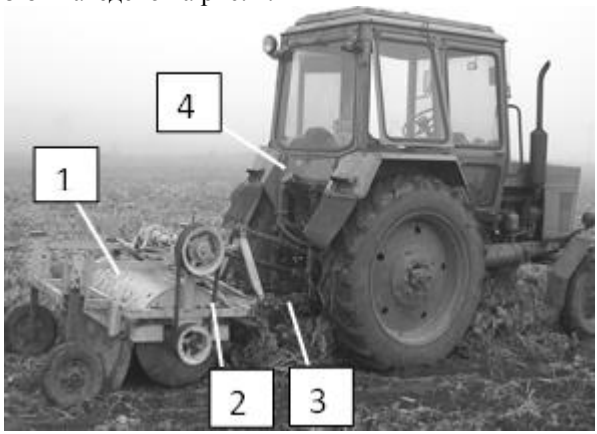
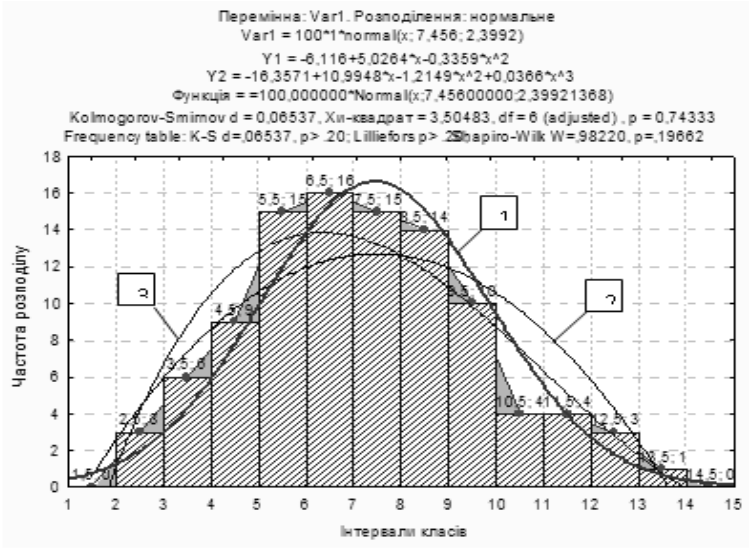


Рис. 2 – Загальний вигляд агрегату для зрізування гички «ГМ+МТЗ-82»: 1 – ГМ; 2 – роторний гичкоріз; 3 – начіпна система трактора; 4 – трактор МТЗ-82

У результаті обробки генеральної вибірки проведених експериментальних досліджень (кількість вимірів кожного значення розмірних частин подрібнених стебел гички $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$, або об'єм вибірки – $N \geq 100$) побудовано гістограму та полігон розподілу частот розмірних значень частин подрібнених стебел гички $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$, кожна з яких (рис. 3а, б) відтворює диференційний закон розподілу випадкової величини, або щільність розподілення $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$ [2].

Поділ на класи одержаного експериментального масиву даних генеральної вибірки безперервного випадкового процесу розмірних значень частин подрібнених стебел гички виконано за правилом Штюргеса. Аналіз побудованих гістограми та полігону щільності розподілу випадковості процесу різання стебел гички ножами роторного гичкоріза (рис. 3) показує, що диференційний закон



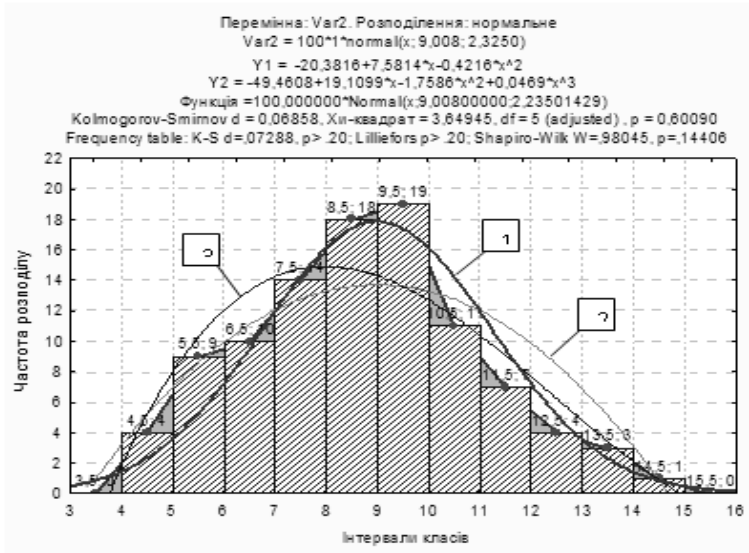


Рис. 3 – Гістограма та полігон щільності розподілу: а – $X_k^{(e)}$; б – $Y_k^{(e)}$: 1 – нормальний закон розподілу; 2 – квадратичний закон розподілу; 3 – кубічний закон розподілу

щільності розподілу $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$ близький до нормального (крива 1), а безпосередньо диференційний закон ймовірності щільності розподілу у загальному випадку має вигляд [3]:

$$f(x) = f\left(X_k^{(e)}\right) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{X_k^{(e)}-\mu}{\sigma}\right)^2} = \frac{1}{7{,}5\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{x-2{,}4}{7{,}5}\right)^2}; \qquad (2)$$

$$f(y) = f\left(Y_k^{(e)}\right) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{Y_k^{(e)}-\mu}{\sigma}\right)^2} = \frac{1}{9{,}0\sqrt{2\pi}} e^{\frac{1}{2}\left(\frac{x-2{,}3}{9{,}0}\right)^2}, \qquad (3)$$

де σ – середнє квадратичне відхилення; μ – математичне сподівання.

Для побудови емпіричної математичної моделі, яка характеризує зміну розмірних значень частин подрібнених стебел гички $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$ робочими органами роторного гичкоріза ГМ залежно від швидкості руху ГМ V_M, частоти обертання ротора гичкоріза n_x, діаметра ротора гичкоріза D_p, утворювали таблицю одержаних результатів точок композиційного плану трифакторного експерименту типу ПФЕ 3^3 [4].

Після перевірки адекватності вибраної емпіричної моделі відповідному експериментальному масиву даних і оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії за відповідними критеріями Фішера та Стюдента одержано кінцевий вигляд рівняння регресії зміни розмірних значень частин подрібнених стебел гички $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$ у натуральних величинах як функціонала $X_k^{(e)} = f(V_M; n_x; D_p)$ та $Y_k^{(e)} = f(V_M; n_x; D_p)$:

$$X_k^{(e)} = -81{,}06 + 5{,}74V_M + 0{,}08n_x + 182{,}64D_p - \\ -11{,}56V_M D_p - 0{,}08n_x D_p - 81{,}15D_p^2; \qquad (4)$$

$$Y_k^{(e)} = 13{,}43 + 3{,}15V_M - 132{,}08D_p - 3{,}6V_M D_p - 0{,}1V_M^2 + 38{,}68D_p^2. \qquad (5)$$

Наведені рівняння регресії (4) і (5) описують характер зміни розмірних значень частин подрібнених стебел гички $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$ робочими органами роторного гичкоріза ГМ залежно від зміни вхідних факторів у таких межах: швидкості руху ГМ $1{,}4 \le V_M \le 2{,}2$ (м/с); частоти обертання ротора гичкоріза $500 \le n_x \le 900$ (об/хв); діаметра ротора гичкоріза $0{,}55 \le D_p \le 0{,}75$ (м).

Згідно з одержаними рівняннями регресії побудовано поверхню відгуку та двомірний переріз поверхні відгуку залежності зміни розмірних значень частин подрібнених стебел гички ножами роторного гичкоріза $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$.

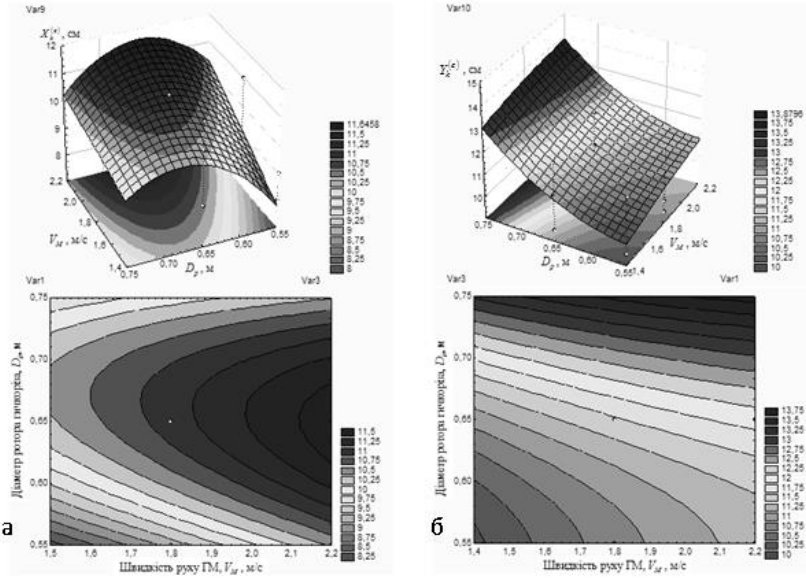


Рис. 4 – Поверхня відгуку та її двомірний переріз залежності: а – $X_k^{(e)} = f(V_M; D_p)$; б – $Y_k^{(e)} = f(V_M; D_p)$

Аналіз наведених поверхонь відгуку та їх двомірних перерізів показує, що домінуючим факторами, які мають значний вплив на розмірні значення частин подрібнених стебел гички $X_k^{(e)}$, що змінюються у діапазоні від 7 до 13 (см) є частота обертання n_x та швидкості руху V_M ГМ. При цьому у діапазоні зміни частоти обертання n_x (її збільшення) розмірні значення $X_k^{(e)}$ зменшуються у середньому на 2,5…3,5 (см), або на 15…20 %, а зміна $X_k^{(e)}$ залежно від збільшення діапазону швидкості руху V_M ГМ має прямо пропорційний характер – розмірні значення $X_k^{(e)}$ збільшуються у середньому на 2,0…4,5 (см), або на 10…25 % (рис. 4а).

Зміна $X_k^{(e)}$ залежно від збільшення діапазону діаметра D_p ротора

гичкоріза має двоякий характер – зі збільшенням D_p ротора у діапазоні 0,55 $\le D_p \le$ 0,70 (м) розмірні значення $X_k^{(e)}$ збільшуються у середньому на 1,5…2,0 (см), а подальше збільшення D_p призводить до незначного зворотного характеру, або зменшення розмірного значення $X_k^{(e)}$ приблизно на 1,0…1,5 (см).

Розмірні значення частин подрібнених стебел гички $Y_k^{(e)}$ змінюються у діапазоні від 9,5 до 15,5 (см), а домінуючими факторами, які значно корегують параметр $Y_k^{(e)}$ є частота обертання n_x та діаметр D_p ротора. При цьому зі збільшенням частоти обертання n_x та діаметр D_p ротора у, відповідно, встановлених діапазонах її зміни розмірні значення $Y_k^{(e)}$ збільшуються на 20…40 %, або у середньому на 3,0…4,5 (см), а зміна $Y_k^{(e)}$ залежно від збільшення швидкості руху V_M ГМ має незначний прямо пропорційний характер – приріст розмірних значень $Y_k^{(e)}$ зростає у незначних межах – у середньому на 1,0…1,5 (см), або на 5…10 % (рис. 4б).

Таким чином на основі проведеного аналізу можна константувати, що характер зміни розмірних значень подрібнених частин стебел гички $X_k^{(e)}$ і $Y_k^{(e)}$ у загальному контексті та враховуючи значну випадковість процесу адекватний теоретичному аналізу характеру зміни X_k і Y_k. Розбіжність аналітичних значень розмірних параметрів подрібнених частин стебел гички X_k, які побудовано згідно теоретичних залежностей (1) і емпіричних значень $X_k^{(e)}$, побудованих згідно з експериментальною моделлю (4) становить у середньому 12…23 %, а закономірність функціональної зміни X_k і $X_k^{(e)}$ цілком співпадає.

Це дозволяє зробити висновок, що розроблені теоретичні та експериментальні моделі, які характеризують функціональну зміну розмірних значень подрібнених частин стебел гички ножами роторного гичкоріза адекватні та можуть бути використані у подальшому для обгрунтування конструктивно-кінематичних параметрів ГМ з умови мінімізації розмірних значень X_k і Y_k, що забезпечить задовільне виконання технологічного процесу збирання гички коренеплодів із заданими, або необхідними характеристиками, властивостями та вимогами.

Література

1. Погорелый Л.В., Татьянко М.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. Киев, 2004. С.112–114.
2. Мартиненко В.Я. Гичкозбиральні машини. Тернопіль, 1997. – 108 с.
3. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента. Москва, 1972. – 374 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва, 1979. – 415 с.

Рецензент д.т.н. В.М. Барановський

УДК 631.3

© І. Г. Стукалець
Львівський національний аграрний університет

ДИНАМІКА ЗМІНИ ПРОГРАМ РЕМОНТУ ГОЛОВОК БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ РІЗНИХ МАРОК

Проаналізовано динаміку зміни річних програм ремонту головок блоків циліндрів двигунів різних марок в умовах підприємств технічного сервісу м. Львова. Досліджено характер зміни часткових програм ремонту головок блоків циліндрів в загальних річних програмах за останні десять років.

ГОЛОВКА БЛОКУ, ЦИЛІНДР, ДВИГУН, РЕМОНТ.

Постановка проблеми. Під час проектування технологічних ліній чи дільниць (ТЛ чи ТД) ремонту головок блоків циліндрів двигунів враховують, що технологічні лінії чи дільниці працюватимуть ефективно впродовж 10-12 років. Це зумовлено постійним розвитком технологій, удосконаленням рівня ремонтно-технологічного обладнання, а також зміною номенклатури, кількісного та якісного складу об’єктів ремонту, закономірностей надходжень вхідних потоків на ремонт впродовж терміну експлуатації ТЛ (ТД).

На етапі проектування важливе значення для досягнення ефективності експлуатації ТЛ (ТД) ремонту має врахування нерівноймовірності надходжень вхідних потоків на ремонт, що зумовлено багатьма факторами, такими як покращення якості та