

УДК 631.356.43.

І.М. Бендера, кандидат технічних наук, професор,

С.М. Грушецький, кандидат технічних наук, доцент ПДАТУ

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ РОБОТИ БАРАБАННОГО СЕПАРАТОРА

У статті викладено результати лабораторних досліджень барабанного сепаратора і процесу сепарації картопляного вороху для функціонування нової картоплезбиральної машини з метою зменшення механічних пошкоджень бульб при забезпеченні якісних показників процесу сепарації для подальшого конструктивного вдосконалення.

Ключові слова: картоплекопач, збирання, сепарація, картопля, модель.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. При збиранні картоплі значна кількість ґрунту попадає на транспортуючі органи картоплезбиральних пристроїв, погіршуючи якість товарної продукції. В зв'язку з цим актуальною стає проблема активної сепарації картопляного вороху і створення пристроїв для реалізації такої сепарації.

Аналіз останніх досліджень. Вагомий вклад в розробку нових сепаруючих робочих органів та дослідження процесу їх роботи внесли відомі вчені: Г.Д. Петров, І.Р. Розмислович, З.В. Ловкіс, М.Е. Мацепуро, В.М. Булгаков, Р.Б. Гевко, Л.П. Безрукий, І.М. Бендера, А.П. Дорохов, Г.П. Солодух, Н.І. Верещагін, М.І. Самокиш, С.В. Смолінський, Ю.П. Фірман та ін. Аналіз показав, що процес сепарації картопляного вороху, а також його взаємодія з сепаруючими робочими органами теоретично і експериментально досліджені недостатньо. Зокрема, в моделях сепарації не враховується активна дія сепаруючої поверхні на ворох, пошкоджуваність бульб, енергозатрати на сепарацію та ін.

У зв'язку з цим постало питання створення досконалішої конструкції сепаратора картоплезбиральної машини і дослідження процесу його роботи яка би діяла на ворох менш енергозатратно деформаціями розриву, зсуву і

забезпечила зменшення пошкодження бульб та підвищення ступеню сепарації картопляного вороху.

Формулювання цілей статті: дослідити вплив таких параметрів барабанного сепаратора як кут його нахилу до горизонту, колової швидкості барабана, подача вороху на відсоток просіяного ґрунту і інтенсивності сепарації, а також дослідити залежність просіяного ґрунту від кута нахилу сепаратора до горизонту при значеннях вологості ґрунту для функціонування нової картоплезбиральної машини [1-3].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення показників якості барабанного сепаратора у стаціонарних умовах була виготовлена лабораторна установка (рис. 1) з підключенням електровимірювальних приладів [4].

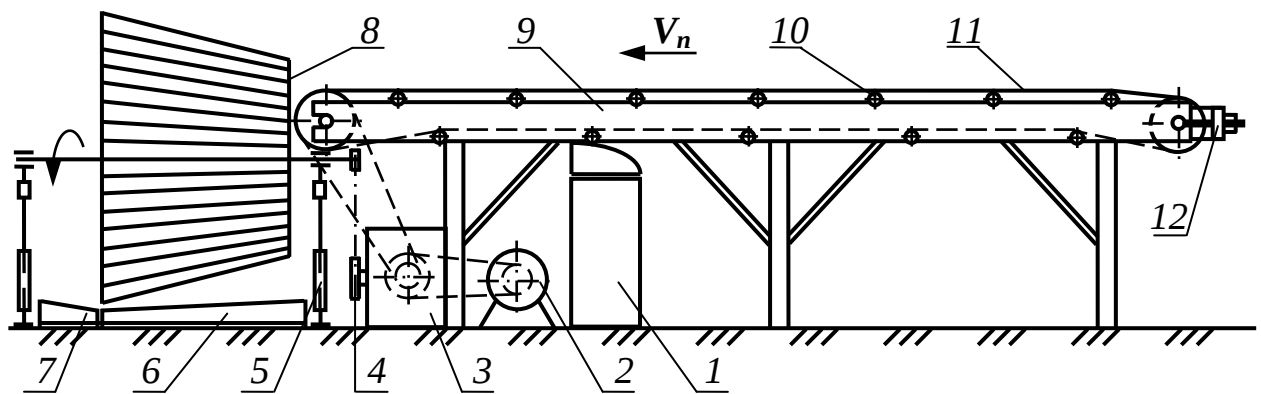


Рис. 1. Схема лабораторної установки

1 – рідинний реостат; 2 – електродвигун з фазним ротором; 3 – коробка передач; 4 – варіатор частоти обертання барабана; 5 – пристрій для регулювання кута нахилу барабана; 6 – лоток для збору ґрунту; 7 – лоток для збору бульб; 8 – конусний барабанний сепаратор; 9 – рама; 10 – підтримуючі ролики із зірочкою; 11 – ланцюгово-стрічковий транспортер; 12 – натяжний пристрій.

На першому етапі проводились експерименти в лабораторних умовах з вивчення впливу основних конструктивних і кінематичних параметрів барабанного сепаратора просіяного ґрунту і інтенсивності сепарації. Серед параметрів барабанного сепаратора, які можуть найбільш впливати на

процес сепарації, в межах експериментальних досліджень найбільший інтерес викликає дослідження: Q – подача вороху на сепаратор, кг/с; V_k – колова швидкість обертання барабана, м/с; α_{δ} – кут конусності барабана, град.

Після отримання експериментальних даних проводилась їх обробка за допомогою прикладної програми Microsoft Excel для ПЕОМ (додатки И.1, И.2) [5]. Результати обробки експериментальних даних представлені у вигляді рівняння регресії, що є математичною моделлю даного процесу, яка пов'язує параметри робочого органу з показниками його роботи.

Для показника просіяного ґрунту рівняння регресії в кодованій формі має вигляд:

$$y_1 = 93,7413 - 5,1565 x_1 + 5,9096 x_2 - 2,0234 x_3 + 6,1292 x_1 x_2 - 2,6674 x_1^2 - 4,7208 x_2^2 - 4,4162 x_3^2; \quad (1)$$

для інтенсивності сепарації:

$$y_2 = 75,3337 - 10,4488 x_1 + 8,4150 x_2 - 6,1651 x_3 - 4,7699 x_1^2 - 3,4160 x_2^2; \quad (2)$$

$$\text{де } x_1 = \frac{Q-80}{30}, \quad x_2 = \frac{V_k-2,1}{0,4}, \quad x_3 = \frac{\alpha_{\delta}-12,0}{6}.$$

Після переходу від кодованих позначень факторів до натуральних, рівняння регресії набудуть вигляду:

для просіваючої здатності ґрунту:

$$v = -0,4279 - 0,7703 \cdot Q + 97,8337 \cdot V_k + 2,6069 \cdot \alpha_{\delta} + 0,5108 \cdot Q \cdot V_k - 0,0029 \cdot Q^2 - 29,505 \cdot V_k^2 - 0,1227 \cdot \alpha_{\delta}^2; \quad (3)$$

для інтенсивності сепарації:

$$q = -56,7242 + 0,4997 \cdot Q + 110,7075 \cdot V_k - 1,0275 \cdot \alpha_{\delta} - 0,0053 \cdot Q^2 - 21,35 \cdot V_k^2. \quad (4)$$

Отримані рівняння досліджувались за допомогою програмного пакета MATLAB 6. Поверхні відгуку та графіки ліній однакових значень наведені на рис. 2-3, а залежності – рис 4-9.

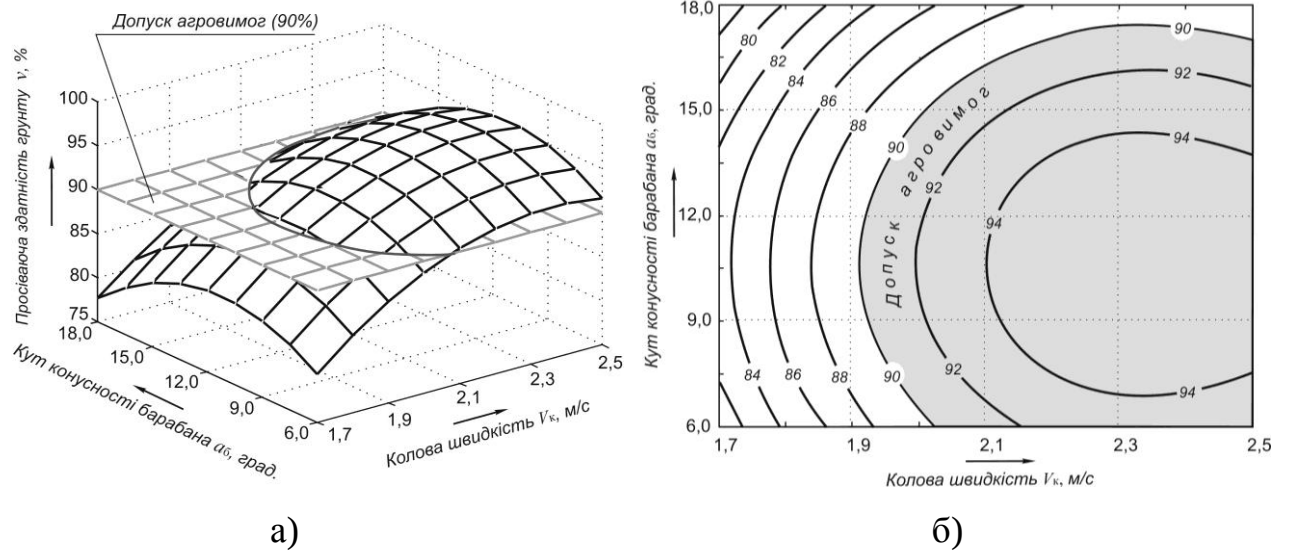


Рис. 2. Поверхня відгуку (а) та двомірний перетин (б) для просівальної здатності ґрунту v від колової швидкості V_k та кута конусності барабана α_b (при $Q = 80$ кг/с, ґрунт – суглинок середній, $W = 16,5\%$)

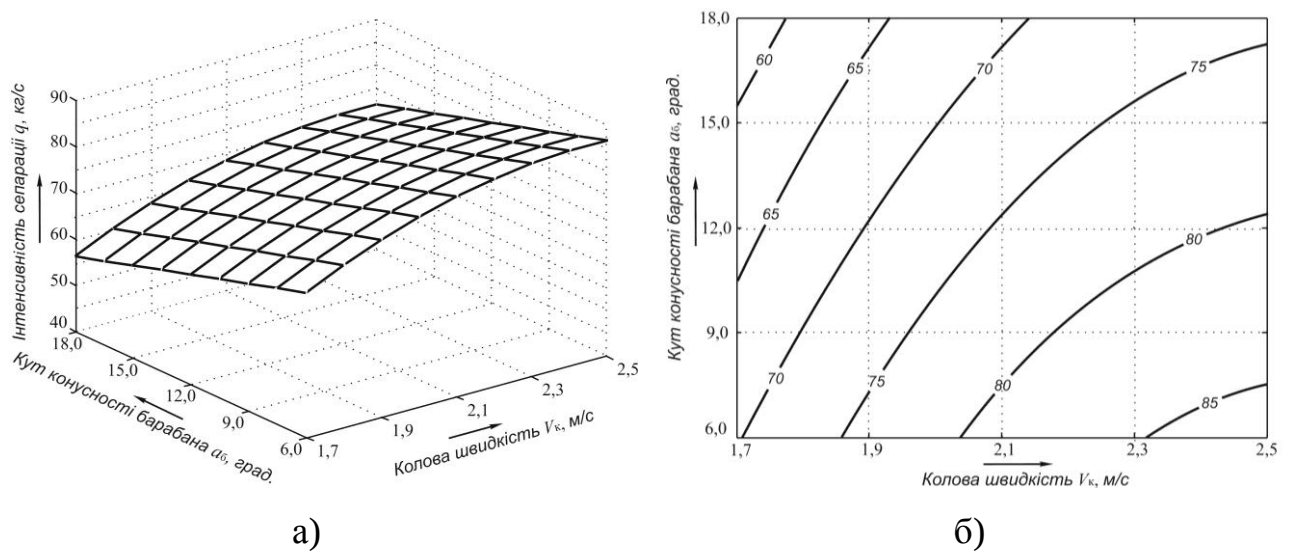


Рис. 3. Поверхня відгуку (а) та двомірний перетин (б) для інтенсивності сепарації q від колової швидкості V_k та кута конусності барабана α_b (при $Q = 80$ кг/с, ґрунт – суглинок середній, $W = 16,5\%$)

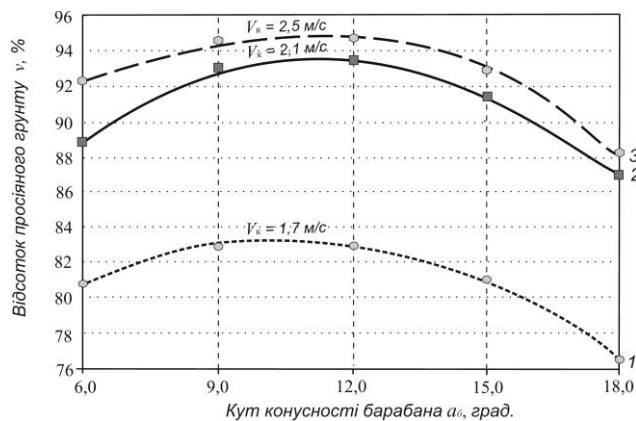


Рис. 4. Залежність просіяного ґрунту від кута нахилу сепаратора до горизонту при колових швидкостях барабанного сепаратора: 1) 1,7 м/с; 2) 2,1 м/с; 3) 2,5 м/с.

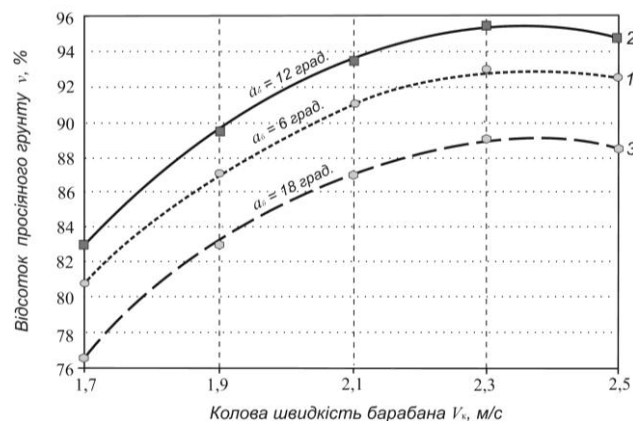


Рис. 5. Залежність відсотку просіяного ґрунту від колової швидкості барабана при куті нахилу сепаратора до горизонту: 1) 6 град; 2) 12 град; 3) 18 град.

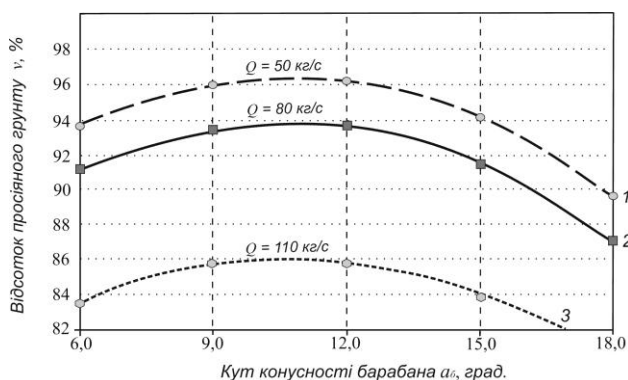


Рис. 6. Залежність просіяного ґрунту v від кута конусності барабана α_b та подачі вороху Q (при $V_k = 2,1$ м/с, ґрунт – суглинок середній, $W = 16,5\%$)

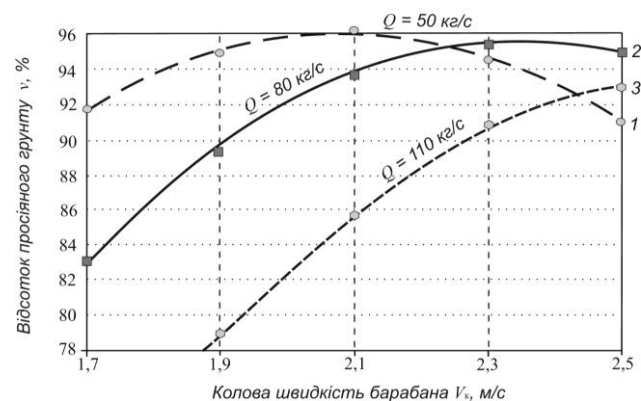


Рис. 7. Залежність просіяного ґрунту v від колової швидкості барабана V_k та подачі вороху Q (при $\alpha_b = 12$ град., суглинок середній, $W = 16,5\%$)

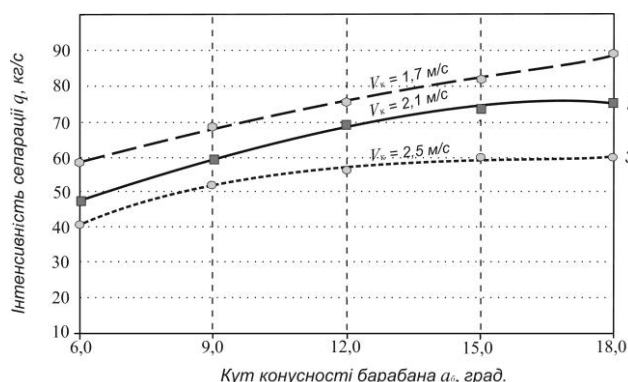


Рис. 8. Залежність інтенсивності сепарації ґрунту від кута нахилу сепаратора до горизонту при колових швидкостях барабана: 1) 1,7 м/с; 2) 2,1 м/с; 3) 2,5 м/с.

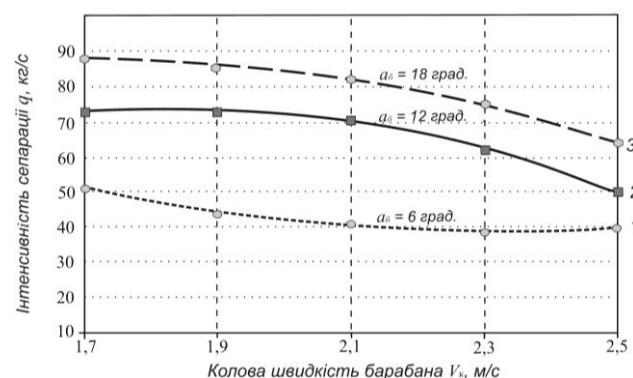


Рис. 9. Залежність інтенсивності сепарації ґрунту від колової швидкості барабана при куті нахилу сепаратора до горизонту: 1) 6 град; 2) 12 град; 3) 18 град.

Охарактеризуємо детальніше вплив кута нахилу сепаратора і колової швидкості барабана на відсоток просіяного ґрунту і інтенсивність сепарації. Для цього на основі експериментальних даних побудуємо графіки залежності просіяного ґрунту і інтенсивності сепарації від кута нахилу сепаратора і колової швидкості барабана.

Як видно із залежностей просіяного ґрунту від кута конусності барабанного сепаратора (рис. 4) і колової швидкості (рис. 5) спостерігається істотне зростання раціонального параметра кута нахилу сепаратора до 12 град. і колової швидкості 2,1 м/с. При подальшому зростанні кута конусності барабанного сепаратора, зміна показника істотно падає, а для колової швидкості барабана неістотна (майже постійна).

Оскільки, збільшуючи колову швидкість барабана зменшується час контакту подаючого матеріалу з робочими органами сепаратора і більшість частинок великих розмірів, отримуючи початкову швидкість від прутків барабана сходять із нього без руйнування і сепарації. Тому це викликає обмеження зростання швидкості барабана.

Значно знижується просіваюча здатність ґрунту при збільшенні подачі вороху на барабанний сепаратор зі зміною кута конусності і колової швидкості (рис. 6, рис. 7).

Зростання інтенсивності сепарації ґрунту під впливом зростаючого кута нахилу барабанного сепаратора (рис. 8) і зменшення при збільшенні колової швидкості (рис. 9) мають більш плавний характер, порівнюючи із залежністю від даних факторів відсотку просіяного ґрунту.

Тому максимальне значення відсотку просіяного ґрунту і інтенсивності сепарації досягається при наближенні кута нахилу сепаратора в межах 12 град. і колової швидкості 2,1 м/с, так як далі відбувається збільшення пошкодження бульб при наближенні їх до сепаруючої поверхні барабана.

На процес роботи машин для збирання картоплі дуже впливає стан ґрунту (вологість). Процес викопування та сепарації вороху бульбоплодів залежить насамперед від його фізичного складу та вологості. Як правило у період збирання вологість ґрунту коливається в межах 10...26 %. Оптимальне

значення вологості ґрунту для збиральних машин становить 14...20 %, що обмежує їх застосування.

При експериментальних дослідженнях вивчали вплив вологості ґрунту на відсоток просіяного ґрунту. Згідно з отриманих даних (рис. 10) можна зробити висновок, що із зростанням вологості ґрунту при подачі вороху $Q = 80$ кг/с, процес сепарації на барабанному сепараторі проходить повільніше, що призводить до зростання вмісту ґрунту в очищеному воросі в порівнянні з ґрунтом меншої вологості.

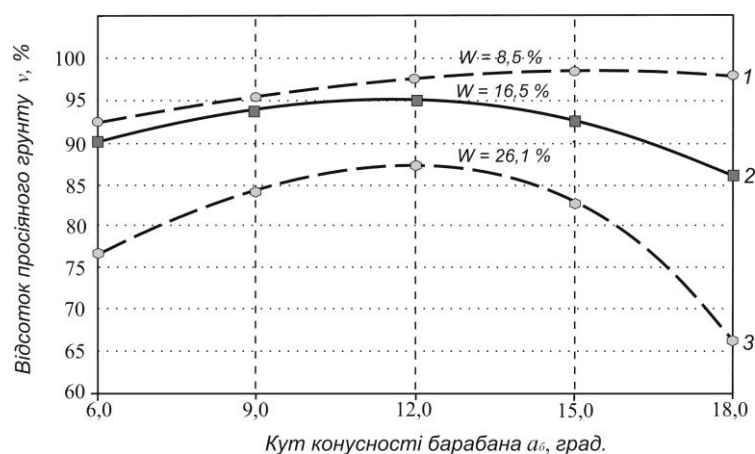


Рис. 10. Залежність просіяного ґрунту від кута нахилу сепаратора до горизонту при значеннях вологості ґрунту: 1) 8,5%; 2) 16,5%, 3) 26,1%.

При лабораторних експериментальних дослідженнях проводили енергетичну оцінку розроблюваного сепаратора. За допомогою електронно-вимірювального комплексу фіксували значення напруги і сили струму на вході в електродвигун. Використавши відому формулу знаходимо значення потужності, при умові, що ККД механічної передачі 0,98 і ККД електродвигуна 0,74.

Після опрацювання експериментальних даних (додаток И.3) [5] одержали рівняння регресії для потужності на привод сепаратора в кодованій формі:

$$y_3 = 3,1101 + 0,3538 x_1 + 0,6488 x_2 - 0,5605 x_3 + 0,1458 x_2 x_3 + 0,1977 x_1^2 + 0,2993 x_2^2, \quad (5)$$

$$\text{де } x_1 = \frac{Q - 80}{30}, \quad x_2 = \frac{V_k - 2,1}{0,4}, \quad x_3 = \frac{\alpha_6 - 12,0}{6}.$$

Після переходу від кодованих позначень факторів до натуральних рівняння регресії набуло вигляду:

$$N_{np} = 11,0677 - 0,0234 \cdot Q - 6,9636 \cdot V_k - 0,2210 \cdot \alpha_{\bar{\delta}} + 0,0608 \cdot V_k \cdot \alpha_{\bar{\delta}} + 0,0002 \cdot Q^2 + 1,8706 \cdot V_k^2; \quad (6)$$

Одержане рівняння досліджувалось за допомогою програмного пакета MATLAB 6. Поверхні відгуку та графіки ліній однакових значень наведені на рис. 4.11 та 4.12.

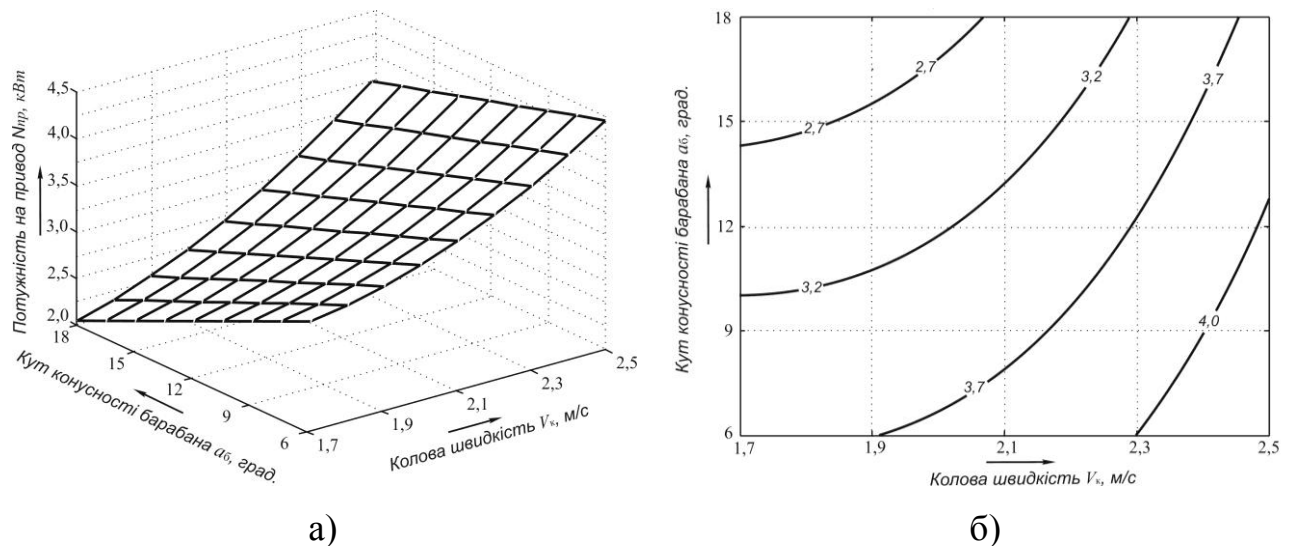


Рис. 11. Поверхня відгуку (а) та двомірний перетин (б) для потужності на привод сепаратора N_{np} від колової швидкості барабанного сепаратора V_k та кута конусності барабана $\alpha_{\bar{\delta}}$ (при $Q_6 = 80$ кг/с, $W = 16,5\%$)

Як видно із рис. 11 найбільший вплив на потужність привода має колова швидкість та кут конусності барабана. Причому між цими факторами є від'ємний ефект взаємодії отже, збільшенням колової швидкості барабана при зменшенні кута конусності і подачі вороху $Q_6 = 80$ кг/с, призводить до різкого збільшення потужності на привод сепаратора.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, при лабораторних експериментальних дослідженнях було вивчено вплив таких параметрів барабанного сепаратора як кут його нахилу до горизонту, колової швидкості барабана, подача вороху на відсоток просіяного ґрунту і інтенсивності сепарації, а також досліджено залежність просіяного ґрунту від кута нахилу сепаратора до горизонту при значеннях вологості ґрунту.

Встановлено раціональні параметри процесу сепарації в барабанному сепараторі, а саме: час сепарації $T_c \approx 0,86$ с, довжина робочої поверхні $L = 0,70$

м, діаметр більшої основи сепаратора $D = 1,08$ м, діаметр прутків $d_n = 0,010$ м, просвіти між прутками $t = 0,030 \dots 0,037$ м, колова швидкість барабана $V_k = 2,22$ м/с, подача вороху на сепаратор $Q = 92,2$ кг/с. Для цих значень параметрів коефіцієнт просіваючої здатності ґрунту $v = 93,4\%$, а ступінь пошкоджень бульб $\Pi_6 = 1,61\%$; визначено затрати потужності на агрегування картоплекопача від його конструктивних параметрів та раціональних режимів роботи – $6,5 \dots 7,5$ кВт.

Отримані результати досліджень рівняння регресії, згідно статистичних даних, адекватно описується, а всі процеси є відтворюваними. Досить високі значення коефіцієнту множинної кореляції свідчать про те, що відібрані нами математичні залежності (вид функцій) узгоджуються з характером експериментальних залежностей.

Таким чином можна зробити висновок, що отримані рівняння регресії можна використовувати для точного визначення параметру оптимізації і оптимальних значень досліджуваних факторів.

Список використаних джерел

1. Грушецький С.М. Патенти і авторські свідоцтва / С.М. Грушецький, М.І. Алещенко, І.М. Бендера, (гол. ред.) Бурдега В.Ю. та ін. // Інститут механізації і електрифікації сільського господарства. – Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2006. – С. 268-271.
2. Грушецький С.М. Картоплезбиральна машина з барабанним сепаратором / С.М. Грушецький, М.І. Самокиш, І.М. Бендера, П.І. Роздорожнюк // Наукові розробки рекомендовані виробництву: доп. і перер. під заг. ред. І.М. Бендери, О.В. Ткача. Хмельницький ЦНТІ – Хмельницький, 2006. – № 4 – С. 25, 28.
3. Пат. 66658А Україна, МКВ А01D17/04. Картоплезбиральна машина з барабанним сепаратором / Грушецький С.М., Самокиш М.І., Бендера І.М., Роздорожнюк П.І., Врадин В.В. – № 2003087897; заявл. 21.08. 03; опубл. 17.05. 04, Бюл. № 5. – 4 с.
4. Грушецький С.М. Методика використання вимірювальних комплексів на заняттях з випробування сільськогосподарської техніки при підготовці інженерів-механіків / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Ю.П. Фірман, В.В. Майсус // Вища аграрна освіта України. – К.: Наукметодцентр, 2004. – № 25. – С. 6-8.

5. Грушецький С.М. Обґрунтування конструкції і параметрів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Грушецький Сергій Миколайович. – Вінниця, 2008. – 285 с.

***Аннотация.** В статье изложены результаты лабораторных исследований барабанного сепаратора и процесса сепарации картофельного вороха для функционирования новой картофелеуборочной машины с целью уменьшения механических повреждений клубней при обеспечении качественных показателей процесса сепарации для дальнейшего конструктивного совершенствования.*

***Ключевые слова:** картофелекопатель, сбор, сепарация, картофель, модель.*

***Annotation.** The article describes the results of laboratory drum separator and separation process vorohu potato Potato for the operation of the new machines to reduce mechanical damage of tubers, while ensuring qualitative separation process for further constructive development.*

***Key words:** potatodig, collection, separator, potato, model.*