

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ

Сокол С. П., к.т.н., доц.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*Запропонована модель робочої поверхні викопувального робочого органу, що дозволяє виконати її побудову за заданим законом розподілення твірних*

**Постановка задачі.** Робочий орган для викопування коренеплодів є одним з основних вузлів коренезбиральних машин. Від його конструктивних і кінематичних параметрів, відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, суттєво залежать якість збирання коренеплодів та характеристики коренезбиральної машини в цілому. У зв'язку з цим проблеми зниження витрат на виконання технологічного процесу під час збирання врожаю коренеплодів, підвищення якості викопування, універсальності та надійності робочих органів є актуальними на сучасному етапі розвитку та використання сільськогосподарської техніки.

**Аналіз досліджень.** Проектуючи криволінійні поверхні удосконаленого робочого органу для викопування коренеплодів, що має форму U-подібної викопувальної скоби найкраще використовувати лінійчаті поверхні, такі, які утворюються рухом у просторі прямої лінії [1]. Серед лінійчатих поверхонь важливе місце займають розгортні поверхні, тобто ж поверхні, що розгортаються на площину без складок та розтягувань [2]. Такі поверхні мають певні диференціально-параметричні характеристики:

- гаусова кривизна розгортної поверхні дорівнює нулю;
- вектор нормалі до поверхні при русі вдовж твірної не змінює свого положення.

В результаті таких характеристик розгортні поверхні значно менше при виготовленні піддаються жолобленню і мають менший тяговий опір [3], так як скиба ґрунту на такій поверхні піддається деформації простого згину.

**Мета досліджень.** Розробити геометричну модель робочої поверхні копача коренеплодів, що дозволяє вести проектування у великому діапазоні параметрів стосовно до конкретних умов роботи і характеристик ґрунтів.

**Результати досліджень.** Основними параметрами поверхні викопувального робочого органу типу скоба [4], є направляючі криві  $m$  і  $n$ . Відповідно до рисунку (1, а) передній обріз напівповерхні визначається кривою між точками  $A_1$  і  $C_1$ , а задній обріз поверхні точками  $B_1$  і  $D_1$ . Аналогічно, точками  $A_2$  і  $C_2$  передній обріз та  $B_2$   $D_2$  задній обріз другої напівповерхні [5]. Координати точок  $A_1, B_1, C_1$  і  $A_2, B_2, C_2$  визначаються шириною леміша скоби  $d$ , шириною робочого органу по денній поверхні поля  $b$ , та кутом встановлення леміша до горизонту  $\alpha$ . Розглянемо утворення в поперечно-вертикальній

проекції направляючої кривої  $m$  в площині  $Oyz$ . Направляюча крива повинна забезпечувати виштовхування коренеплоду на денну поверхню поля. Таке виштовхування забезпечується силою, що направлена по нормалі  $N_i$ , яка проведена до направляючої  $m$  в точці  $E_i$  (рис. 1, а). Напрямок нормалі  $N_i$  забезпечується положенням дотичної  $t_i$  в точці  $E_i$  кутом  $\beta_i$  до осі  $Oz$ . По мірі переміщення точки  $E$  вздовж направляючої від точки  $A_1$  до точки  $C_1$ , напрямок нормалі  $N$  повинен забезпечувати зниження виштовхувальної сили.

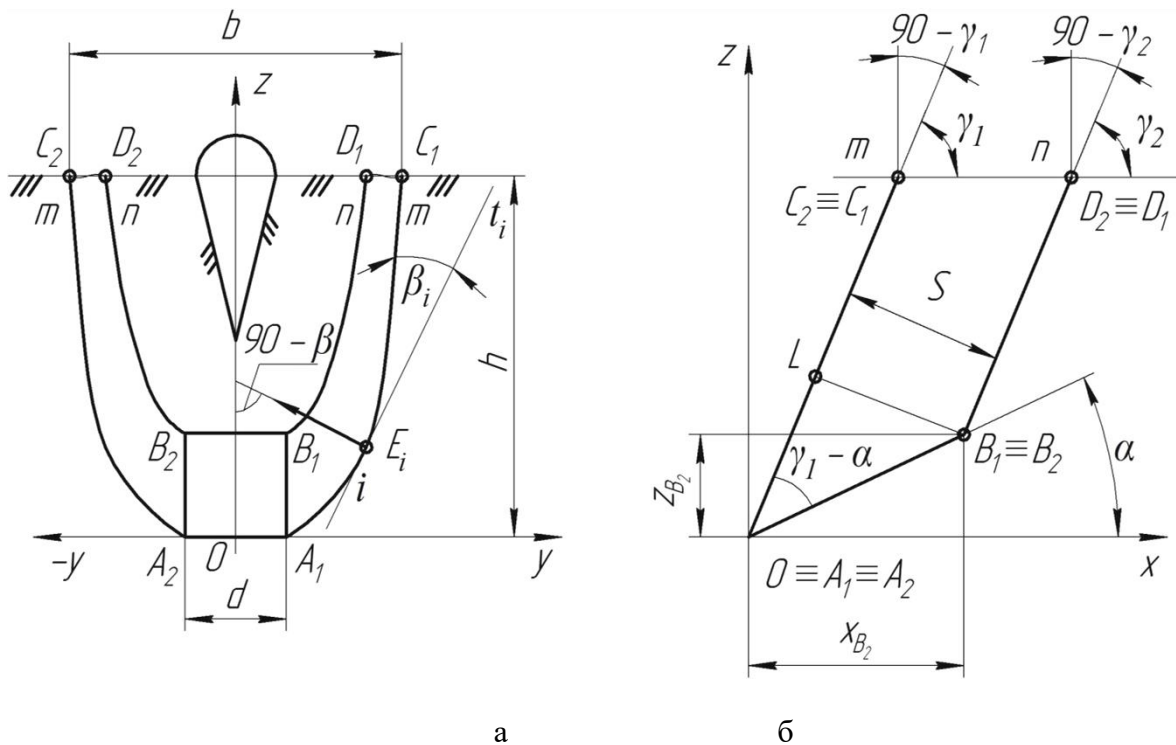


Рис. 1 – Схема утворення поверхні робочого органу для викопування коренеплодів:  
а – в поперечно-вертикальній площині; б – в поздовжньо-вертикальній площині

Таке зниження забезпечується зменшенням кута  $\beta$ , тому що відповідно до рисунку (1, а):

$$(Oz, \hat{N}) = 90^\circ - \beta.$$

У зв'язку з тим що тангенс кута  $\beta$  дорівнює похідній функції  $y_1 = F_1(z_1)$  по координаті  $z$ :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{dy}{dz} = \frac{dF_1(z_1)}{dz_1},$$

прийемо зменшення кута  $\beta$  пропорційно координаті  $y$  і прийдемо до диференційного рівняння зміни кута нахилу дотичної:

$$\frac{dy}{dz_1} = -k_1 y_1. \quad (1)$$

Розділивши змінні і провівши інтегрування рівняння (1) отримаємо:

$$\ln y_1 = -k_1 z_1 + C,$$

або в кінцевому результаті:

$$y_1 = C \cdot e^{-k_1 z_1}, \quad (2)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, що визначає швидкість зміни кривини направляючої

Для того щоб забезпечити проходження направляючої через точку  $A_1$  і асимптотичне наближення до вертикальної кривої у точки  $C_1$ , запишемо вираз (2) в наступному вигляді, виражаючи постійну інтегрування через координати точок  $A_1$  і  $C_1$ :

$$y_1 = y_{A_1} + y_{C_1} \left(1 - e^{-k_1 z_1}\right), \quad (3)$$

де  $y_{A_1}$  і  $y_{C_1}$  – відповідно координати точок  $A_1$  і  $C_1$ .

Так як  $y_{A_1} = 0,5d$ ,  $y_{C_1} = 0,5b$  то вираз (3) прийме вигляд:

$$y_1 = 0,5 \left[ d + b \left(1 - e^{-k_1 z_1}\right) \right].$$

Коефіцієнт зміни кривини направляючої  $k_1$  визначимо наступним чином. Із точки  $A_1$  проведемо дотичну  $t_0$  під кутом  $\mu$  який дорівнює половині кута при вершині коренеплоду, до осі  $Oy$ . Дотична  $t_0$  буде відсікати на прямій  $C_1$  відрізок  $T_1$  (рис. 2, а). Відповідно до [6] можна записати:

$$k_1 = \frac{1}{T_1}.$$

В свою чергу, положення дотичної  $t_0$  до осі  $Oz$  в точці  $A_1$  визначається кутом,  $\beta_A = \beta_o = 90^\circ - \mu$ , тому можна записати:

$$T_1 = (y_{C_1} - y_{A_1}) \cdot \operatorname{tg}(\mu) = 0,5(b - d) \cdot \operatorname{tg} \mu,$$

де  $\mu$  – кут між початковою дотичною  $t_0$  і віссю  $Oy$ .

Тоді коефіцієнт зміни кривини напрямної кривої  $m$  буде дорівнювати:

$$k_1 = \frac{2}{(b - d) \operatorname{tg} \mu}.$$

В результаті рівняння направляючої можна записати в наступному вигляді:

$$y_1 = 0,5 \left\{ d + b \left[ 1 - e^{-\frac{2z_1}{(b-d)\operatorname{tg}\mu}} \right] \right\}.$$

В поздовжньо-вертикальній площині  $Oxz$  направляюча крива  $m$  буде

зображена у вигляді прямої лінії, що проходить через початок координат (рис. 1, б):

$$x_1 = k_{11} \cdot z_1,$$

де  $k_{11}$  – тангенс кута нахилу проекції твірної до осі  $Oz$ ,

$$k_{11} = \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma_1).$$

Так як  $\gamma_{11} = 90^\circ - \gamma_1$ , то

$$x_1 = z_1 \operatorname{ctg} \gamma_1 + 0,5d. \quad (4)$$

При розпушуванні ґрунту виникають напрямки ковзання по яким поширюються тріщини. Основне розпушення ґрунту відбувається під дією леміша, тому потрібно забезпечити розпушення в сторону поверхні поля інакше не розпушений ґрунт буде перешкоджати виштовхуванню коренеплодів на денну поверхню поля. Тому кут  $\gamma_1$  вибираємо із умови, коли один із напрямків ковзання  $H_1$  і  $H_2$  направлений по поверхні поля [7].

З цією метою розглянемо дію сил в точці  $C_1$  (рис. 2, б). В точці  $C_1$  діє повна реакція  $R$ , яка відхиляється від нормалі  $N_c$  на кут зовнішнього тертя  $\varphi_1$ . Відносно повної реакції  $R$  на кут  $\pm \frac{\varphi_2}{2}$ , де  $\varphi_2$  – кут внутрішнього тертя, поширюються напрямки ковзання  $H_1$  і  $H_2$  [7, 8]. Розпушення ґрунту на поверхні поля буде тоді, коли напрям ковзання  $H_2$  буде співпадати з поверхнею поля [9].

У цьому випадку отримаємо значення кута  $\gamma_1$ :

$$\gamma_1 = 90^\circ - \varphi_1 \pm \frac{\varphi_2}{2}.$$

Таким чином остаточно рівняння (4) буде мати вигляд:

$$x_1 = \operatorname{ctg} \left( \varphi_1 + \frac{\varphi_2}{2} \right) z_1.$$

Рівняння напрямної кривої  $n$  у поперечно-вертикальній площини  $Ouz$  знайдемо із тих же міркувань, що і для напрямної  $m$ .

Для визначення коефіцієнта зміни кривини  $k_{12}$  визначимо довжину відрізка  $T_2$ :

$$T_2 = 0,5(b_1 - d) \operatorname{tg} \mu_2, \quad (5)$$

де  $b_1$  – відстань між точками  $D_1$  і  $D_2$  (рис. 2, а), мм;

$\mu_2$  – кут нахилу дотичної до направляючої кривої  $n$  у початковій точці (рис. 2, а), град.

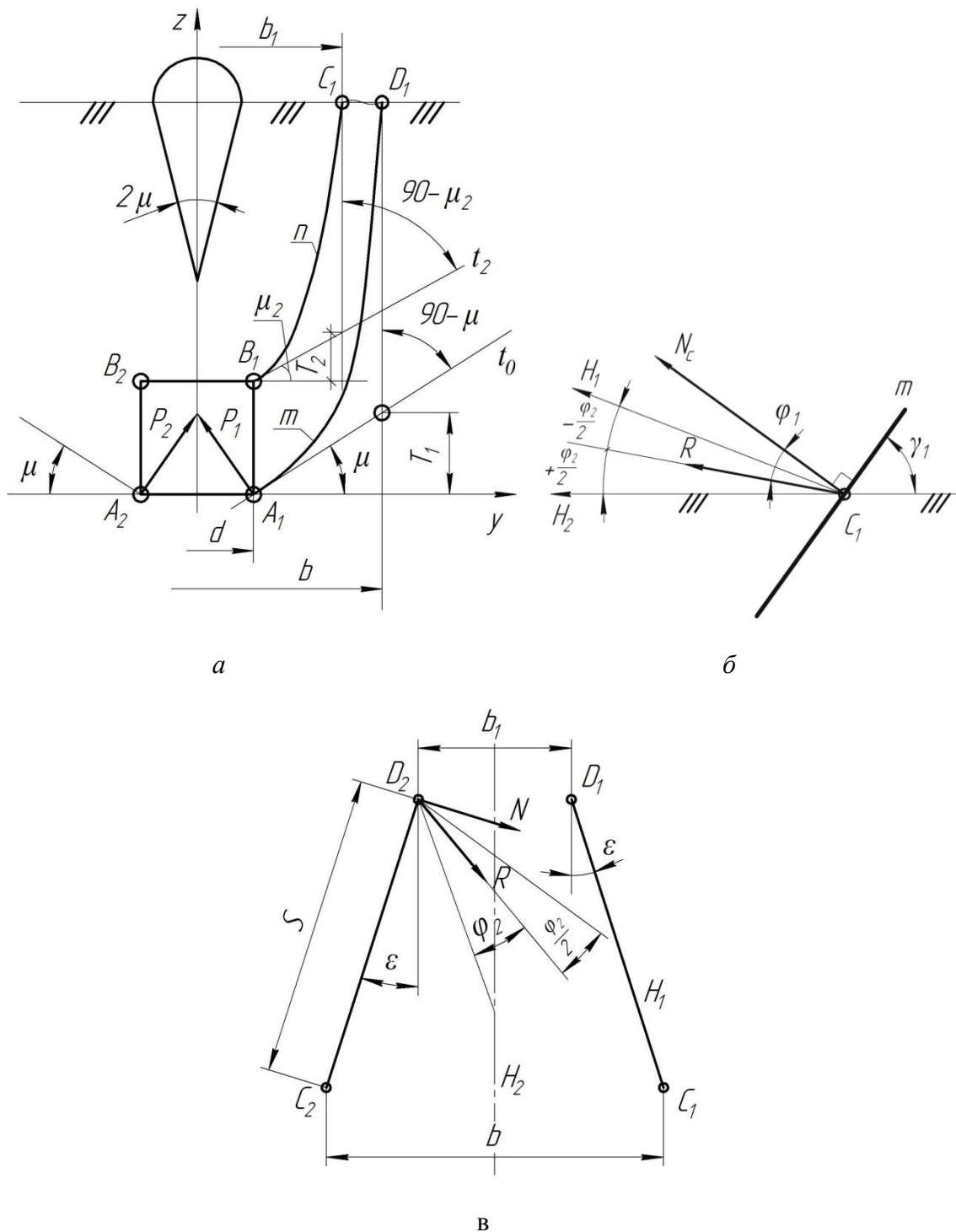


Рис. 2 – Схема до обґрунтування параметрів направляючих: *a* – в поперечно-вертикальній площині; *б* – в поздовжньо-вертикальній площині; *в* – в плані

Відстань між точками  $D_1$  і  $D_2$  визначимо із тих міркувань, що на поверхні поля ґрунт повинен розпушуватись. У цьому випадку у відповідності з рисунком 2,  $\epsilon$  значення кута розхилу бокових поверхонь робочого органу повинно бути менше значення кута внутрішнього тертя, тобто:

$$\epsilon \leq \frac{\varphi_2}{2}.$$

Тоді напрям ковзання  $H_1$  буде проходити між точками  $D_1$  і  $C_1$ .

У цьому випадку відстань між точками  $D_1$  і  $D_2$  буде дорівнювати:

$$b_1 = b - 2 \cdot s \cdot \cos \varepsilon, \quad (6)$$

де  $s$  – ширина бокової поверхні робочого органу, мм.

Враховуючі вирази (5) і (6) запишемо рівняння для направляючої кривої  $n$  у поперечно-вертикальній площині:

$$y_2 = 0,5 \left\{ d + (b - 2 \cdot s \cdot \cos \varepsilon) \left[ 1 - e^{-\frac{2z_2}{(b-2 \cdot s \cdot \cos \varepsilon) \operatorname{tg} \mu_2}} \right] \right\}.$$

Рівняння направляючої  $n$  в поздовжньо-вертикальній площині  $Ox$  запишемо як рівняння прямої, яка проходить через точку  $B_1$ :

$$x_2 - x_{B_2} = k_{22} (z_2 - z_{B_2}), \quad (7)$$

де  $x_{B_2}, z_{B_2}$  – координати точки  $B_2$ ;

$k_{22}$  – тангенс кута нахилу проекції напрямної кривої  $n$  до осі  $Oz$ ,

$$k_{22} = \operatorname{tg} (90^\circ - \gamma_2) = \operatorname{ctg} \gamma_2.$$

Із трикутника  $OLB_2$  (рис. 1, б) маємо:

$$OB_2 = \frac{s}{\sin(\gamma_1 - \alpha)},$$

де  $\alpha$  – кут нахилу проекції твірної  $n$  до осі  $Ox$ , град.

Тоді значення координати  $x$  точки  $B_2$  буде мати вигляд:

$$x_{B_2} = \frac{s \cdot \cos \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)}. \quad (8)$$

У свою чергу координата  $z$  точки  $B_2$  буде визначатись таким чином:

$$z_{B_2} = \frac{s \cdot \sin \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)}. \quad (9)$$

Таким чином, враховуючі вирази (8) і (9) рівняння (7) буде мати наступний вигляд:

$$x_2 = \operatorname{ctg} \gamma_2 \left[ z_2 - \frac{s \cdot \sin \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)} \right] + \frac{s \cdot \cos \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)}. \quad (17)$$

В результаті можемо записати значення функцій, що входять в модель поверхні скоби викопуючого робочого органу типу «скоба»:

$$f_1(z_1): \quad x_1 = \operatorname{ctg} \left( \varphi + \frac{\varphi_2}{2} \right) z_1,$$

$$F_1(z_1): \quad y_1 = 0,5 \left[ d + b \left( 1 - e^{-\frac{2z_1}{(b-d)\text{ctg}\mu}} \right) \right],$$

$$f_2(z_2): \quad x_2 = \text{ctg}\gamma_2 \cdot \left( z - \frac{S \cdot \sin \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)} \right) + \frac{S \cdot \cos \alpha}{\sin(\gamma_1 - \alpha)},$$

$$F_2(z_2): \quad y_2 = 0,5 \left\{ d + (b - 2 \cdot \sin \varepsilon) \left[ 1 - e^{-\frac{2z_2}{(b_1-d)\text{ctg}\mu_2}} \right] \right\}.$$

Підставляючи вирази  $x_1 = f_1(z_1)$ ,  $y_1 = F_1(z_1)$ ,  $x_2 = f_2(z_2)$ ,  $y_2 = F_2(z_2)$  до рівнянь побудові шаблонів каркаса поверхні робочого органу, що буде утворюватися прямолінійними твірними [5] і отримаємо каркас поверхні для кожного конкретного випадку і умов роботи копача коренеплодів.

### Список використаних джерел

1. Тищенко С.С. Обобщенная геометрическая модель адаптивной поверхности рабочего органа почвообрабатывающей машины / С.С. Тищенко, Б.А. Волик // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь, 2001. – Вип. 2. – С. 39–44.
2. Кривошапко С.Н. Торсовые поверхности и оболочки: Справочник. / С.Н. Кривошапко. – М.: Изд-во УДН, 1991. – 287 с.
3. Тищенко С.С. Изучение динамических характеристик отвальных рабочих органов почвообрабатывающих машин / С.С. Тищенко, В.А. Дубровін // Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinney. – Warszawa, 2002. – s. 385–389.
4. Пат. № 49323 Україна, МПК А 01D 25/00. Викопувальний орган коренезбиральної машини / Кобець А.С., Сокол С.П., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М.; Дніпропетровський ДАУ. – № u2009 11390; заявл. 09.11.2009; опубл. 26.04.2010, Бюл. № 8.
5. Сокол С. П. Геометрична модель робочої поверхні копача коренеплодів / С. П. Сокол // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту с.г. ім. П.М. Василенка. – 2015. – Вип. 159. – С. 176–180.
6. Ключев А.С. Автоматическое регулирование /А.С. Ключев / – М.: Энергия. – 1979. – 392 с.
7. Бауков А.В. Использование методов механики сплошных сред при проектировании рыхлительных рабочих органов культиваторов / А.В. Бауков, А.С. Кушнарєв // Вопросы механизации сельского хозяйства. – Мелітополь. 1971. – Т. XVII. – с. 17–32.
8. Пигулевский М.Х. Технологические процессы в почве при ее обработке / М.Х. Пигулевский. – П.: 1916. – 220 с.
9. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А.Н. Панченко. – Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.

## Аннотация

### ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОПАЧА КОРНЕПЛОДОВ

Сокол С. П.

*Предложенная модель позволяет построение поверхности выкапывающего рабочего органа по заданным законам распределения образующих*

## Abstract

### PARAMETERS SUBSTANTIATION OF THE WORKING SURFACE OF ROOT CROPS HARVESTER

S. Sokol

*Offered model of the working surface of digging equipment that allows to execute its construction on the set law of formative distribution.*

УДК 631.362

### ВПЛИВ КРИВИЗНИ РЕШЕТА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ГОРОХУ ВІД ЙОГО ПОЛОВИНОК

**Бакум М. В., к.т.н., проф., Крекот М. М., к.т.н., доц.,  
Михайлов А. Д., к.т.н., доц., Абдуєв М. М., к.т.н., доц., Циба М. В., асист.,  
Басов О. І., інж.**

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка*

*Наведені результати експериментальних досліджень впливу основних параметрів решітних сепараторів на ефективність очищення насіння гороху від його половинок. Підтверджено збільшення повноти розділення на криволінійному решеті на 20,94%.*

**Постановка задачі.** При збиранні гороху від механічної дії робочих органів зернозбиральних комбайнів частина гороху розділюється на дві половинки. Їх кількість залежить як від технічного стану зернозбирального комбайна та параметрів його роботи, так і від сорту гороху та його стану.

Наявність половинок гороху знижує його товарність та тривалість зберігання. Так як половинки практично не мають схожості, то в посівному матеріалові високої якості їх теж не повинно бути. Тому однією із задач післязбиральної обробки насінневих сумішей гороху є відокремлення половинок гороху, які є цінним компонентом комбікормів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Половинки гороху відрізняються від цілого насіння за розмірами лише по товщині. Тому на