

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОШНИКА СІВАЛКИ-КУЛЬТИВАТОРА

**Роман Гевко<sup>1</sup>, Олег Ляшук<sup>1</sup>, Юрій Павельчук<sup>2</sup>**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя<sup>1</sup>,  
м. Тернопіль

Подільський державний аграрно-технічний університет<sup>2</sup>, м. Кам'янець-Подільський  
[kaf\\_th@tntu.edu.ua](mailto:kaf_th@tntu.edu.ua), [yuriy3372@gmail.com](mailto:yuriy3372@gmail.com)  
<https://doi.org/10.37406/sXXIcp.2021.v2.44>

### Вступ

Працівники господарств особливу увагу приділяють подальшому виробництву зерна за рахунок значного підвищення врожайності всіх зернових культур і особливо найбільш цінної продовольчої культури озимої пшениці. В Указах Президента підкреслюється, що прискорене і стійке нарощування виробництва зерна є ключовою проблемою в сільському господарстві. Тому насамперед необхідно підняти врожайність зернових культур. В зв'язку з цим на нову ступінь повинні бути підняті не тільки якість машин, що випускаються машинобудівними заводами України, але й ефективність їх використання і технологія виробництва з переведенням її на промислову основу. Необхідно широко застосовувати ґрунтозахисні, ресурсощадні та екологічні інтенсивні технології вирощування зернових культур

Широке впровадження мінімальних технологій, дозволяє знизити витрати на одиницю продукції рослинництва, при суворому дотриманні якості посіву. Вплив зміни параметрів (зношування) робочих органів (стрілчастих лап) у процесі роботи на агротехнічні показники, і в кінцевому результаті, на врожай, що призведе до більшої дієвості.

Вивченню впливу зміни параметрів робочих органів ґрунтообробних машин-знарядь на показники роботи присвячено багато досліджень. Однак отримані результати неоднозначні. У зв'язку з цим виникає необхідність дослідження впливу параметрів стрілчастої лапи на енергетичні та агротехнічні показники посіву при мінімальних технологіях.

Зменшення енергетичних витрат машинного агрегату у процесі висівання зернових культур є суттєвою проблемою. Їх зменшення дає можливість заощадити пально-мастильні матеріали, збільшити площу посіву за один прохід агрегату за рахунок збільшення кількості сошників при однаковому розмірі вихідного отвору, заощадити час проведення польових робіт.

Основною складовою, що визначає енергетичні витрати на висівання, є тягове зусилля, яке передається від сіялки до рушійного механізму, наприклад, трактора. Тягове зусилля визначається силою опору лапи сіялки при її проходженні у ґрунті на заданій глибині.

У відомих літературних джерелах [1, 8, 10] достатньо ґрунтовно описано взаємодію різальної поверхні у формі клина з різними видами ґрунту. Наведено наближені розрахункові формули, які придатні для використання з сухими чи вологими, твердими чи розпушеними ґрунтовими середовищами. Досліджувалась залежність сил різання ґрунту від кута підйому робочої поверхні для різних типів ґрунтів. Також певною мірою розглядалися питання впливу кута розкриття екстирпаторної лапи на видалення ґрунту та кореневих залишків при культивуванні

грунту.

Проте, недостатньо уваги приділялось дослідженню впливу кута розкриття екстирпаторної лапи сошника сівалки на величину тягового зусилля, а також можливої зміни форми з метою зменшення енергетичних показників без погіршення якісних параметрів для основного її призначення - висівання зернових культур.

**Розділ 1.**

З метою визначення енергетичних характеристик процесу висівання розглянемо зусилля, що діють на сошник [2, 9] зі сторони ґрунту (рис. 1).

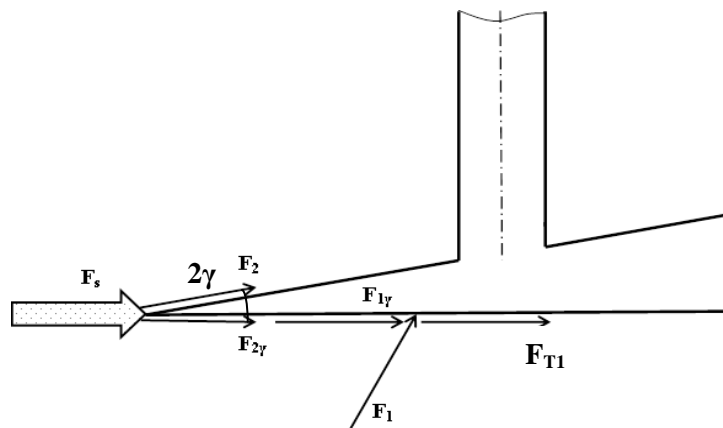


Рис. 1. Сили, що діють на сошник зі сторони ґрунту:

$F_s$  – сумарна сила опору ґрунту рухові стрілкового сошника;  $F_2$  – сила тертя ґрунту по поверхні клина;  $F_{2γ}$  – проекція сили  $F_2$  на напрямок руху сошника;  $F_1$  – сила опору зрізання ґрунту в напрямку, перпендикулярному лезу сошника;  $F_{1γ}$  – проекція сили  $F_1$  на напрямок руху сошника;  $F_{T1}$  – сила тертя ґрунту до підшви сошника.

На підшву сошника діє сила вертикального тиску від привідного механізму. З метою проведеного дослідження зробимо припущення, що силу тиску можна вважати сталою і залежною від площі підшви.

Тобто існує певний сталий питомий тиск на поверхню підшви сошника, який залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту та глибини висіву насіння. При цьому виникає значна сила тертя ґрунту об підшву, направлена проти руху лапи сошника. Її величина визначається коефіцієнтом тертя ґрунту по сталі і може бути визначена залежністю

$$F_{T1} = \mu p S_{\Pi} \tag{1}$$

де  $\overline{p}$  - питомий тиск лапи на ґрунт;

$\overline{\mu}$  - коефіцієнт тертя;

$S_{\Pi}$  - площа поверхні підшви лапи сошника, яка визначається за формулою

$$S_{\Pi} = A \cdot B = \frac{B^2}{\text{tg } \gamma},$$

де:

$A$  – довжина сошника;

$B$  – робоча ширина захвату сошника;

$2\gamma$  – двогранний кут при вершині культиваторної лапи.

Друга складова сили опору - це сила, що протидіє розрихленню ґрунту сошником і визначається конструкцією переднього кута клина лапи сошника [1, 3, 9]. Як правило, сівба іде по попередньо обробленій поверхні ґрунту, тому вказана сила не набуватиме максимально можливих значень, як це впливає з досліджень, з врахуванням фізико-механічних характеристик важких та цілинних земель.

Величина сили опору різанню ґрунту  $\overline{F}_1$  у напрямку, перпендикулярному до різального леза сошника, може бути записана у вигляді:

$$\overline{F}_1 = \beta L = \beta \frac{B}{\sin \gamma} \quad (2)$$

де  $\overline{L}$  - довжина клинового леза лапи сошника;

$\overline{\beta}$  - питома сила опору, що діє на лапу сошника перпендикулярно до леза у напрямку, паралельному поверхні ґрунту, віднесена до одиниці довжини леза.

Припускаємо, що її величина є сталою і визначається фізико-механічними характеристиками ґрунту та конструкцією лапи сошника.

Проекція сили  $F_1$  на напрямок руху сошника запишеться у вигляді

$$\overline{F_{1v}} = F_1 \sin \gamma. \quad (3)$$

Інша складова зусилля різання визначається силою тертя ґрунту по клиновій поверхні, яка залежить від кута підйому клина  $\overline{\alpha}_1$  і коефіцієнта тертя  $\overline{\mu}$ . З врахуванням зміни ефективного кута підйому клина  $\overline{\alpha}_2$ , що визначається залежністю [1, 3, 4, 5]

$$\overline{\operatorname{tg} \alpha_2} = \operatorname{tg} \alpha_1 \sin \gamma \quad (4)$$

силу тертя ґрунту по поверхні клина можна виразити залежністю

$$\overline{F_2} = \sigma L \mu \operatorname{tg} \alpha_2 = \sigma L \mu \operatorname{tg} \alpha_1 \sin \gamma, \quad (5)$$

де  $\overline{\sigma}$  - питома сила тиску на поверхню клина.

Проекція сили  $\overline{F_2}$  на напрямок руху сошника, аналогічно (3), становитиме

$$\overline{F_{2v}} = F_2 \sin \gamma. \quad (6)$$

Відповідно, сумарна сила опору рухові сошника  $\overline{F_s}$  дорівнює сумарній силі опорів (1), (3) і (6)

$$\begin{aligned} \overline{F_s} &= F_{T1} + F_{1v} + F_{2v} = \mu p S_n + F_1 \sin \gamma + F_2 \sin \gamma = \mu p S_n + \beta \frac{B}{\sin \gamma} \sin \gamma + \sigma L \mu \operatorname{tg} \alpha_1 \sin \gamma = \\ &= \mu p S_n + \sigma L \mu \operatorname{tg} \alpha_1 \sin \gamma + \beta B = \mu p \frac{B^2}{\operatorname{tg} \gamma} + \sigma L \mu \operatorname{tg} \alpha_1 \sin \gamma + \beta B. \end{aligned}$$

Виходячи з формули (2) одержуємо:

$$\overline{F_s} = \mu p \frac{B^2}{\operatorname{tg} \gamma} + 2B[\beta + \sigma \mu \operatorname{tg} \alpha_1 \sin \gamma]. \quad (7)$$

Подвоєний останній доданок записаний з врахуванням наявності двох лез, симетрично розташованих на сошнику.

Дослідимо вплив кута розкриття сошника  $\overline{\gamma}$  на величину тягового зусилля. Очевидно, що необхідно створити таку конструкцію сошника, щоб тягове зусилля

було мінімізоване [1, 6]. Для дослідження залежності (7) проведемо числове моделювання та побудуємо графік зміни сили опору від кута розкриття сошника. Решту параметрів, що входять до виразу (7), зафіксуємо у межах реально існуючих величин, які представлені у таблиці 1. З метою якісного аналізу та простоти числового експерименту значення параметрів заокруглені до типових значень.

Результат числового моделювання представлено на рис. 2. Аналіз отриманого графіка свідчить, що з метою зменшення тягового зусилля при всіх інших сталих величинах, існує необхідність використання кута розкриття сошника  $\beta$  з максимально можливим значенням, аж до 90 градусів.

Таблиця 1

**Числові значення величин, застосованих для розрахунку сили опору**

Параметр	Значення	Одиниця вимірювання
$B$	0,1	м
$\alpha_1$	30	град
$\mu$	0,8	—
$\beta$	1000	Н/м
$\sigma$	500	Н/м
$p$	10000	Н/м <sup>2</sup>

Проте, таке значення кута має певні недоліки.

По-перше, це негативно впливає на процес очищення сошника під час руху від налипання ґрунту та частинок рослинності, які в ньому знаходяться.

По-друге, збільшення кута  $\gamma$  зменшує поздовжній розмір сошника  $A$ , а це, в свою чергу, зменшує можливість сошника рівномірно підводити та розсіювати зерновий посівний матеріал.

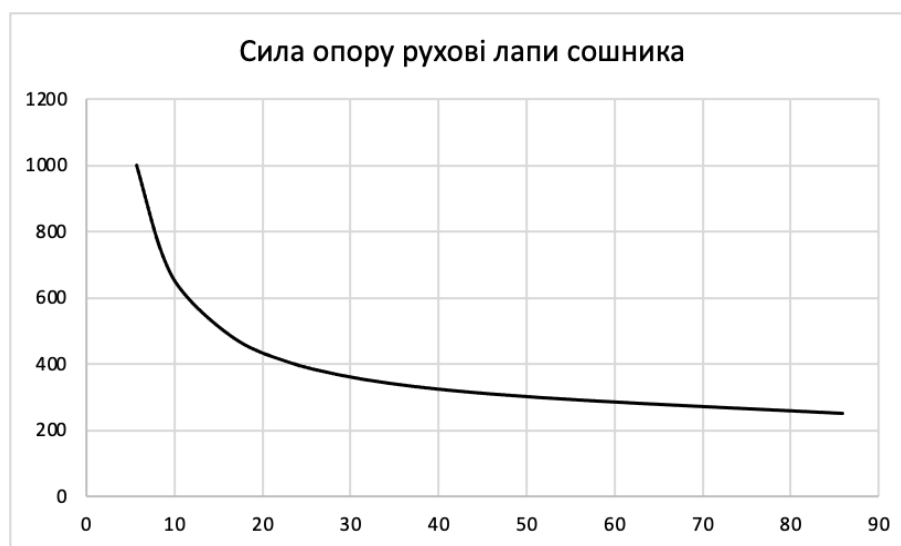


Рис. 2. Залежність розрахункової сили опору рухові сошника від кута розкриття сошника  $\beta$ .

Величина тягового зусилля, як видно з рис. 2, незначно змінюється у діапазоні кутів від 40 до 90 градусів (325 Н - 250 Н).

Тому, з аналізу графіка (рис. 2) можна зробити висновок, що оптимальним значенням кута розкриття сошника  $\beta$  є величина у межах 40 - 60 градусів, що сприяє

самоочищенню [1, 9] та дає достатньо місця всередині лапи сошника для утворення каналів, по яких проходить насінневий матеріал.

Значення кута розкриття  $\beta$ , яке менше 40 градусів, є недоцільним внаслідок значного зростання довжини лапи сошника, збільшення площі, а відповідно, і сили тертя, збільшення маси та матеріалоемності лапи. Кути, більші ніж 60 градусів, не сприяють самоочищенню робочого органа та зменшують можливість оптимально розмістити насіннепроводи всередині конструкції лапи. Це може потребувати додатково видовжувати лапу сошника, що збільшуватиме площу контакту з ґрунтом.

### Розділ 2.

З метою уникнення вказаних вище недоліків, що характерні для кутів, більших 60 градусів, який у плані має вигляд сектора круга, а різальне лезо має кругову кромку [1, 7, 8, 10].

Вказана конструкція лапи сошника, на відміну від трикутної, дає можливість збільшити поздовжній розмір  $A$  і не заважати її самоочищенню за рахунок відкидання ґрунту по круговій кромці. Запропонований варіант лапи сошника зображений на рис. 3.

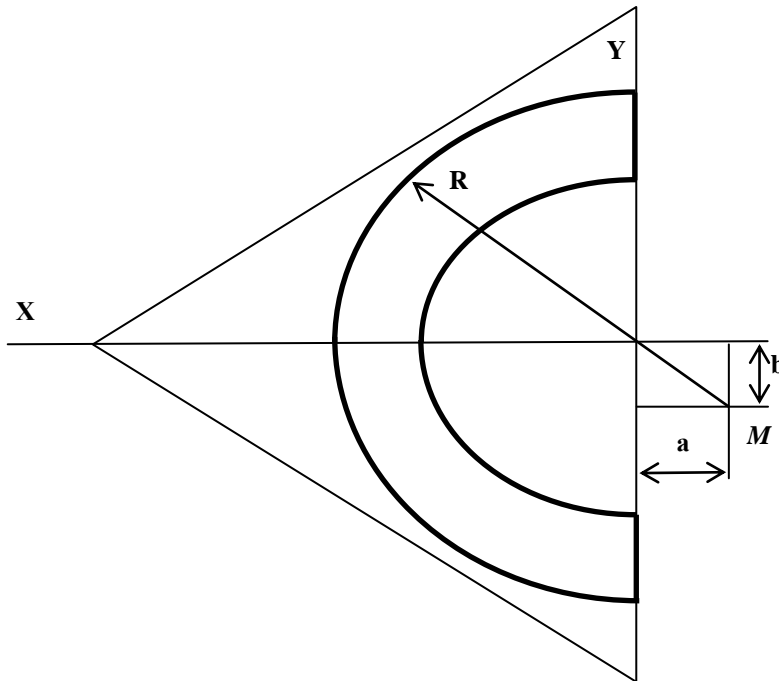


Рис. 3. Оптимальний варіант профілю лапи сошника

Розрахуємо зусилля, що діятимуть на лапу, прийнявши попередню схему навантажень, але розподіливши його на елементарні частинки кругового леза.

Першим доданком у формулі (7) є сила тертя [1, 2, 3], яка пропорційна площі підшви лапи сошника. Для обчислення площі розглянемо рис. 4, на якому зображено у декартовій системі координат сектор, обмежений осями  $OX$  та  $OY$ .

Центр кола, що описує різальну кромку лапи, розміщений у точці  $M$  з координатами  $(-b, -a)$ .

Рівняння кола радіуса  $R$  з центром у вказаній точці має вигляд

$$(x + b)^2 + (y + a)^2 = R^2. \quad (8)$$

Для визначення площі сектора, а саме площі підшви сошника необхідно

проінтегрувати рівняння кола в межах, що задаються заштрихованим сектором. Точка перетину кола з віссю абсцис  $Ox$  визначаємо, за умови запису рівняння осі  $Ox$  у вигляді  $y = 0$ .

Одержимо

$$\begin{aligned} (x+b)^2 + (0+a)^2 &= R^2, \\ (x+b)^2 &= R^2 - a^2. \end{aligned}$$

Отримане квадратне рівняння відносно координати  $x$ , розв'язуємо застосовуючи форму розв'язку зведеного квадратного рівняння

$$\begin{aligned} x^2 + 2xb + b^2 &= R^2 - a^2, \\ x^2 + 2xb + b^2 - R^2 + a^2 &= 0. \end{aligned}$$

Замінемо

$$\begin{aligned} R^2 - a^2 - b^2 &= t, \\ x^2 + 2xb - t &= 0. \end{aligned}$$

звідси:

$$x_{1,2} = b \pm \sqrt{b^2 + t} = b \pm \sqrt{b^2 + R^2 - a^2 - b^2} = b \pm \sqrt{R^2 - a^2}$$

Звідси отримуємо координату  $x_0$

$$x_0 = \sqrt{R^2 - a^2} - b. \tag{9}$$

На рис. 3 показано оптимальний варіант профілю лапи сошника у вигляді кругового сектора з центром у точці  $M(a, e)$ , який обмежений кругом радіусом  $R$ .

Площу такого сектора  $S_r$  визначаємо через визначений інтеграл у межах інтегрування від 0 до шуканої координати  $x_0$ , а саме

$$S_r = \int_0^{x_0} [\sqrt{R^2 - (x+b)^2} - a] dx. \tag{10}$$

Формула (10) є сумою двох визначених інтегралів:

$$S_r = \int_0^{x_0} \sqrt{R^2 - (x+b)^2} dx - \int_0^{x_0} a dx;$$

Насамперед визначаємо перший визначний інтеграл

$$\begin{aligned} \int_0^{x_0} \sqrt{R^2 - (x+b)^2} dx &= \int_0^{x_0} \frac{\sqrt{R^2 - (x+b)^2} \sqrt{R^2 - (x+b)^2}}{\sqrt{R^2 - (x+b)^2}} dx = \int_0^{x_0} \frac{R^2 - (x+b)^2}{\sqrt{R^2 - (x+b)^2}} dx = R^2 \int_0^{x_0} \frac{dx}{\sqrt{R^2 - (x+b)^2}} - \\ &- \int_0^{x_0} \frac{(x+b)^2}{\sqrt{R^2 - (x+b)^2}} dx = R^2 \arcsin \frac{x+b}{R} \Big|_0^{x_0} - \int_0^{x_0} \frac{(x+b)(x+b)}{\sqrt{R^2 - (x+b)^2}} dx \end{aligned}$$

Для того щоб знайти другий інтеграл, застосовуємо інтегрування по частинах, яке описуємо формулою

$$\int_a^b U dV = UV \Big|_a^b - \int_a^b V dU,$$

Одержимо на початку невизначений інтеграл

$$J = \int (x+b) \frac{(x+b)}{\sqrt{R^2 - (x+b)^2}} dx,$$

який проінтегрувавши, дасть наступний результат:

$$J = -(x+b)\sqrt{R^2 - (x+b)^2} + \int \sqrt{R^2 - (x+b)^2} dx.$$

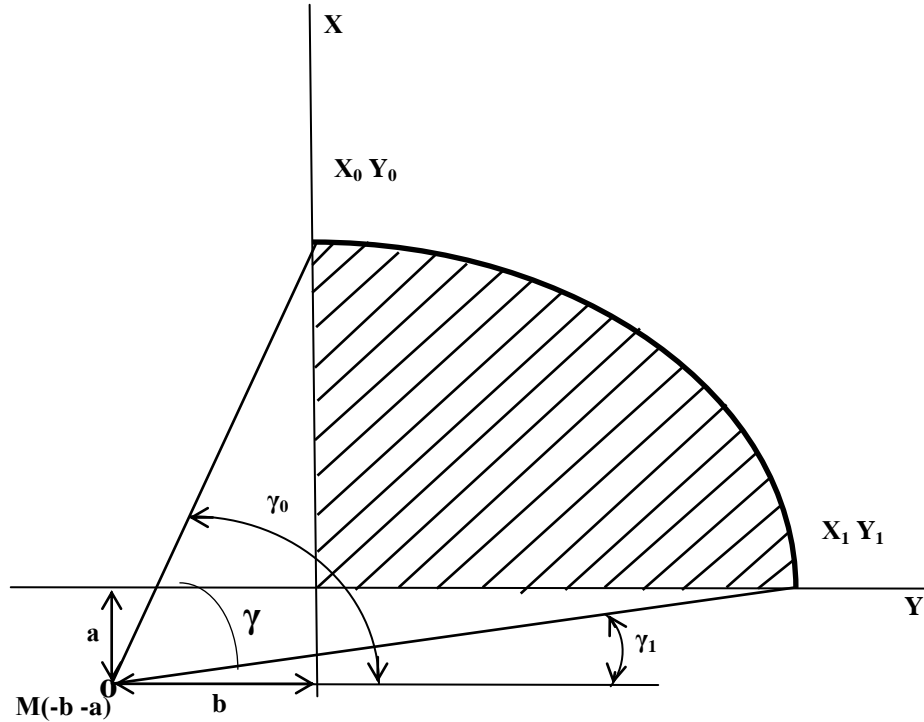


Рис. 4. Схема для визначення площі підшви сошника

Підставляємо його у початковий вираз з урахуванням означеного (визначеного) інтегрування одержимо:

$$\int_0^{x_0} \sqrt{R^2 - (x+b)^2} = R^2 \arcsin\left(\frac{R-b}{R}\right) - R^2 \arcsin\left(\frac{b}{R}\right) + x_0 \sqrt{R^2 - (x+b)^2} \int_0^{x_0} \sqrt{R^2 - (x+b)^2} dx.$$

Після визначеного інтегрування та подвоєння отримаємо вираз для визначення площі підшви лапи сошника з урахуванням координат точки  $M(-b; a)$ , а саме:

$$S_{\text{пр}} = 2ab - a\sqrt{R^2 - a^2} - b\sqrt{R^2 - b^2} + R^2 \left[ \arcsin\left(\frac{\sqrt{R^2 - a^2}}{R}\right) - \arcsin\left(\frac{b}{R}\right) \right]. \quad (11)$$

Для визначення сили опору зрізання ґрунту, використаємо наступне: перетворимо другий доданок виразу (7), а саме:

$$F_{x_1} = 2B[\beta + \sigma \mu t g \alpha_1 \sin \gamma]$$

і замінивши

$$B = L \sin \gamma,$$

де  $\gamma$  – елементарний кут нахилу круглого леза до напрямку руху, одержимо:

$$F_{x_1} = 2L \sin \gamma [\beta + \sigma \mu t g \alpha_1 \sin \gamma].$$

Елементарну силу опору  $dF$  визначаємо на малій елементарній ділянці  $dL$ , за виразом:

$$dL = R d\gamma.$$

Підставимо даний вираз у другий доданок і одержимо:

$$F = 2R \sin(\gamma) [\beta + \sigma \mu \tan(\alpha_1) \sin(\gamma)] d\gamma. \tag{12}$$

Вираз (12) описує елементарну силу, що діє на кругле лезо в точці, розміщеній під кутом  $\gamma$  до напрямку руху.

Для визначення сили опору зрізання ґрунту підшовою сошника необхідно вираз (12) про інтегрувати по куту  $\gamma$  в межах від  $\gamma_1$  до  $\gamma_2$ :

$$\int_{\gamma_1}^{\gamma_2} dF = \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} 2R \sin \gamma [\beta + \sigma \mu \tan \alpha_1 \sin \gamma] d\gamma;$$

Використовуємо для визначення даного інтеграла основні властивості та правила означеного інтегрування.

$$J = 2R\beta \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \sin \gamma d\gamma + 2R\sigma \mu \tan \alpha_1 \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \sin^2 \gamma d\gamma = -2R\beta \cos \gamma \Big|_{\gamma_1}^{\gamma_2} + 2R\sigma \mu \tan \alpha_1 \left[ \frac{\gamma}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\gamma \right] \Big|_{\gamma_1}^{\gamma_2} = 2R\beta [\cos \gamma_1 - \cos \gamma_2] + 2R\sigma \mu \tan \alpha_1 \left[ \frac{\gamma_2}{2} - \frac{\gamma_1}{2} - \frac{1}{4} \sin^2 \gamma_2 + \frac{1}{4} \sin^2 \gamma_1 \right] = 2R\beta [\cos \gamma_1 - \cos \gamma_2] + \sigma R \mu \tan \alpha_1 [\gamma_2 - \gamma_1 - \frac{1}{4} \sin 2\gamma_2 + \frac{1}{4} \sin 2\gamma_1],$$

де  $\sin 2\gamma_2 = 2 \sin \gamma_2 \cos \gamma_2$ ,  $\sin 2\gamma_1 = 2 \sin \gamma_1 \cos \gamma_1$ .

Отже, сумарну силу, яка діє на лезо та підшову сошника  $F_{2vr}$  одержимо у вигляді виразу

$$F_{2vr} = \mu p [2ab - a\sqrt{R^2 - a^2} - b\sqrt{R^2 - b^2} + R^2(\gamma_2 - \gamma_1)] + 2\beta R [\cos(\gamma_1) - \cos(\gamma_2)] + \mu \sigma R \tan(\alpha_1) [\gamma_2 - \gamma_1 - \frac{1}{4} \sin 2\gamma_2 + \frac{1}{4} \sin 2\gamma_1] \tag{13}$$

У виразі (13) кути меж інтегрування визначаються за формулами, що впливають із рис. 3 і 4

$$\gamma_2 = \arcsin \left( \frac{\sqrt{R^2 - a^2}}{R} \right), \tag{14}$$

$$\gamma_1 = \arcsin \left( \frac{b}{R} \right).$$

При конструюванні півкруглої лапи сошника [1 - 7] задаємося її шириною  $2B$ , координатою центра кола  $b$  та кутом  $\gamma_1$ , який визначається дотичною до кола в точці максимального розміру. Решта параметрів сошника розраховуємо за формулами:

$$R = (B + b) / \cos(\gamma_1); \tag{15}$$

$$a = R \sin(\gamma_1); A = R \sin(\gamma_2) - a.$$

З метою порівняння результатів розрахунку для трикутної та напівкруглої лап сошника сівалки використаємо такі ж значення розрахункових величин, які записані у таблиці 1. Додатково задаємося величиною  $b = 0,05$  м.

Результати розрахунку зображено на рис. 5.



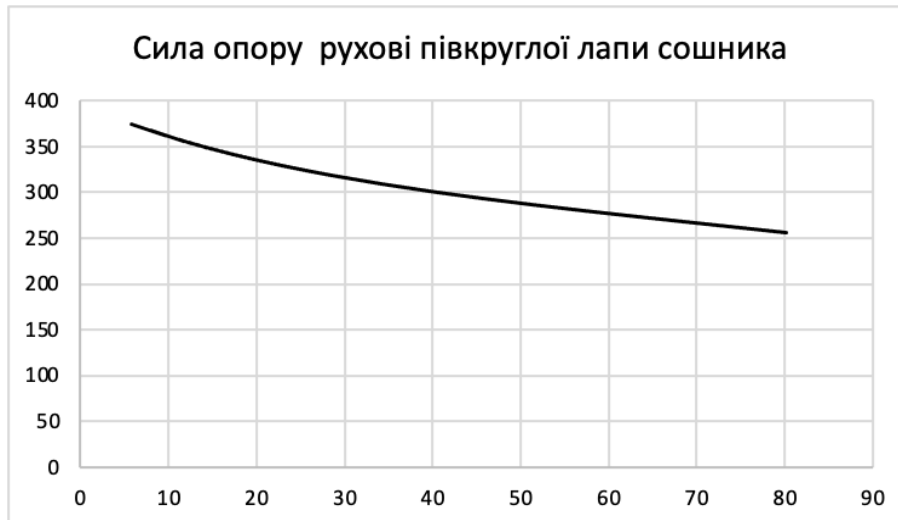


Рис. 5. Залежність розрахункової сили опору рухові напівкруглого сошника від кута  $\sqrt{V_1}$ .

Аналізуючи отриманий графік на рис. 5 видно, що розрахункові зусилля опору рухові сошника в наведеному випадку суттєво менші, особливо в зоні кутів, менших 50 градусів. Використання таких напівкруглих сошників може суттєво зменшити необхідну споживану потужність при висіванні насіннєвого матеріалу.

На рис. 6 наведено зміну поздовжнього розміру лапи сошника  $A$  для трикутної та напівкруглої форми.

Аналізуючи отриманий графік (рис. 6) видно, що застосування лапи напівкруглої форми з кутом, меншим 50 градусів дає можливість за рахунок відносно великого поздовжнього розміру легко виконати насіннєпроводи всередині лапи, зменшити зусилля її руху в ґрунті та сприяти самоочищенню лапи від налипання ґрунту.

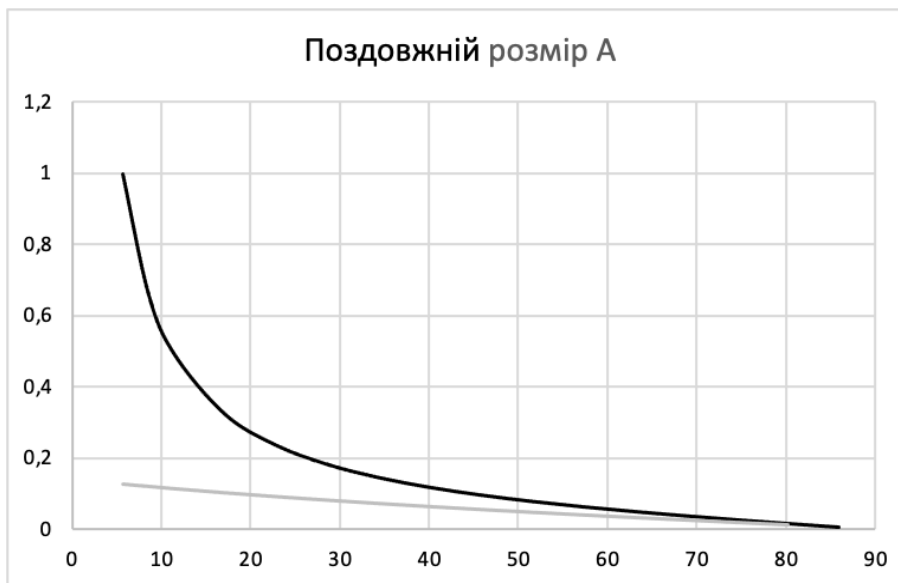


Рис. 6. Зміна розміру  $A$  від кута розкриття лапи сошника для випадку трикутної та напівкруглої форми

Тому одержані результати дають можливість розвивати науково-практичні дослідження [8, 9, 10] не тільки за науковою тематикою у рамках даної роботи, але й вийти на напрям розробки принципово нових конструкцій робочих органів посівних машин та і конкурентно спроможних машин в цілому для аграрного сектора України.

### **Висновки**

Проведені теоретичні дослідження оптимальних параметрів сошника дали змогу отримати наступні результати:

- існує певний сталий питомий тиск на поверхню підошви сошника, який залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту та глибини висіву насіння;
- зусилля опору рухові сошника, конструктивні параметри якого ми одержали теоретично, суттєво менші, особливо в зоні кутів менших ніж 50 градусів;
- на основі теоретичних досліджень була розроблена математична модель і методика розрахунку та проведено розрахунок параметрів відбивача, які мають забезпечувати максимальну дальність польоту насіння після удару його до робочої поверхні відбивача і одночасно має виключатись удар насіння до площин крил лапи.

### **Список використаних джерел**

- [1] Кленин Н. И., Саун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. Москва : Колос, 1994. 751 с.
- [2] Синееков Г. Н., Панов И. М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. Москва : Машиностроение, 1977. 328 с.
- [3] Морозов І. В. Основи теорії сільськогосподарських машин. Учбовий посібник для сільськогосподарських вузів. Харків : Оригінал, 1992. С. 5-9.
- [4] Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.
- [5] Василенко П. М., Погорельий Л. В. Основы научных исследований: Механизация сельского хозяйства. Київ : Высшая школа, 1985. 265 с.
- [6] Василенко П. М., Бабий П. Т. Культиваторы: Конструкция, теория и расчет. Київ : Укр. акад. с.-х. наук, 1961. 239 с.
- [7] Волков В. А. Приближенный расчет движения тел в сопротивляющейся среде. Москва : ЦБТИ тракт. и с.-х.машиностроения, 1959. 17с.
- [8] Гевко Б.М., Лящук О.Л., Павельчук Ю.Ф. та ін. Технологічні основи проектування та виготовлення посівних машин: колективна монографія. Тернопіль : Вид. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 238 с.
- [9] Павельчук Ю.Ф. Обґрунтування параметрів сошників для сівби зернових культур підґрунтово-розкидним способом: Дис. ... канд. тех. Наук : 05. 05. 11. Вінниця, 2009. 261 с.
- [10] Гевко Б. М., Матвійчук А. В., Артюхов А. М., Павельчук Ю. Ф. Теоретичні основи машинобудування : навчальний посібник. Тернопіль : Крок, 2011. 205 с.