

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 631.331.1.024.2

**Гевко Р. Б.**

*д.т.н., професор*

*кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин*

*Факультет інженерії машин, споруд та технологій*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

*Тернопіль, Україна*

*E-mail : kaf\_th@tntu.edu.ua*

**Рудь А.В.**

*к.т.н., професор*

*кафедра агроінженерії і системотехніки*

*Інженерно-технічний факультет*

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

*Кам'янець-Подільський, Україна*

*E-mail : anatoliyrudj@gmail.com*

**Павельчук Ю.Ф.**

*к.т.н., доцент*

*кафедра агроінженерії і системотехніки*

*Інженерно-технічний факультет*

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

*Кам'янець-Подільський, Україна*

*E-mail : Yuriy3372@gmail.com*

### ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ СТРІЛЬЧАСТОГО СОШНИКА НА ПОКАЗНИКИ ЙОГО РОБОТИ

#### *Анотація*

*У статті пропонується робочий орган сівалок для підгрунтового-розкидної сівби зернових культур типу стрілкової лапи з параметрами робочих органів культиватора для передпосівної культивування ґрунту, що визначається однаковими умовами роботи. Аналогічні дослідження з виявлення оптимальних конструктивних параметрів стрілкової робочих органів на ґрунтах вологістю 29,9-31,0% (середня твердість ґрунту 1,41 МПа на глибині обробки 10-12 см) були проведені багатьма ученими. Вони відзначають недоліки малого кута підйому грудей лапи (подрібнення) на вологих ґрунтах, так як відбувається незадовільне підрізання пласта ґрунту і розламування його стійкою, що не забезпечує якісного подрібнення і сприяє утворенню гребнистостей.*

У результаті за тяговим опором і якістю обробки, оптимальне значення кута подрібнення має бути в межах 15...18°. Зниження питомого тягового опору відповідно до збільшення ширини захвату робочого органу пояснюється значною часткою опору, що припадає на стояк робочого органа - до 45%.

**Ключові слова:** ґрунт, робочий орган, тригранний клин, стрілчаста лапа, тяговий опір, стояк, робочі площини, глибиною розпушування, швидкістю руху, кут подрібнення.

**Вступ.** У даний час повсюди відбувається перехід до мінімальних і «нульових» технологій вирощування сільськогосподарських культур. Ці технології передбачають зменшення глибини обробітку, інтенсивності впливу на ґрунт, а також зниження кількості проходів агрегатів по полі, за рахунок поєднання декількох технологічних операцій в одній машині, наприклад, розпушування, подрібнення ґрунту, підрізання бур'янів, зароблення рослинних рештків, внесення добрив та посівів, що в загальному скорочує енергетичні і трудові затрати.

Застосування «нульових» технологій ще менш енергозатратніше у порівнянні з мінімальними. Однак ці технології передбачають багаторазові хімічні обробітки ґрунту та посівів, що збільшує кількість проходів агрегатів по полі і створює переуцільнені технологічні колії та забруднює навколишнє середовище.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями ґрунту, механіки взаємодії робочих органів з ґрунтом і його результатом займалися Азаров В.М., Беляєв В.І., Вілде А.А., Галлямов Р.М., Горячкін В.П., Желіговський В.А., Сакун В.А., Кушнар'єв А.С., Летошнев М.Н., Мацепура М.Є., Осадчий А.П., Любимов А.І., Токушев Ж.Е., та ін [1, 2, 4].

Вплив конструктивних параметрів клинів (дво- і тригранних) та робочих органів на їх тяговий опір вивчали Білозерцев Ю.Д., Блідих В.В., Василенко П.М., Ветохін В.І., Горячкін В.П., Желіговський В.А., Качинський Н.А., Клочков А.В., Морозов Д.Р., Панов І.М., Подскребко М.Д., Щучкін Н.В. і ін [1, 3, 4, 5].

Значний внесок для вирішення теоретичних досліджень, та вдосконаленням робочих органів посівних машин для сівби зернових культур зробили: Л.В. Погорілий, А.І. Бойко, М.О. Свірень, С.І. Шмат, Т.М. Белодєдова, В.О. Белодєдов, А.В. Рудь, П.І. Роздорожнюк, Б.М. Гевко та ін [5, 6, 7].

**Мета.** Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності використання стрілчастих лап посівних машин-знарядь за рахунок підтримки їх параметрів у заданих межах.

**Методологія досліджень.** Основою більшості ґрунтообробних робочих органів є плоский тригранний клин, що характеризується кутами подрібнення  $\alpha$ , нахилу  $D$ , зсуву  $u$ , і встановлення ріжучого леза до дна борозни  $\mathcal{E}$  (рис. 1). Основоположником теорії клина є академік В.П. Горячкін [1].

Агротехнічні й енергетичні показники роботи визначаються кутовими та лінійними конструктивними параметрами робочих органів.

Стосовно до стрілчастої лапи - це кути розкриття крил  $2\gamma$ , подрібнення  $\alpha$ , постановки крила до дна борозни  $\epsilon$ , різання  $\beta_0$ , заточування леза  $i$ , (спосіб його заточування: верхня, нижня і комбінована), а також ширина захвату лапи  $B$ , ширина крила  $b$ , товщина крила  $T$  і товщина леза  $t$  (рис. 2). Всі ці параметри, в більшій чи меншій мірі, змінюються у процесі роботи.

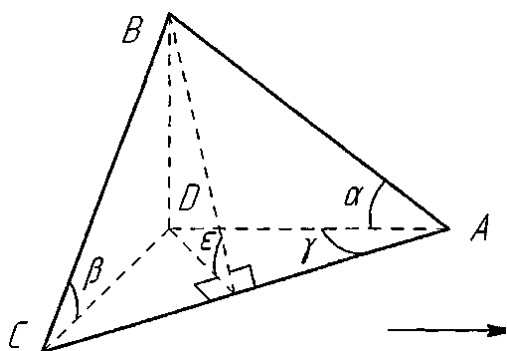
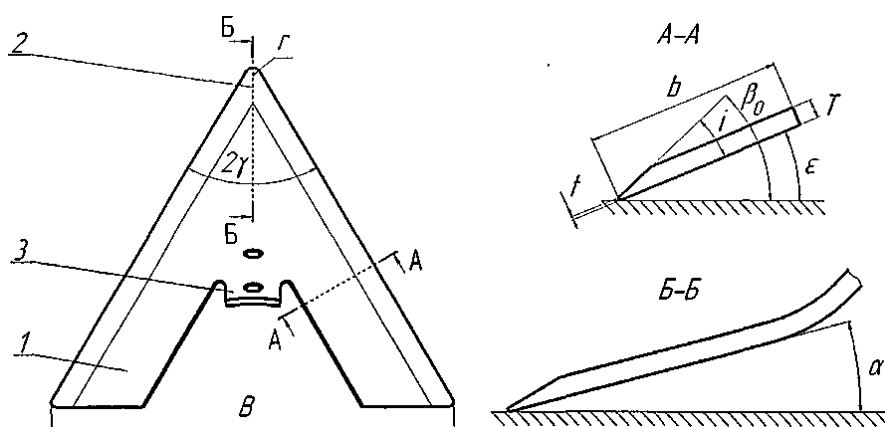


Рис. 1. Плоский тригранний клин з ріжучим лезом ABC

Рис. 2. Стрільчата лапа:  
1 - крило; 2 - носок; 3 — хвостовик

**Результати досліджень.** За результатами експериментальних досліджень відзначається, що зі збільшенням швидкості обробки ґрунту оптимальні значення кута подрібнення зменшуються, а кута розтягування збільшуються. Дослідники наводять значення цих параметрів для середньо-важких ґрунтів  $a = 12 \dots 14^\circ$ ,  $2\gamma = 80 \dots 85^\circ$ , для важких ґрунтів  $a = 14 \dots 18^\circ$ ,  $2\gamma = 75 \dots 80^\circ$  і для легких ґрунтів  $a = 10 \dots 12^\circ$  і  $2\gamma = 85 \dots 87^\circ$ . Отже, для різних ґрунтів необхідно використовувати робочі органи з різними конструктивними параметрами.

Результатами досліджень підтверджуються припущення. Однак дослідні дані показують, що тяговий опір клина від кута подрібнення змінюється за увігнутою кривою, що має при деякому значенні кута - мінімум. Утворення мінімуму вони пояснюють тим, що у клинів із малими кутами подрібнення значна частка зусиль витрачається на подолання сил тертя при переміщенні пласта по поверхні клина. Зі зростанням кута ця частка зменшується, але при цьому збільшуються витрати на деформацію пласта і перехід на частинку ґрунту кінетичної енергії.

А.Н. Артем [2] як найбільш суттєвого параметра, що впливає на енергоємність і ступінь подрібнення ґрунту, виділяє кут подрібнення  $a$  (рис. 2). Він наголошує, що «чим більший кут  $a$ , тим більше клин стискає і подрібнює ґрунт перед собою, але при цьому він зустрічає з боку ґрунту більший опір». Зменшення кута  $a$  призводить до зниження тягового опору, але для забезпечення якісного подрібнення необхідно витримати визначену висоту підйому пласта  $h$ , що збільшує робочу довжину клину відповідно до

залежності  $l/h = 1/\sin\alpha$ . Збільшення відносної довжини клину  $l/h$  підвищує енерговитрати на тертя і призводить до грудкоутворення.

Кушнар'єв А.С. і Бауков А.В. [4] встановили вплив кута різання плоского клина-деформатора на глибину проникнення деформації дна борозни. Вони відзначають, що зі збільшенням кута різання, збільшується глибина і ступінь ущільнення ґрунту на дні борозни, а також підвищується тяговий опір, що також залежить від геометрії робочого органу і зміни об'єму ґрунту, що піддається деформації.

Відсутність ущільнення дна борозни спостерігається, за умови, якщо кут різання деформатора підпорядковується залежності:

$$\beta_0 = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}, \quad (1)$$

де  $\varphi$  - кут внутрішнього тертя ґрунту.

Оскільки кут внутрішнього тертя ґрунту залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, то, виходячи з виразу (1), найбільш оптимальний кут різання необхідно підбирати не тільки в залежності від типу ґрунту, але й від його вологості.

Вілде А.А. [3] продемонстрував, що оптимальний, з точки зору мінімуму тягового опору плоского клина, кут різання повинен бути трохи менший значення, що визначається за формулою (1), оскільки окрім сил ваги та інерції пласта ґрунту на поверхню клина діють сили налипання. Також для зниження опору необхідно мінімізувати площу поверхні робочого органу при дотриманні оптимального кута різання.

Блідих В.В. [2] зазначив, що ширина захвату  $B$  і кут між крилами  $2\gamma$  стрілкової лапи повинні бути обґрунтовані з умови її взаємодії з бур'янами, і запропонував теоретичну залежність:

$$B \leq \frac{[z_1] \cdot \sin \gamma \cdot \cos(\gamma + \varphi_1)}{z_0 \cdot \cos \varphi_1}, \quad (2)$$

де  $[z_1]$  - число коренів на 1 м довжини леза, за умови, що

безпосередній контакт леза з ґрунтом практично не спостерігається;

$\varphi_1$  - кут тертя ґрунту по поверхні робочого органу;

$z_0$  - кількість коренів і кореневищ на 1 м<sup>2</sup> площі.

Аналіз формули (2) демонструє, що максимальна ширина захвату лапи при постійному значенні  $z_1$  і  $z_0$  спостерігається коли:

$$2\gamma = 90^\circ - \varphi_1. \quad (3)$$

Тоді оптимальні значення кута розкриття крил при максимальній ширині захвату за умовою (3): для піщаних ґрунтів  $2\gamma = 70...75^\circ$ , для глинистих і суглинних ґрунтів  $2\gamma = 50...60^\circ$ , що В.В. Блідих підтверджує експериментально.

Результати експериментальних досліджень, проведених на стерньових агроділянках, показали, що при швидкості руху агрегату до 4,5 м/с задовільну якість обробітку ґрунту стрілковою лапою забезпечується, якщо кут розкриття крил знаходиться в межах 60 ... 80°, кут подрібнення не перевищує 20°, а ширина крила 80 мм. При цьому наголошується, що останній параметр повинен обиратися мінімально можливим.

Експериментальні дослідження показали, що на чорноземних ґрунтах вологістю 16,62% і твердістю 0,75 МПа зменшення кута постановки крила стрілкової лапи до дна борозни від 28 до 18-15° збільшує їх самовільне вимілювання і забезпечує зниження тягового опору на 30 - 40%.

Бурченко П.М. [4] та ін., за результатами порівняльних випробувань стрілкових лап різних конструкцій на глибині обробітку 8-10 см, вологості ґрунту 23-27%, її твердості 0,95-1,05 МПа та швидкості руху 7-13 км/год відзначають, що для цих умов значення оптимального кута постановки крил лапи до дна борозни  $\varepsilon$  - тяговий опір  $\varepsilon$

мінімальним і знаходиться в діапазоні  $28 \dots 22^\circ$ , а кута розкриття  $2\gamma - 66 \dots 80^\circ$ . Ці значення відповідають і оптимуму за агротехнічними вимогами: подрібнення ґрунту, підрізання бур'янів, гребнистість поверхні поля, налипання ґрунту на поверхні робочого органа. Причому налипання зменшується зі збільшенням кута  $\varepsilon$ . Рекомендується, що із збільшенням ширини захвату, питомий тяговий опір зменшується і має мінімум при  $B = 320-330$  мм, це оптимальне значення визначається також сходженням бур'янів з крил лапи. Для зон недостатнього зволоження рекомендується  $\varepsilon = 16^\circ$ , кут розкриття  $2\gamma = 65^\circ$  і ширину захвату  $B = 270-330$  мм.

За результатами експериментальних досліджень Галкіна В.Т., найбільший вплив на показники роботи має ширина захвату робочих органів. Дослідження, проведені на середньо-суглинистих південних чорноземах середньою вологістю на глибині 0-15 см 16,8% і твердістю 1,36 мПа, показали, що із збільшенням ширини захвату лапи від 0,3 м до 1,0 м питомий тяговий опір зменшується в 2,33 рази. За найменшого відхилення від заданої глибини обробітку переваги має робочий орган із шириною захвату 0,5 м, його питомий опір на 25% нижче, ніж при ширині захвату 0,3 м.

Зниження питомого тягового опору відповідно до збільшення ширини захвату робочого органу пояснюється значною часткою опору, що припадає на стояк робочого органу - до 45%.

Аббасов З.М. [3] стверджує, що величина кута підрізання плоскоріжучих робочих органів обирається виключно з конструктивних міркувань, і залежить від способу заточки леза (верхня або нижня), оскільки за численними дослідженнями відомо, що тяговий опір тим є меншим, чим меншим є цей кут. Для оцінки тягового опору Аббасов З.М. пропонує просту формулу:

$$R = m \cdot R_l \quad (4)$$

де  $R_l$  - сума опорів всіх поверхонь робочого органу з урахуванням швидкості його руху і властивостей ґрунту;

$m$  - коефіцієнт, що залежить від кута між лезами лапи і кута зовнішнього тертя.

За результатами дослідних даних роботи при фіксованому значенні кута зовнішнього тертя  $24^\circ$  і зміні кута  $2\gamma$  від  $60$  до  $100^\circ$  тяговий опір нелінійно зростає на 30%, при цьому інтенсивність збільшення тягового опору знижується при  $2\gamma$  більше  $70^\circ$ .

Експериментальні дослідження Юдкіна В.В. і Гуляєва Ю.П. [2] показали, що ніж плоскоріза глибокорозпушувача володіє мінімальним питомим опором, коли має форму прямого фронтального клина (кут між лезами дорівнює  $180^\circ$ ). Але при тривалому русі лезо обволікають рослинні рештки та ґрунт, внаслідок чого його опір зростає. За перевіреними даними оптимального кута розкриття, при якому спостерігається мінімум питомого опору в умовах залипання робочого органу ґрунтом, наводять значення  $120 \dots 140^\circ$ .

Природно, що оптимальними будуть значення кутів  $\varepsilon$  і  $\gamma$  - постановки робочої поверхні тригранного клину до дна і до стінки борозни і  $\alpha$  - кута подрібнення, які дозволять отримати мінімальний тяговий опір при високій якості роботи відповідно до агротехнічних вимог (кількість корисних фракцій ґрунту з розміром грудок до 20 мм не менше 80%), повне знищення бур'янів, мінімальне перемішування вологих шарів ґрунту на поверхню поля.

### Висновки і перспективи.

1. Конструкція робочого органу робить істотний вплив на його агротехнічні та енергетичні показники. Причому для різного типу ґрунту і її стану необхідно застосовувати робочі органи з адаптованими оптимальними конструктивними параметрами.

2. У процесі роботи параметри робочого органу змінюються в результаті

взаємодії з ґрунтом, вони набувають певного значення, що залежать від характеристик ґрунту і способу зміцнення.

3. Зміна параметрів робочого органу при зношуванні від початку роботи до стабілізованої форми вимагає додаткового вивчення.

#### Список використаних джерел

1. Горячкин В.П. Собрание сочинений: В 3 т., т.1. Москва: Колос, 1968. 720 с.
2. Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. 3-е изд., перераб. и дополн. Москва: Колос, 1994. 751 с.
3. П.М. Василенко Культиваторы: Конструкция, теория и расчет / Василенко П.М., Бабий П.Т. Киев : Укр. акад. с.-х. наук, 1961. 239 с.
4. Вопросы теории машин и механизмов сельскохозяйственного производства: Межвузов. сб. / Ред. Л.А. Новицкий - Петрозаводск, 1976. 111 с.
5. Сільськогосподарські та меліоративні машини : Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.
6. А. с. № 517282 (СССР) Сошник для разбросного посева / В.О. Белодедов, А.В. Рудь, Т.М. Белодедова; опубл. 1976, Бюл. № 22.
7. Пат. на корисну модель № 103145 У. Україна, МПК А01С 7/20(2006.01). Сошник / Гевко Б. М., Павельчук Ю.Ф., Жалоба В. М. (Україна). № у 2015 04036; Заяв. 27.04.2015 р. Опубліковано 10.12.2015. Бюл. № 23.

Дата надходження статті до редакції: 20.09.2020

1 рецензування 08.11.2020 Прийняття в друк: 22.12.2020

#### **Gevko R.B.**

*Dr. Techn. etc., Full Professor, Academician  
Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy  
Ternopil, Ukraine*

*E-mail: kaf\_th@tntu.edu.ua*

#### **Rud A.V.**

*Ph.D., Professor  
State Agrarian and Engineering University in Podilya  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

*E-mail: anatoliyrudj@gmail.com*

#### **Pavelchuk Yu.F.**

*Ph.D., Associate Professor  
State Agrarian and Engineering University in Podilya  
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

*E-mail: Yuriy3372@gmail.com*

## THE INFLUENCE OF THE ARROW PUSHING STRUCTURE ON ITS PERFORMANCE

#### **Abstract**

The article proposes a working body of seeders for subsoil-spreading sowing of cereals such as arrow paws with the parameters of the working bodies of the cultivator for pre-sowing cultivation of the soil, which is determined by the same working conditions. Similar studies to identify the optimal design parameters of arrow-shaped working bodies on soils with a moisture content of 29.9-31.0% (average soil hardness 1.41 МPa at a depth of 10-12 cm) were conducted by many scientists. They note the shortcomings of the small angle of elevation of the chest paws (grinding) on moist soils, as there is unsatisfactory pruning of the soil layer and breaking it with a rack, which does not provide quality grinding and promotes the formation of ridges. As a result, the traction resistance and the quality of processing, the optimal value of the grinding angle should be

within 15 ... 18 °. The decrease in specific traction resistance in accordance with the increase in the width of the working body is explained by the significant share of resistance that falls on the riser of the working body - up to 45%.

**Keywords:** soil, working body, triangular wedge, arrow paw, traction resistance, riser, working planes, loosening depth, speed of movement, grinding angle.

#### References

1. Goryachkyn, V.P. (1968). *Sobranie sochyneni: V 3 t., t.1.* Moskow : Kolos. [in Russian].
2. Klenyn, N.Y. & Sakun, V.A. (1994). *Selskoxozyajstvennye i meliorativnye i mashyny, 3-d ed.* Moskow: Kolos. [in Russian].
3. Vasylenko, P.M. (1961). *Kultyvatory: Konstrukcy`ya, teory`ya y` raschet / Vasy`lenko P.M. & Babyi P.T.* Kyiv: Ukr. akad. s.-x. nauk. [in Russian].
4. Novyczkyj, L.A. (1976). *Voprosy teorii mashyn i mexanyzmov selskoxozyajstvennogo proyzvodstva: Mezhvuzov. sb.* (Novyczkyi (Ed.) Petrozavodsk. [in Russian].
5. Vojtyuk, D.G. (Ed.) (2004). *Silskogospodarski ta melioratyvni mashyny: Pidruchnyk/ D.G. Vojtyuk, V.O. Dubrovin & T.D. Ishhenko et al.* Kyiv: Vyshha osvita. [in Ukrainian].
6. A. s. № 517282 (USSR) *Soshny`k dlya razbrosnogo poseva / V.O. Belodyedov, A.V. Rud` & T.M. Byelodyedova; opubl. 1976, Byul. № 22.* [in Russian].
7. Pat. na korysnu model № 103145 U. Ukrayina, MPK A01S 7/20(2006.01). *Soshnyk / Gevko B. M., Pavelchuk Yu.F. & Zhaloba V. M.* (Ukrayina). № u 2015 04036; Zayav. 27.04.2015. Opublikovano 10.12.2015. Byul. № 23. [in Ukrainian].

*Received: 09/20/2020*

*Revision: 11/08/2020 Accepted: 12/22/2020*