

д. т. н., професор **Ванін В. В.**,
fmf@kpi.ua, ORCID: 0000-0001-7008-7269

д. т. н., професор **Вірченко Г. А.**,
kpivir@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9586-4538

д. т. н., с. н. с. **Волоха М. П.**,
volmp@i.ua, ORCID: 0000-0002-0112-7324

к. т. н., доцент **Яблонський П. М.**,
yupn@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1971-5140

ст. викладач **Воробйов О. М.**,
vorobyov.kpi@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5314-1075

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТІЛЧАСТОЇ ЛАПИ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ КОМБІНОВАНОГО КУЛЬТИВАТОРА-СОШНИКА

У нинішній складний час для України актуальним питанням є підтримування на належному рівні економіки держави. Один із шляхів успішного досягнення означеної мети полягає в подальшому вдосконаленні сільськогосподарського виробництва. Ця галузь нині відіграє провідну роль у стабілізації окреслених процесів.

Важливе в наведеному плані покращення застосовуваних технічних знарядь, зокрема, ґрунтообробних. Значна їх кількість забезпечена різноманітними за призначенням стрілчастими лапами. Їх робочі поверхні дещо схожі, але певним чином відрізняються за своєю формою. Остання суттєво впливає на всілякі параметри та характеристики обробітку землі, зокрема, енергетичні показники.

Сучасні комбіновані робочі органи, що поряд з культивацією використовуються також і для сівби, наприклад, за новими технологіями No-till або Strip-till, потребують додаткових теоретичних та експериментальних досліджень. Оскільки, на відміну від традиційного землеробства, пряма сівба виконується безпосередньо в шар мульчі, коли стернею та іншими рослинними залишками створюється додатковий опір руху робочим органам сівалки. Тому актуальним є опрацювання тягового опору комбінованого культиватора-сошника, особливо у зв'язку з геометричними параметрами стрілчастої лапи як основного елемента даної конструкції.

Головним призначенням стрілчастих лап від початку їх появи було знищення бур'янів шляхом підрізання кореневої системи та розпушення ґрунту при суцільному основному й поверхневому його обробітку. Для міжрядного обробітку згодом почали використовувати просяпні

культиватори з лапами-підживлювачами, що одночасно з розпушенням ґрунту забезпечують внесення добрив. Подальші вдосконалення геометрії стрілочастих лап просапних культиваторів пов'язані з формуванням агротехнічних прийомів міжрядного обробітку посівів за яких ґрунт за допомогою полицеподібних поверхонь-підгортачів переміщується з міжряддя в захисну зону рядка. Зауважимо, що починаючи з цього тисячоліття як закордонні, так і вітчизняні фермери повсюдно впроваджують у виробництво технологію прямої сівби, де також застосовуються виконані у формі стрілочастих лап-культиваторів анкерні та комбіновані сошники.

Викладені вище питання, з використанням засобів сучасних комп'ютерних інформаційних технологій, становлять предмет досліджень даної публікації.

Ключові слова: геометричне моделювання; стрілочаста лапа; енергетичні показники; комбінований культиватор-сошник; ґрунтообробні знаряддя; сільськогосподарське виробництво.

Постановка проблеми. Значна кількість ґрунтообробних знарядь у сільському господарстві забезпечена різними за технологічним призначенням стрілочастими лапами. Їх робочі поверхні хоч і схожі, але відрізняються за своєю формою. Енергетичні показники таких робочих органів, особливо сучасних комбінованих, що поряд з культивацією використовуються також для сівби, зокрема за новими технологіями No-till чи Strip-till, потребують додаткових теоретичних та експериментальних досліджень. Оскільки, на відміну від традиційного землеробства, пряма сівба виконується безпосередньо в шар мульчі, коли стернею та іншими рослинними залишками створюється додатковий спротив руху робочим органам сівалки. Тому актуальним є належне опрацювання тягового опору комбінованого культиватора-сошника, особливо у зв'язку з формою та параметрами стрілочасті лапи як основного елемента конструкції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Головним призначенням стрілочастих лап від початку їх появи було знищення бур'янів шляхом підрізання кореневої системи та розпушення ґрунту при суцільному основному та поверхневому його обробітку [1]. Для міжрядного обробітку згодом почали використовувати просапні культиватори з лапами-підживлювачами, що одночасно з розпушенням ґрунту забезпечують внесення туків або рідких добрив [2]. Подальші вдосконалення форми стрілочастих лап просапних культиваторів пов'язані з агротехнічними прийомами міжрядного обробітку посівів. З метою присипання бур'янів весною чи підгортання рослин на протязі вегетації, ґрунт за допомогою полицеподібних поверхонь-підгортачів переміщується з міжряддя в захисну зону рядка [3, 4]. Упродовж останніх 15–20 років закордонні й вітчизняні фермери почали широко впроваджувати у виробництво

просапних технічних культур технологію прямої сівби, де також застосовуються виконані у формі стрілочастих лап-культиваторів анкерні та комбіновані сошники [5, 6].

Цілі та завдання статті полягають в описі енергетичних показників комбінованого культиватора-сошника залежно від геометричних параметрів стрілочасті лапи як основного елемента конструкції.

Основна частина. Базові типи стрілочастих лап відповідно до виконуваних ними технологічних процесів приведені в табл. 1.

Типи стрілочастих лап відповідно до призначення *Таблиця 1*

<i>Назва</i>	<i>Вигляд</i>	<i>Призначення</i>
Плоскорізальна		Підрізання кореневищ бур'янів
Розпушувальна		Розпушування та подрібнення ґрунту
Підживлювальна		Підживлення рослин рідкими добривами
Полицева		Присипання бур'янів у захисних зонах рядків
Підгортувальна		Підгортання рослин при вирощуванні
Культиватор-сошник		Пряма сівба

У статті [7], див. рис. 1, подано технологічно-компонувальну схему вдосконаленого комбінованого сошника для прямого посіву.

Під час створення борозни зуб 1 формує щілину у стерні та частково розпушує ґрунт. Стрілчаста лапа 2 підрізає бур'яни та вирівнює дно борозни, ущільнюючи ложе для насіння. Останнє подається через насіннепровід 4 та рівномірно вкладається вздовж борозни й накривається шаром ґрунту, що сходить зі стрілчастої лапи.

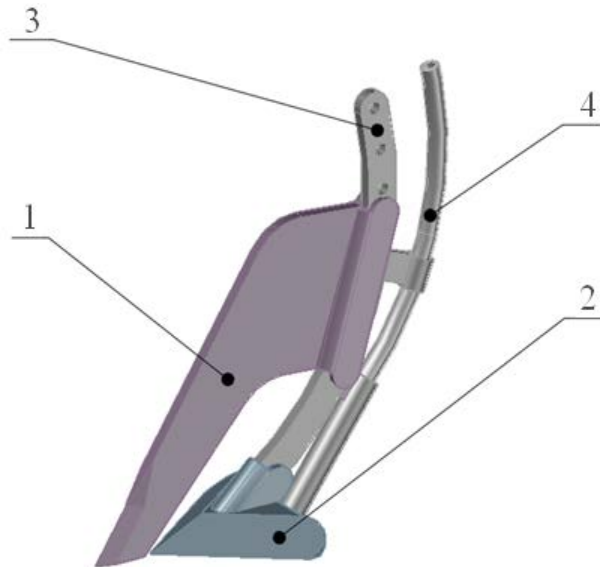


Рис 1. Комбінований сошник сівалки (вид зліва відносно напрямку сівби):
1 – розпушувальний зуб; 2 – стрілчаста лапа; 3 – стійка; 4 – насіннепровід

Отримано залежність величини зони поширення деформації від форми розпушувального зуба та довжини леза стрілчастої лапи, глибини обробітку ґрунту і стану його поверхневого шару. Для визначення тягового опору комбінованого сошника знехтувано опором повітря, а робочий процес розглядається за умови однорідності ґрунту, рівномірності глибини ходу та робочої швидкості сівалки. Тоді загальну величину тягового опору R_C сошника можна представити як у публікації [7]:

$$R_C = R_3 + R_{СЛ}, \quad (1)$$

де R_3 та $R_{СЛ}$ – тяговий опір відповідно розпушувального зуба та стрілчастої лапи, H .

У співвідношенні (1) другий доданок залежить від коефіцієнта k , який назвемо *динамічним показником впливу на деформацію ґрунту встановленого спереду лапи розпушувального зуба*, що полегшує її роботу:

$$R_{СЛ} = R_Л - k \cdot R_Л = (1 - k) \cdot R_Л, \quad (2)$$

де $R_Л$ – тяговий опір стрілчастої лапи, H ;

k – динамічний коефіцієнт, що залежить від величини деформації ґрунту розпушувальним зубом.

Значення k визначається залежністю

$$k = \frac{S_3}{S_L} = \frac{(b_D + b) \cdot a}{2 \cdot b_L \cdot a} = \frac{b_D + b}{2 \cdot b_L}, \quad (3)$$

де S_3, S_L – площі зон деформації розпушувальним зубом і лапою в поперечно-вертикальній площині, m^2 ;

b_D – величина зони поширення деформації ґрунту, m ;

b – ширина розпушувального зуба, m ;

b_L – ширина захвату стрілкової лапи, m ;

a – глибина обробітку ґрунту, m .

Графіки залежності коефіцієнта k від ширини захвату стрілкової лапи b_L та величини зони поширення деформації ґрунту b_D за різних значень ширини розпушувального зуба b приведені на рис. 2.

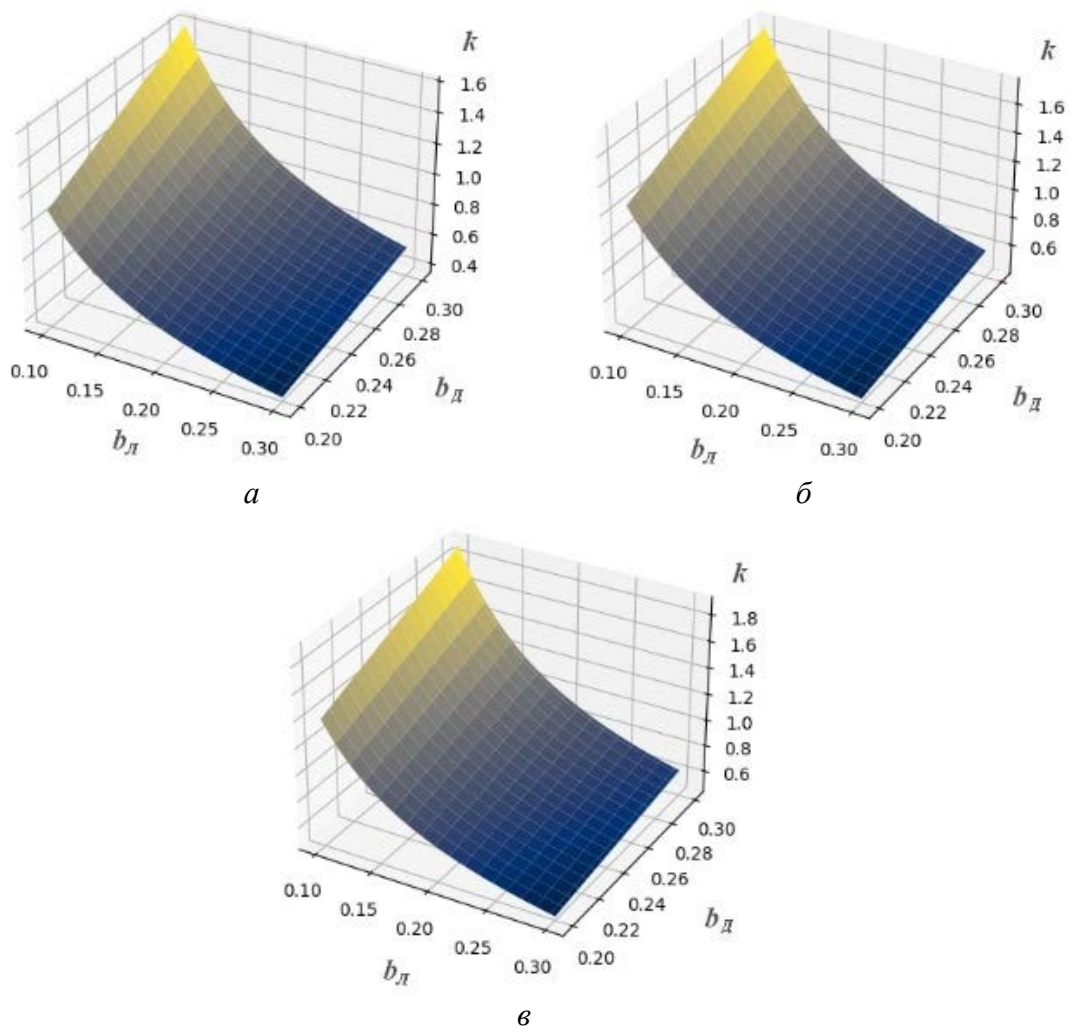


Рис. 2. Вплив захвату b_L стрілкової лапи та зони деформації ґрунту b_D на динамічний коефіцієнт k для ширини розпушувального зуба b :
 $a - 0,02 \text{ м}$; $б - 0,05 \text{ м}$; $в - 0,08 \text{ м}$

Як видно із виразу (3) динамічний коефіцієнт k перетворюється в одиницю у випадку, коли деформація S_3 ґрунту розпушувальним зубом у

перпендикулярній до напрямку руху площині дорівнює за площею $S_{Д}$ деформації стрілкою лапою. Аналіз показує, що значення $k = 1$ є обмежувальним, вище якого зображення поверхні відгуку на всіх графіках переходить у світліший жовтий колір, тобто подальше зростання величини зони поширення деформації ґрунту $b_{Д}$ за одночасного зменшення ширини стрілкою лапи нівелюється.

Збільшення ширини розпушувального зуба b від 0,02 до 0,08 м призводить до більш стрімкого зростання динамічного коефіцієнта k , хоч також у межах $k < 1$.

Висновки та перспективи досліджень. Удосконалені комбіновані культиватори-сошники призначені для прямої сівби просапних культур і обробляють ґрунт за допомогою стрілкою лапи та розміщеного поперед неї розпушувального зуба. Аналіз енергетичних характеристик, проведений за допомогою опосередкованого показника, тобто динамічного коефіцієнта k взаємного впливу параметрів робочого органа на величину деформації ґрунту, показав наступне.

Значення $k = 1$ є обмежувальним щодо збільшення величини зони розповсюдження деформації ґрунту розпушувальним зубом за одночасного зменшення ширини стрілкою лапи. Збільшення ширини розпушувального зуба до 0,08 м призводить до стрімкого зростання динамічного коефіцієнта k у межах $k < 1$.

Література

1. *Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Іщенко В.В.* Сільськогосподарські машини. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
2. *Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І.* Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль: ТДПУ, 2005. 228 с.
3. *Шпаар Д.* Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання). Київ: ННЦІАЕ, 2005. 340 с.
4. *Ляшенко С.В.* Удосконалення механізованої технології вирощування картоплі. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2018. №2. С. 162–165. DOI 10.31210/visnyk2018.02.27
5. *Яблонський П.М.* Особливості конструкції пружинного запобіжного пристрою сошників для прямої сівби. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*, 2022. Вип. 4 (50), С. 144–148. DOI 10.32845/msnau.2022.4.21
6. *Aikins K.A., Antille D.L., Jensen T.A., Blackwell J.* Performance comparison of residue management units of no-tillage sowing systems: A review. *Engineering in Agriculture, Environment and Food.* 2019. Vol. 12. Issue 2. P. 181–190. DOI: 10.1016/j.eaef.2018.12.006
7. *Яблонський П.М.* Використання геометричних параметрів комбінованого

сошника для визначення тягового опору при прямій сівбі. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*, 2022. Вип. 103. С. 209–217. DOI: 10.32347/0131-579x.2022.103.209-217

References

1. *Voitiuk D.H., Aniskevych L.V., Ishchenko V.V.* Agricultural machines. Kyiv: Ahroosvita, 2015. 679 s. {in Ukrainian}
2. *Hevko R.B., Tkachenko I.H., Pavkh I.I.* Agricultural production machines. Ternopil: TDPU, 2005. 228 s. {in Ukrainian}
3. *Shpaar D.* Sugar beets (growing, harvesting, storage). Kyiv: NNTsIAE, 2005. 340 s. {in Ukrainian}
4. *Liashenko S.V.* Improvement of the mechanized technology of growing potatoes. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2018. №2. S. 162–165. DOI 10.31210/visnyk2018.02.27 {in Ukrainian}
5. *Yablonskyi P.M.* Design features of the spring safety device of coulters for direct seeding. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriiia «Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychych protsesiv»*, 2022. Vyp. 4 (50), S. 144–148. DOI 10.32845/msnau.2022.4.21 {in Ukrainian}
6. *Aikins K.A., Antille D.L., Jensen T.A., Blackwell J.* Performance comparison of residue management units of no-tillage sowing systems: A review. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*. 2019. Vol. 12. Issue 2. P. 181–190. DOI: 10.1016/j.eaef.2018.12.006 {in English}
7. *Yablonskyi P.M.* Using the geometric parameters of the combined coulter to determine the traction resistance during the direct sowing. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*, 2022. Vyp. 103. S. 209–217. DOI: 10.32347/0131-579x.2022.103.209-217 {in Ukrainian}

Doctor of Technical Sciences, Professor **Volodymyr Vanin**,
fmf@kpi.ua, ORCID: 0000-0001-7008-7269

Doctor of Technical Sciences, Professor **Gennadii Virchenko**,
kpivir@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9586-4538

Doctor of Technical Sciences, Senior Scientific Researcher **Mykola Volokha**,
volmp@i.ua, ORCID: 0000-0002-0112-7324

Doctor of Philosophy, Associate Professor **Petro Yablonskyi**,
ypn@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1971-5140

Senior Teacher **Oleksii Vorobyov**,
vorobyov.kpi@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5314-1075

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

INFLUENCE OF THE GEOMETRIC PARAMETERS OF THE ARROW-SHAPED PAW ON THE ENERGY INDICATORS OF THE COMBINED CULTIVATOR-COULTER

An urgent issue for Ukraine is maintaining the state economy at an appropriate level in the current difficult situation. One of the ways to successfully achieve this goal is to further improve agricultural production. This industry currently plays a leading role in stabilizing the outlined processes.

Important in the above plan is the improvement of the applied technical tools, in particular, tillage tools. A significant number of them are provided with arrow-shaped paws of various purposes. Their working surfaces are somewhat similar, but differ in some way in their shape. The latter significantly affects various parameters and characteristics of land cultivation, in particular, energy indicators.

Modern combined working bodies, along with cultivation, are also used for sowing, for example, using new No-till or Strip-till technologies, require additional theoretical and experimental research. Since, unlike traditional farming, direct sowing is carried out directly into the mulch layer, when stubble and other plant residues create additional resistance to the movement of the working bodies of the seeder. Therefore, it is relevant to study the traction resistance of the combined cultivator-harrow, especially in connection with the geometric parameters of the arrow-shaped paw as the main element of this design.

The main purpose of arrow-shaped paws from the beginning of their appearance was the destruction of weeds by cutting the root system and loosening the soil during continuous main and surface cultivation. Row cultivators with feeding paws which loosen the soil and provide fertilizer at the same time began to be used for inter-row cultivation later. Further improvements in the geometry of the arrow-shaped paws of row cultivators are connected with the formation of agrotechnical methods of inter-row cultivation of crops, in which the soil is moved from the inter-row to the protective zone of the row with the help of shelf-shaped tiller surfaces. It should be noted that since this millennium, both foreign and domestic farmers have widely introduced direct sowing technology into production, where anchor and combined coulters made in the form of arrow-shaped cultivators are also used.

The questions outlined above, using the means of modern computer information technologies, are the subject of research in this publication.

Key words: geometric modeling; arrow-shaped paw; energy characteristics; combined cultivator-coulter; tillage implements; agricultural production.