

КОМП'ЮТЕРНЕ ВАРІАНТНЕ ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДВОДИСКОВИХ СОШНИКІВ ЗАСОБАМИ СТРУКТУРНО- ПАРАМЕТРИЧНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ

На сучасному важкому етапі розвитку нашої держави, який пов'язаний із війною, що триває вже майже три роки, важливою галуззю економіки України є сільське господарство. Тому підвищення його ефективності становить актуальну наукову та виробничу проблему. Один із напрямків її вирішення стосується подальшого вдосконалення ґрунтообробних знарядь, зокрема дискових. Перевага останніх, порівняно з іншими, полягає в менших енергетичних витратах для здійснення різноманітних агротехнічних процесів. Також вони забезпечують краще збереження корисних властивостей ґрунту, більш відповідають існуючим екологічним вимогам.

Мета даної публікації полягає у висвітленні запропонованого підходу до комп'ютерного варіантного геометричного моделювання дводискових сошників на засадах методології структурно-параметричного формоутворення. Базові теоретичні основи цих засобів напрацьовані науковою школою прикладної геометрії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», упроваджені у вітчизняну авіаційну галузь, інші сфери життєдіяльності. Проведеними дослідженнями показано, що розроблені способи і прийоми автоматизованого моделювання придатні для свого продуктивного використання в сільському господарстві, в тому числі для проектування дводискових сошників. Мається на увазі комплексне врахування конструкційно-експлуатаційних вимог до вказаних знарядь. Це стосується, зокрема, дефініції раціональних кутів встановлення дисків у горизонтальній площині відносно напрямку їхнього руху, відхилень від вертикалі, а також розглянутого додаткового керування позиціонуванням. Критерієм успішності вирішення зазначених питань є потрібний профіль борозни для різної глибини обробітку ґрунту. Отримані результати проілюстровано побудованими концептуальними комп'ютерними твердотільними геометричними моделями дводискових сошників і належними пояснювальними аналітичними графіками. Акцентовано, що викладений підхід потребує свого подальшого узагальнення та опрацювання. Це може становити предмет наступних відповідних наукових розвідок.

Ключові слова: автоматизоване проектування; геометричне моделювання; ґрунтообробні знаряддя; дводискові сошники; структурно-параметричне формоутворення.

Постановка проблеми. У нинішніх умовах воєнного часу важливою галуззю економіки України є сільське господарство. Тому підвищення його ефективності становить актуальну наукову та виробничу проблему. Її вирішенню сприяє вдосконалення застосовуваної техніки, зокрема дискових ґрунтообробних знарядь. Останні характеризуються відносно невеликими витратами енергетичних ресурсів у багатьох аграрних процесах, відповідають екологічним вимогам. Завдяки цьому знаходять широке використання на практиці. Комп'ютерне формоутворення забезпечує можливість визначення раціональних геометричних параметрів сільськогосподарських засобів. На даній підставі доцільним є проведення наукових розвідок окресленого спрямування.

Аналіз досліджень і публікацій. Статтю [1] присвячено геометричному моделюванню сучасних ґрунтообробних знарядь. У ній акцентується необхідність взаємної адаптації автоматизованого формоутворення та конструкції сільськогосподарської техніки шляхом напрацювання інтегрованих класифікацій відповідних об'єктів. Належні приклади щодо дискових робочих органів містять видання [2, 3]. Розвідками [4] вивчається продуктивність різних дисків за умов певної глибини та швидкості обробітку. У публікації [5] застосовується дводисковий сошник, дещо схожий за конструкцією з розглянутим далі в даному дослідженні. Працею [6] аналізуються наявні зусилля і продуктивність різання рослинних залишків. Наведені у статтях [4–6] результати свідчать, що геометричні параметри знарядь та глибина обробітку суттєво впливають на отримувані показники багатьох аграрних процесів. У виданні [7] показано провідну роль структурно-параметричного формоутворення для інтеграції різноманітних аспектів автоматизованого проектування технічної продукції.

Цілі та завдання статті полягають у поданні запропонованої методики раціонального комп'ютерного варіантного геометричного моделювання деяких компонентів конструкції дводискових сошників, яка спирається на структурно-параметричні засади й поєднує між собою конструкційні та експлуатаційні параметри зазначених ґрунтообробних знарядь.

Основна частина. На рис. 1 зображено базові компоненти опрацьовуваного дводискового сошника, які задіяні під час формування такої важливої експлуатаційної характеристики, як необхідний профіль борозни. Зазначимо, що питання внесення насіння, добрив, їхнього присипання ґрунтом та відповідні елементи конструкції в цій статті не аналізуються і здатні бути предметом наступних належних наукових досліджень.

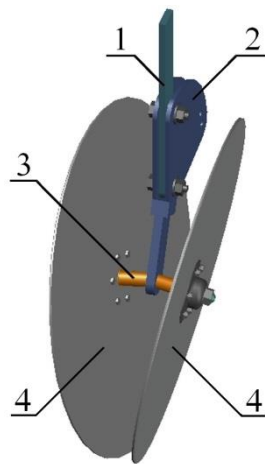


Рис. 1. Основні складові конструкції дводискового сошника:
1 – стояк; 2 – регулювальний кронштейн; 3 – вісь обертання; 4 – диск із маточиною та вальницею

Отже, з позицій структурно-параметричного підходу склад проєктованого дводискового сошника (*ДСШ*) визначається множиною

$$ДСШ = (СТ, РК, ВО, ДСК, КЕ), \quad (1)$$

де *СТ* – стояк;

РК – регулювальний кронштейн;

ВО – вісь обертання;

ДСК – диск із маточиною та вальницею;

КЕ – кріпильні елементи.

Наведені деталі, складанні одиниці, стандартні вироби мають свої геометричні параметри форми, розмірів та положення. Так, наприклад, стояк характеризується поперечним перерізом і довжиною, наявними отворами; вісь обертання – діаметрами, певними кутами, відстанями і т. д. У даному дослідженні аналізується вплив діаметрів D плоских дисків *ДСК* та кутів α , β , γ їхнього встановлення, див. рис. 2, на отримуваний профіль борозни в залежності від глибини обробітку ґрунту.

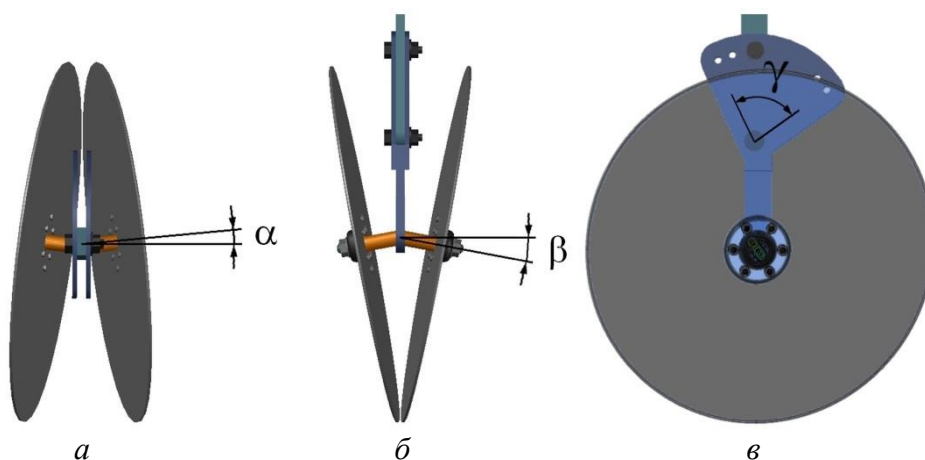


Рис. 2. Кути α , β , γ встановлення дисків та види:
a – зверху; *б* – за напрямом руху; *в* – з правого боку

З наведених зображень бачимо, що:

– кут α визначає відхилення дисків у горизонтальній площині від напрямку поступального руху знаряддя, тобто при його нульовій величині горизонтальний діаметр диска колінеарний швидкості переміщення сошника;

– кут β характеризує відхилення дисків від вертикалі, тобто при його нульовому значенні диски перпендикулярні до горизонтальної площини;

– кут γ реалізує варіантне дискретне позиціонування дисків, тобто адаптаційне керування, забезпечуване потрібним їхнім поворотом навколо поперечної осі, яка перпендикулярна площині симетрії сошника.

Для математичних описів використано прямокутну декартову систему координат $Oxyz$, початок якої знаходиться в точці перетину осей обертання дисків із площиною симетрії сошника, вісь x протилежна напрямку його переміщення, y – горизонтальна, z – вертикальна.

Нехай необхідно проаналізувати наступні множини параметрів даного знаряддя:

$$D = (D_i)_{i=1}^{N_D} = (D_i)_{i=1}^3 = (D_1, D_2, D_3) = (300 \text{ мм}, 350 \text{ мм}, 400 \text{ мм}), \quad (2)$$

$$\alpha = (\alpha_i)_{i=1}^{N_\alpha} = (\alpha_i)_{i=1}^3 = (\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3) = (5^0, 7^0, 10^0), \quad (3)$$

$$\beta = (\beta_i)_{i=1}^{N_\beta} = (\beta_i)_{i=1}^3 = (\beta_1, \beta_2, \beta_3) = (5^0, 7^0, 10^0), \quad (4)$$

$$\gamma = [-30^0, 60^0], x_c = 0 \text{ мм}, z_c = 110 \text{ мм}, \quad (5)$$

де для кута γ додатні величини відміряються проти годинникової стрілки, див. рис. 2, в;

x_c, z_c – координати розташування належної осі.

У процесі виконаного автоматизованого проектування застосовано розроблений аналітичний апарат дефініції профілю борозни дводискового сошника (1) для його параметрів (2) ... (5). Зазначені відомості представлено на рис. 3 графіками в міліметрах та відповідними конструкціями. Наведена інформація унаочнює характер можливої експлуатації даного сільськогосподарського знаряддя. При цьому використано сучасний прогресивний принцип створення універсальних сівалок, які мають широкий спектр ефективного вжитку в доволі різноманітних умовах свого використання. Мається на увазі, що реалізується, як звичайна (рис. 3, а, б), так і вузькорядна сівба (рис. 3, в, г).

У першому випадку для визначення раціональних варіантів, за допомогою вказаних графіків, обрано два критерії. Це бажано менший гребінь ґрунту в середині борозни та невелика площа проміжку між дисками для певної глибини обробітку. У другому разі прагнули забезпечити ширину міжрядь приблизно 75 ... 85 мм. Відповідна конструкція дводискових сошників показана у зменшеному масштабі праворуч від належних графіків.

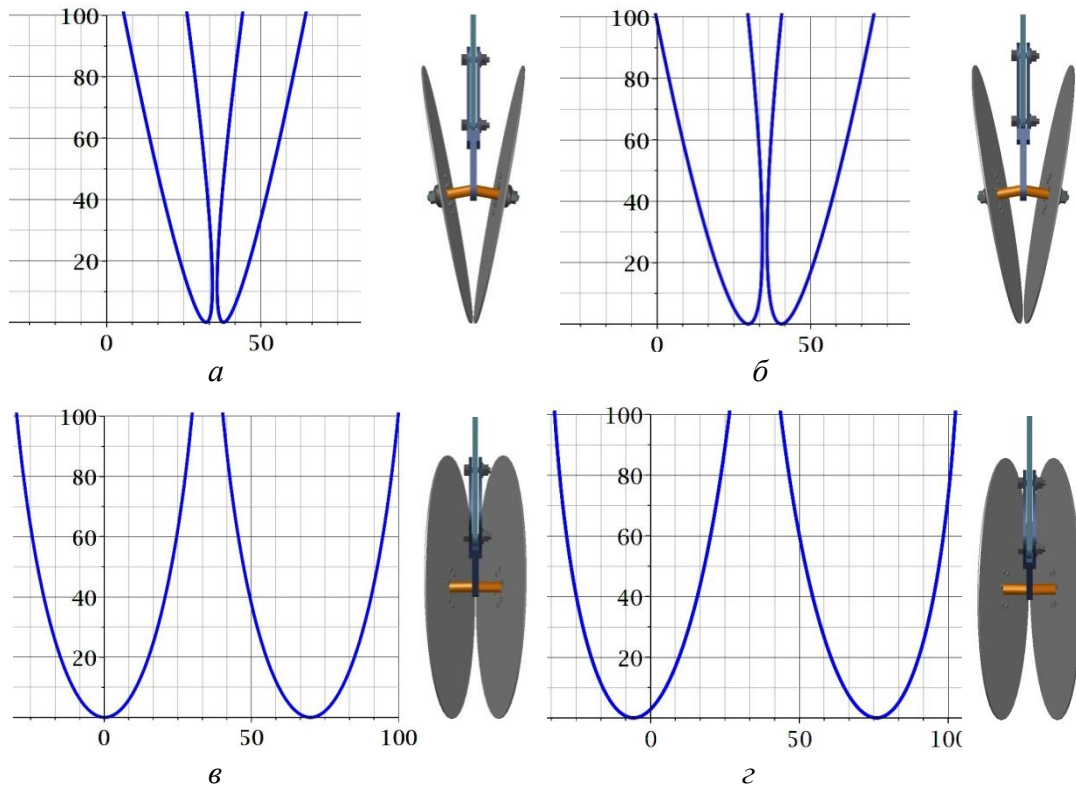


Рис. 3. Деякі опрацьовані різновиди сошника
 з дисками $D=400$ мм, кутами $\alpha=7^{\circ}$, $\beta=7^{\circ}$, $x_c=0$ мм, $z_c=$ мм:
 $a - \gamma=-25^{\circ}$; $б - \gamma=-15^{\circ}$; $в - \gamma=45^{\circ}$; $г - \gamma=55^{\circ}$

На рис. 4 зображено кресленик, а на рис. 5 – аксонометричний вид регулювального кронштейна PK , який реалізує проаналізовані вище профілі борозни. Це підтверджують, зокрема, координати його осі обертання та фіксуєчих отворів.

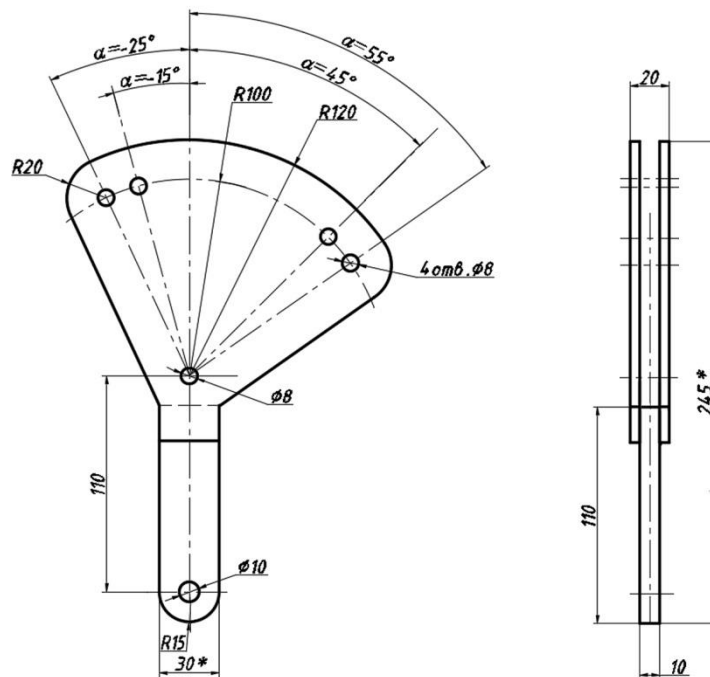


Рис. 4. Кресленик регулювального кронштейна

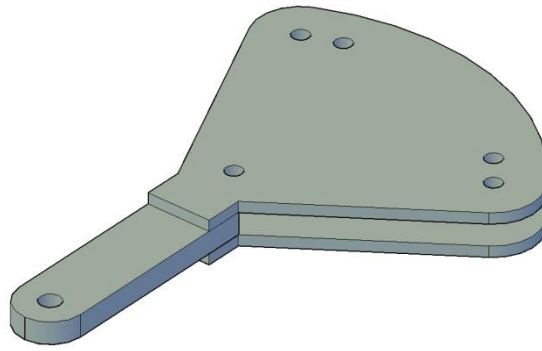


Рис. 5. Аксонометричний вид регульовального кронштейна

Отже, нами висвітлено головні моменти запропонованої методики раціонального комп'ютерного структурно-параметричного формоутворення дводискових сошників на базі комплексного врахування конструкційно-експлуатаційних вимог до них. Зауважимо, що викладені матеріали потребують свого узагальнення, що може становити предмет наступних відповідних прикладних наукових розвідок.

Висновки та перспективи досліджень. Даною публікацією присвячено вирішенню актуальної проблеми для України щодо підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. З цією метою було запропоновано нову конструкцію таких технічних знарядь, як дводискові сошники. Їхня нинішня популярність обумовлена малими енергетичними витратами під час виконання багатьох аграрних процесів та належною відповідністю екологічним вимогам. На основі застосування структурно-параметричного формоутворення напрацьовано методику раціонального автоматизованого проектування зазначених сошників. Розроблені прийоми геометричного моделювання проілюстровано конкретними прикладами. Окреслено перспективи подальшого вдосконалення наведеного підходу, який сприяє конструюванню універсальних сівалок, придатних для успішного використання в різноманітних наявних умовах.

Література

1. Яблонський П. М., Вірченко Г. А., Волоха М. П., Воробйов О. М., Лазарчук-Воробйова Ю. В. До питання аналізу геометричних моделей сучасних ґрунтообробних знарядь. *Сучасні проблеми моделювання*. 2022. Вип. 24. С. 182–189. DOI: 10.33842/2313-125X-2022-17
2. Ванін В. В., Вірченко Г. А., Яблонський П. М. Деякі геометричні аспекти класифікації дискових робочих органів ґрунтообробних знарядь. *Сучасні проблеми моделювання*. 2019. Вип. 16. С. 70–75. DOI: 10.33842/2313-125X-2019-16
3. Ванін В. В., Вірченко Г. А., Яблонський П. М. Автоматизоване геометричне моделювання дискових робочих органів технічних об'єктів. *Інформаційні системи, механіка та керування*. 2019. Вип. 21. С. 5–13. DOI:

10.20535/2219-3804212019197602

4. Ahmad F., Weimin D., Qishuo D., Rehim A., Jabran K. Comparative performance of various disc-type furrow openers in no-till paddy field conditions. *Sustainability*. 2017. Vol. 9, 1143. DOI: 10.3390/su9071143
5. Sugirbay A., Zhao K., Liu G. et al. Double disc colter for a zero-till seeder simultaneously applying granular fertilizers and wheat seeds. *Agriculture*. 2023. Vol. 13(5), 1102. DOI: 10.3390/agriculture13051102
6. Ahmad F., Weimin D., Qishuo D., Hussain M., Jabran K. Forces and straw cutting performance of double disc furrow opener in no-till paddy soil. *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10(3), e0119648. DOI: 10.1371/journal.pone.0119648
7. Ванін В. В., Вірченко Г. А., Гетьман О. Г., Яблонський П. М. Структурно-параметричне формоутворення як засіб інтеграції автоматизованого проектування технічних об'єктів. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2019. Вип. 95. С. 46–50.

References

1. Yablonskyi P. M., Virchenko G. A., Volokha M. P., Vorobiov O. M., Lazarchuk-Vorobiova Yu. V. Do pytannia analizu heometrychnykh modelei suchasnykh gruntoobrobnykh znariad. *Suchasni problemy modeliuвання*. 2022. Vyp. 24. S. 182–189. DOI: 10.33842/2313-125X-2022-17 {in Ukrainian}
2. Vanin V. V., Virchenko G. A., Yablonskyi P. M. Deiaki heometrychni aspekty klasyfikatsii dyskovykh robochykh orhaniv gruntoobrobnykh znariad. *Suchasni problemy modeliuвання*. 2019. Vyp. 16. S. 70–75. DOI: 10.33842/2313-125X-2019-16 {in Ukrainian}
3. Vanin V. V., Virchenko G. A., Yablonskyi P. M. Avtomatyzovane heometrychne modeliuвання dyskovykh robochykh orhaniv tekhnichnykh obiektiv. *Informatsiini systemy, mekhanika ta keruvannya*. 2019. Vyp. 21. S. 5–13. DOI: 10.20535/2219-3804212019197602 {in Ukrainian}
4. Ahmad F., Weimin D., Qishuo D., Rehim A., Jabran K. Comparative performance of various disc-type furrow openers in no-till paddy field conditions. *Sustainability*. 2017. Vol. 9, 1143. DOI: 10.3390/su9071143 {in English}
5. Sugirbay A., Zhao K., Liu G. et al. Double disc colter for a zero-till seeder simultaneously applying granular fertilizers and wheat seeds. *Agriculture*. 2023. Vol. 13(5), 1102. DOI: 10.3390/agriculture13051102 {in English}
6. Ahmad F., Weimin D., Qishuo D., Hussain M., Jabran K. Forces and straw cutting performance of double disc furrow opener in no-till paddy soil. *PLoS ONE*. 2015. Vol. 10(3), e0119648. DOI: 10.1371/journal.pone.0119648 {in English}
7. Vanin V. V., Virchenko G. A., Hetman O. H., Yablonskyi P. M. Strukturno-parametrychne formoutvorennia yak zasib intehratsii avtomatyzovanoho proektuvannya tekhnichnykh obiektiv. *Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika*. 2019. Vyp. 95. S. 46–50. {in Ukrainian}

Senior Teacher **Oleksii Vorobyov**,
vorobyov.kpi@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5314-1075
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

COMPUTER VARIANT GEOMETRIC MODELING OF DOUBLE-DISC COULTERS USING STRUCTURAL-PARAMETRIC SHAPING

At the current rather difficult stage of development of our state, which is associated with the war that has been going on for almost three years, agriculture is an important branch of the Ukrainian economy. Therefore, increasing its efficiency is a pressing scientific and industrial problem. One of the directions for solving it is the further improvement of soil-cultivating disc implements. The advantage of the latter over others is lower energy costs for carrying out various agricultural processes. They also ensure better preservation of the beneficial properties of the soil and are more compliant with existing environmental requirements.

The purpose of this publication is to highlight the proposed approach to computer variant geometric modeling of double-disc openers based on the methodology of structural-parametric shaping. The basic theoretical foundations of these tools were developed by the scientific school of applied geometry of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute» and implemented into the domestic aviation industry and other spheres of life. The conducted research shows that the developed methods and techniques of automated modeling are suitable for their productive use in agriculture, in particular for the design of double-disc openers. This means a comprehensive consideration of the design and operational requirements for the specified tools. For example, this concerns the determination of rational angles for installing discs in a horizontal plane relative to the direction of their movement, deviations from the vertical, as well as the additional positioning control considered. The criterion for the successful solution of these issues is the required nature of the furrow profile for different depths of soil cultivation. The obtained results are illustrated by constructed conceptual computer solid-state geometric models of double-disc openers and corresponding analytical graphs. It is emphasized that the presented approach requires further generalization and elaboration. This may be the subject of further relevant scientific research.

Keywords: automated design; geometric modeling; agricultural tillage implements; double-disc coulters; structural-parametric shaping.