



КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



УКРАЇНЬСЬКА РАДА
ІНЖЕНЕРІВ-БУДІВЕЛЬНИКІВ



БУДІВЕЛЬНА
ПАЛАТА
УКРАЇНИ



АКАДЕМІЯ
БУДІВНИЦТВА
УКРАЇНИ



ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»



VI Міжнародна науково-практична конференція «ЕНЕРГООЩАДНІ МАШИНИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

20-21 травня 2025 року

Присвячено 95-річчю з дня заснування КНУБА

Матеріали конференції

Київ 2025

ВЕРИФІКАЦІЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ПРОСТОРОВО ОРІЄНТОВАНОГО НОЖА НА ВИПРОБУВАЛЬНОМУ СТЕНДІ

Богдан Федішин, асистент, аспірант¹(ORCID: 0000-0003-2420-7332),

Максим Балака, доцент, кандидат технічних наук, доцент¹(ORCID: 0000-0003-4142-9703),

¹Київський національний університет будівництва і архітектури, проспект Повітряних Сил, 31, 03037, Україна

***АНОТАЦІЯ.** Для проведення експериментальних досліджень процесу різання робочого середовища просторово орієнтованими ножами відвального обладнання було модернізовано динамометричний стенд реєстрації силового навантаження авторської конструкції. Це дозволило забезпечити проведення повноцінних експериментів з урахуванням усіх чинників взаємодії робочого органу з робочим середовищем під час процесу різання. Як робоче середовище запропоновано використовувати ґрунти III–V категорій. У результаті досліджень, проведених з використанням динамометричного стенда, аналітично визначено сили різання для просторово орієнтованого ножа при різних кутах його відхилення. Ці сили виконують роботу, пов'язану з руйнуванням ґрунту та подоланням його опору різанню. Проведено верифікацію переміщення просторово орієнтованого ножа відповідно до сформульованої робочої гіпотези.*

***Ключові слова:** динамометричний стенд; різання ґрунтів; просторово орієнтований ніж; переміщення; експериментальні дослідження.*

Вступ. Під час роботи землерийної техніки її робочий орган взаємодіє з ґрунтовим середовищем, здійснюючи руйнування і відокремлення від масиву. Основні характеристики процесу різання ґрунту визначаються рядом геометричних, кінематичних, силових та енергетичних параметрів, фізико-механічними властивостями ґрунту, умовами взаємодії та конструктивними особливостями робочого органу [1, 2]. Особливу роль у цьому процесі відіграють геометричні параметри – товщина, ширина та площа зрізу, а також кути орієнтації робочого органу в просторі [3]. У більшості випадків розрахунки ґрунтуються на припущенні, що такі параметри робочого органу не змінюються в процесі взаємодії з ґрунтом.

Однак зміна параметрів при просторово орієнтованій дії окремих елементів робочого органу досліджена недостатньо. Тому питання теоретичного обґрунтування та практичної реалізації процесів різання ґрунту просторово орієнтованим ножем відвального обладнання, а також розкриття фізичної сутності цього процесу, потребують подальшого вивчення.

Аналіз літературних джерел. У працях [4, 5] наведено описи моделей з умовами роботи, що дозволяє оцінити динаміку таких систем з урахуванням зв'язків між джерелом енергії, проміжними елементами, передавальним механізмом та робочим органом.

Мета роботи. Метою даної роботи є теоретичне обґрунтування процесу різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами бульдозерного відвалу, удосконалення динамометричного стенду та верифікація переміщення ножа відповідно до сформульованої робочої гіпотези.

Матеріали і методи. Основу для аналізу становлять наукові публікації, в яких детально висвітлено робочу гіпотезу, згідно з якою рух просторово орієнтованого ножа здійснюється у поздовжньому напрямку – поступальний рух, перпендикулярний до траєкторії руху робочого органу (рис. 1). Це повинно забезпечити ефективне підрізання ґрунту завдяки зменшенню сил різання та полегшеному виведенню ґрунту із зони розробки [6]. У межах проведених досліджень було розроблено параметричну модель взаємодії просторово орієнтованого ножа з робочим середовищем [7]. Також змодельовано плани переміщення та виконано розрахунок сил різання ґрунту під час роботи таких ножів у складі відвального обладнання [8]. Окрім того, визначено коефіцієнти подібності [9], використання яких дало змогу створити фізичну модель просторово орієнтованого ножа, а також складено науково обґрунтовану методику проведення стендових експериментальних досліджень [10].

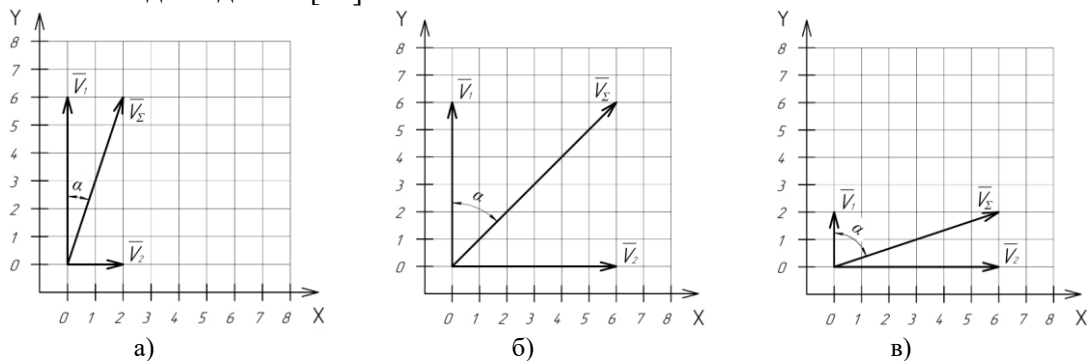


Рис. 1. Графічне відображення визначення вектора напрямку сили різання та кута α при співвідношеннях швидкостей: а) 3:1; б) 1:1; в) 1:3

Виклад основного матеріалу. Випробувальний стенд для динамометричних вимірювань складається зі станини з напрямними, по яких на роликах рухається тензометричний візок. До нього через тензометричні балки закріплено привід з просторово орієнтованим ножом (рис. 2). Візок має механізм регулювання глибини різання та переміщується горизонтально за допомогою гвинт-гайкової пари, клинопасової передачі ($u = 2,5$) і електродвигуна ($N = 2,5$ кВт, $n = 980$ об/хв) з пультом керування та кінцевими вимикачами. Привід ножа встановлено на візку і працює від двигуна ($N = 1,1$ кВт, $n = 3000$ об/хв) через систему передач ($u = 8$). Для перевірки переміщення ножа використано маркерну наклейку та дві макетні шкали (рис. 3).

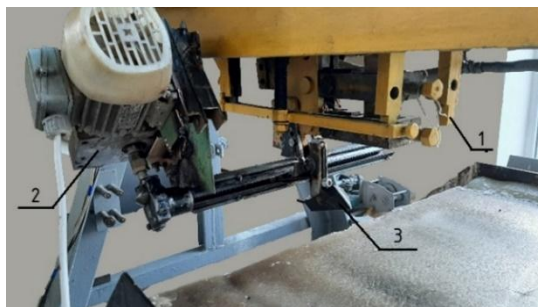


Рис. 2. Модель просторово орієнтованого ножа, закріплена у випробувальному стенді:
1 – динамометричний візок; 2 – привід просторово орієнтованого ножа; 3 – просторово орієнтований ніж

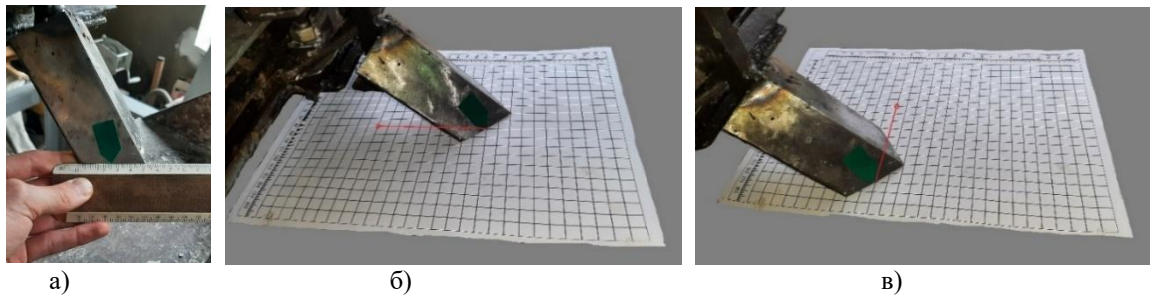


Рис. 3. Верифікація швидкості переміщення просторово орієнтованого ножа за допомогою макетної шкали: а) наклеювання маркера по центру ріжучої кромки; б) верифікація швидкості подачі ножа; в) верифікація швидкості поперечного переміщення ножа

Швидкість подачі просторово орієнтованого ножа забезпечується через електродвигун із частотним перетворювачем «Frescon» FR150A, а поперечне переміщення – за допомогою іншого приводу з перетворювачем «Suswe» T13-750W-12-H. Зміна частоти струму дозволяє регулювати швидкість руху ножа відповідно до сформульованої робочої гіпотези.

Для перевірки кута α переміщення просторово орієнтованого ножа використовується макетна шкала з кутовими поділками (крок 5°). Ніж встановлюється у нульове положення (рис. 4, а), після чого запускається за різних співвідношень швидкостей (рис. 4, б–г).

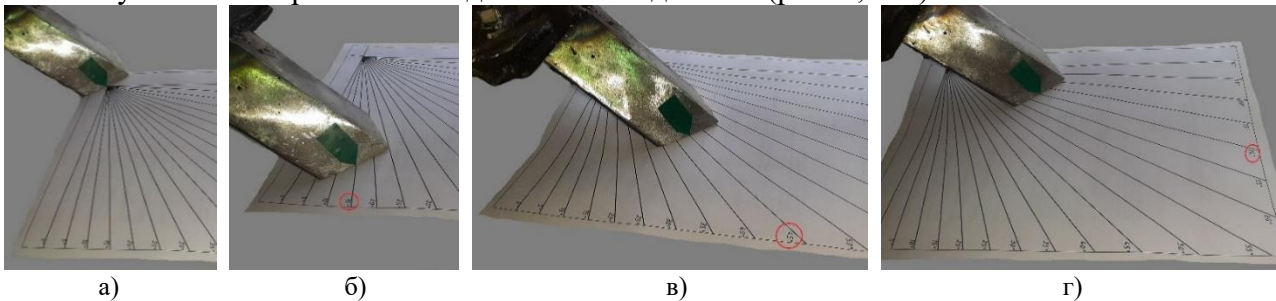


Рис. 4. Верифікація кутового переміщення просторово орієнтованого ножа за допомогою макетної шкали (з кутовими поділками): а) встановлення ножа в нульове положення; б) переміщення із співвідношенням швидкостей, що забезпечує $\alpha = 15^\circ$; в) переміщення при $\alpha = 45^\circ$; г) переміщення при $\alpha = 70^\circ$

Обговорення. Як видно з рисунків, використання частотних перетворювачів дає змогу точно контролювати швидкість подачі та переміщення просторово орієнтованого ножа відвалу, а також легко налаштовувати співвідношення між цими швидкостями. Застосування макетних шкал дозволяє чітко відслідковувати траєкторію переміщення ножа.

Висновки. Проведене доопрацювання динамометричного стенду для реєстрації силового навантаження авторської конструкції, призначеного для визначення сил різання просторово орієнтованим ножом відвального обладнання, а також подальша верифікація параметрів подачі та переміщення ножа, підтвердили можливість реалізації складної траєкторії руху та контролю співвідношень швидкостей. Все це створює умови для проведення повноцінних експериментальних досліджень з урахуванням комплексу чинників взаємодії робочого органу з ґрунтами III, IV та V категорій в процесі їх різання.

Список використаних джерел:

1. Vietrov, Yu. O. & Vlasov, V. V. (1995). Mashyny dlia zemlianykh robot. Pryklady rozrakhunku [Machines for earthworks. Calculation examples]. Kyiv: ISDO, KNUBA. 304 [in Ukrainian].
2. Baladynskiy, V. L., Livynskiy, O. M., Khmara, L. A., Fomin, A. V. & Harkavenko, O. M. (2001). Budivelna tekhnika [Construction machinery]. Kyiv: Lybid, 367 [in Ukrainian].
3. Smirnov, V. M. (2009). Osnovy teorii rizannia gruntiv prostорово orietovanymy nozhamy zemleryinyh mashyn [Theory basics of soil cutting with spatially oriented knives of earthmoving machines]. Kyiv: MP Lesya. 260 [in Ukrainian].
4. Pochka, K., Prystailo, M., Delembovskyi, M., Balaka, M., Maksymiuk, Y. & Polishchuk, A. (2025). Features of the Dynamic Interaction Between the Elastically Deformed Working Body of a Ripper-Pick and the Soil. In: Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Karpenko, M., Stosiak, M. (eds) TRANSBALTICA XV: Transportation Science and

- Technology. TRANSBALTICA 2024. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-85390-6_52.
5. Loveikin, V. S., Pochka K. I., Prystailo, M. O., Balaka, M. M. & Pochka, O. B. (2021). Dynamic balancing of roller forming unit drive. *Strength of Materials and Theory of Structures*, Issue 107, P. 140-158. DOI: 10.32347/2410-2547.2021.107.140-158.
 6. Rashkivskiy, V. & Fedyshyn, B. (2023). Development of the information model of the soil cutting process spatially oriented knife of dynamic action. *Girnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny*, (102), 24–30. <https://doi.org/10.32347/gbdmm.2023.102.0301>.
 7. Rashkivskiy, V. P. & Fedyshyn, B. M. (2023). Development of a parametric model of the spatially oriented knife on the bulldozer blade. *Strength of Materials and Theory of Structures*, Issue 111, P. 263–275. DOI: 10.32347/2410-2547.2023.111.263-275.
 8. Rashkivskiy, V. P. & Fedyshyn, B. M. (2023). Modelling of soil destruction process by bulldozer using a spatially oriented working unit. *Transfer of innovative technologies*, 6(1), 58–70. <https://doi.org/10.32347/tit.2023.61.0202>.
 9. Rashkivskiy, V. P., Prystailo, M. O., Fedyshyn, B. M. & Besida, A. S. (2025). Development of a physical model and determination of similarity coefficients of a spatially oriented knife of a bulldozer blade. *Visnyk of Kherson National Technical University*, 1(1(92)), 198–203. <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.1.25>.
 10. Rashkivskiy, V., Prystailo, M., Fedyshyn, B. & Balaka, M. (2025). Methods of conducting a bench-scale experimental study with a spatially oriented knife of a bulldozer blade. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 4(1), 79–92. <https://doi.org/10.46299/j.isjea.20250401.07>.