

## Створення та аналіз моделі просторово орієнтованого ножа землерийної техніки за допомогою CAD програм

Богдан Федішин, асистент<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-2420-7332)

<sup>1</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Україна

### АНОТАЦІЯ

У статті використано підходи до створення та комп'ютерного випробування моделі експериментальної установки для різання ґрунту просторово-орієнтованими робочими органами землерийних машин, що використовуються на будівельних майданчиках. На сьогодні існує потреба в ефективному виконанні будівельних робіт, пов'язаних з експлуатацією будівельної техніки з відвальним обладнанням. Це, в свою чергу, ставить завдання визначення продуктивності механізованих земляних робіт в різних робочих середовищах. Створення такої комп'ютерної моделі експериментальної установки обумовлено необхідністю постійного вдосконалення існуючого обладнання та створення нового з урахуванням існуючих потреб відповідно до робочої гіпотези. Результати узагальнено у вигляді табличних даних та графічного відображення.

**Ключові слова:** параметризація, ніж бульдозера, просторово орієнтований, сила різання, кут повороту в плані, випробувальний стенд.

### 1. ВСТУП

На сьогодні існує можливість широкого використання CAD програм в машинобудуванні, так як за їх допомогою можна швидко змінювати параметризацію, матеріали, та інші конфігурації моделі робочих органів, а також проводити велику кількість моделювання навантажень, деформацій та інших досліджень.

### 2. МЕТА РОБОТИ

За допомогою CAD систем створити модель робочого органу просторово орієнтованим ножем динамічної дії, та забезпечити контрольоване складне переміщення ножа в масиві парафіну при цьому симулювати різні види роботи, навантажень та резонансу.

### 3. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робоча гіпотеза базується на тому, що поєднання позитивних ефектів зниження енергоємності руйнування просторово орієнтованим ножем та високошвидкісного різання дозволить отримати загальне зниження енергоємності руйнування ґрунту відвальним робочим органом. Схематичне відображення робочої гіпотези на (рис. 1) [5].

При роботі просторово орієнтованого ножа виникають три сили різання фронтальна, ортогональна та сила різання по нормалі, на них впливає параметризація просторово орієнтованого ножа [1, 4].

Відповідно до нашої робочої гіпотези було побудовано складний план переміщення просторово орієнтованого ножа, (рис. 3) [2].

Далі відповідно до плану переміщення та питомих опорів робочого середовища було проведено розрахунки сил різання для аргілітової глини на робочій глибині що відображено на графіках (рис. 4) [3].

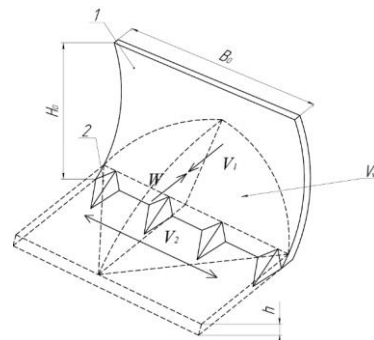


Рисунок 1. Схематичне зображення траєкторій руху робочого органу: 1 - відвал бульдозера; 2 - просторово-орієнтований ніж динамічної дії;  $V_1$  - траєкторія руху бульдозера;  $V_2$  - траєкторія просторово-орієнтованого ножа динамічної дії;  $B_0$  - ширина відвалу;  $H_0$  - висота відвалу;  $h$  - товщина шару, що зрізається

Відомо що взаємодія просторово орієнтованого ножа з робочим середовищем складається з трьох складових сил різання (рис. 2):

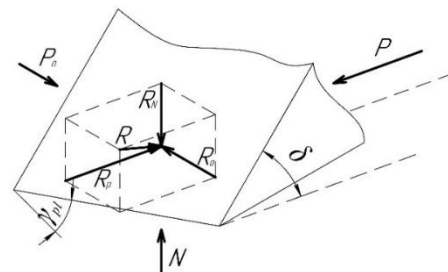


Рисунок 2. Схематичне зображення сил різання

$P$  – лобова сила різання;  $N$  – сила різання по нормалі;  $P_0$  – ортогональна сила різання.

На дані сили різання впливають наступні геометричні параметри:

$b$  – ширина ножа;  $h$  – глибина різання;  $\delta$  – кут різання;  $\gamma_{pl}$  – кут повороту в плані.

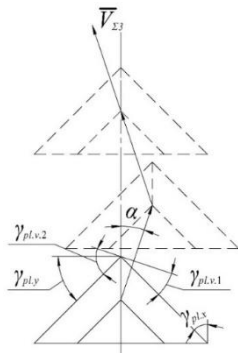


Рисунок 3. План переміщення просторово орієнтованого ножа: при куті  $\alpha < 45^\circ$

Таблиця 1: Питомий опір робочого середовища

Soil	$m_f$ , MPa	$m_s$ , MPa	$m_{s.c}$ , кN/m
Paraffin	0,05	0,008	1,26
Marl clay	0,3	0,021	0,4
Loam	0,15	0,013	1,42
Argillite	0,25	0,024	5,47

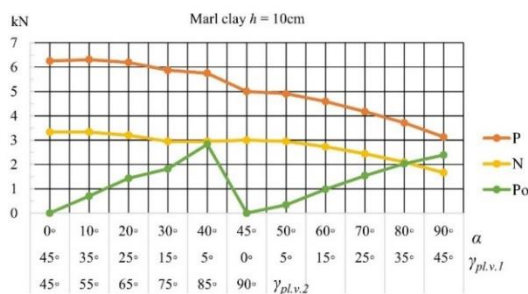


Рисунок 4. Сили різання в аргілітовій глині на робочій глибині

#### 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Створення комп'ютерної моделі просторово орієнтованого ножа динамічної дії з приводом для забезпечення його складного переміщення (рис. 5).

Далі було програмно розраховану кінцеву сітку елементів яка дає точність комп'ютерних емуляцій навантажень та деформацій (рис. 6).

Після чого прикладено до моделі навантаження відповідно до пікових значень сил різання в розрахунках (рис. 7)

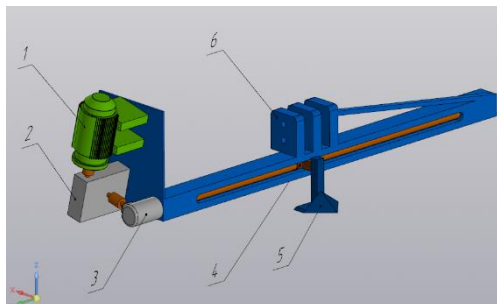


Рисунок 5. Загальний вигляд моделі робочого органу

1 – електродвигун; 2 – черв'ячна передача; 3 – конічна передача; 4 – передача гвинт-гайка; 5 – просторово орієнтований ніж; 6 - провувшини

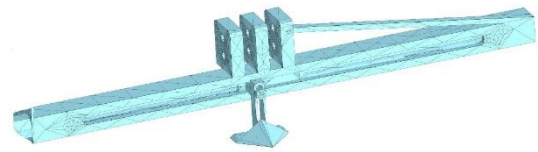


Рисунок 6. Сітка кінцевих елементів моделі робочого органу

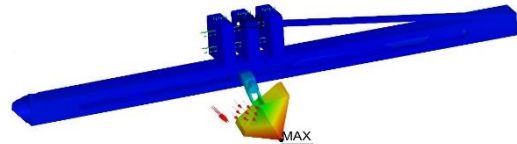


Рисунок 7. Деформації ножа

#### 5. ВИСНОВОК

Створення 3D моделі випробувальної установки дає можливість зрозуміти масштаб та порядок створення реальної зменшеної в масштабі моделі просторово орієнтованого ножа бульдозера та механізм переміщення.

Ще однією перевагою комп'ютерного моделювання є можливість проведення безлічі комп'ютерних аналізів з різними вхідними показниками що в подальшому зменшує можливість похибки між математичною моделлю та експериментальними даними, так як забезпечує більшу вибірку даних.

#### Список літератури

- [1] Смірнов В. М. Основи теорії різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами землерийних машин. К.: «МП Леся», 2009. 260 с.
- [2] Rashkivskiy V., Fedyshyn B. Modelling of soil destruction process by bulldozer using a spatially oriented working unit. *Transfer of Innovative Technologies*. 2023. Vol. 6(1). P. 58–70. URL: <https://doi.org/10.32347/tit.2023.61.0202>.
- [3] Rashkivskiy V., Fedyshyn B. Development of a parametric model of the spatially oriented knife on the bulldozer blade. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2023. Vol. 111. P. 263–275. URL: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.111.263-275>.
- [4] Рашківський В., Фецишин Б. Аналіз засобів різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами динамічної дії землерийних машин. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини*. 2020. №. 96. С. 28–34. URL: <https://doi.org/10.32347/gbdmm2020.96.0401>.
- [5] Рашківський В., Фецишин Б. Аналіз характеру стружкоутворення при роботі просторово орієнтованими ножами динамічної дії. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини*. 2021. №. 97. С. 57–61. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0402>.