

УДК 621.878.23-182.38

Аналіз характеру стружкоутворення при роботі просторово-орієнтованими ножами динамічної дії

Володимир Рашківський¹, Богдан Федішин²

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна,

¹rashkyvskyu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5369-6676>

²fedyshyn_bm@knuba.edu.ua

Received: 10.03.2021; Accepted: 10.05.2021

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0402>

Анотація. Представлено результати аналізу характеру стружкоутворення при лобовому та косокутному різанню ґрунтів. Досліджувались експериментальні дані різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами професора В.М. Смірнова, де було проведено ряд експериментів з використанням ножів косокутного різання, а саме: планувального ножа шириною 25 см; гострокутного ножа шириною 3, 5, 7 і 10 см з кутом різання 30, 50, 70 та 90 градусів і кутом повороту в плані 0°, 22°30', 45° і 67°30'. Складено гіпотезу стружкоутворення при роботі просторово орієнтованого ножа динамічної дії.

Ключові слова: косокутне різання, просторово орієнтований, стружкоутворення

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Копання ґрунтів є однією з найбільш енергоємних операцій землерийних машин. Великий вплив на енергоємність копання роблять кінематичні умови та конструкція робочого органа. Тому, особливо актуальним являється питання, визначення енергоємності копання та кінематики руху, робочого органа з просторово орієнтованим ножом динамічної дії. Одним з показників є стружкоутворення, але сигналізує як протікає процес різання ґрунту.

МЕТА РОБОТИ

Встановлення характеру стружкоутворення під час розробки ґрунту просторово орієнтованими ножами динамічної дії, та побудова гіпотези розробки ґрунтів робочим органом з

просторово орієнтованим ножом динамічної дії.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основним способом механічної розробки ґрунтів являється, різання з відокремленням стружки. При цьому способі розробки ґрунтів також є різновиди в залежності від геометричних умов. Основними геометричними умовами відокремлення ґрунтової стружки, визначаються різновидами способів механічної розробки ґрунтів, пропонується вважати положення кромки ріжучого клина відносно напрямку різання і поверхні масиву, обриси ріжучої кромки, обриси і кількість робочих поверхонь ріжучого клина, число поверхню так званого бокового зрізу і так званих блокованих поверхонь зрізу. По цим признакам виділені різновиди процесу і створена класифікація видів різання з відокремленням стружки [1].

При роботі землерийної машини її виконавчий механізм взаємодіє із ґрунтом, руйнуючи й відокремлюючи його від масиву. Основними характеристиками процесу копання є геометричні, кінематичні, силові й енергетичні параметри а також показники, що визначають фізичні особливості руйнування ґрунту, і властивості ґрунту як об'єкта взаємодії, конструкції робочого органа й умов взаємодії робочого органа з ґрунтом.

Робочий орган землерийної техніки долає комплекс опорів ґрунту, який називається опором копанню. Сила, що приклада-

ється до робочого органу для подолання цього опору по дотичній траєкторії руху, називається силою копання, а по нормалі до траєкторії – нормальною силою копання. Установлено що сила різання становить істотну частину сили копання, а в ряді випадків – переважну частину.

Сила різання, в той же час є найбільш змінною її частиною в часі. Це внаслідок коливальної природи процесу різання. Коливання сили відбувається в результаті періодичності відділення елементів зрізу, варіації міцнісних властивостей ґрунтів, непостійності геометричних і кінематичних параметрів процесу, а також інших факторів.

Особливість процесу копання полягає в тому, що його силові й енергетичні показники залежать від кінематичних умов, та від геометричних параметрів – товщини, ширини і площі зрізу, а також від кутів орієнтації робочого органу в просторі.

Признак класифікації:

- по положенню ріжучої кромки інструмента відносно напрямку різання;
- по обрисам робочої поверхні ріжучого клина;
- по обрисам ріжучої кромки;
- по числу робочих поверхонь ріжучого клина;
- по положенню ріжучої кромки відносно поверхні масиву;
- по числу поверхонь зрізу;
- по числу блокованих поверхонь зрізу;

Вид різання з відокремленням стружки:

- прямокутне, косокутне;
- плоским клином, криволінійним клином;
- клином з прямолінійною, криволінійною або ломаною ріжучою кромкою;
- клином з однією, двома або декількома робочими поверхнями;
- паралельно поверхні масиву, під прямим кутом, під косим кутом до неї;
- з однією, двома або трьома поверхнями зрізу;
- блоковане, вільне, напівблоковане.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Характер і особливості утворення стружки як засіб для пояснення процесу і пошуку способу керування ним. Однією з ознак процесу різання ґрунтів являється тип стружкоутворення. Стружка поділяється на чотири типи:

- Зливна;
- Ступінчаста;
- Елементна;
- Відривна.

Зливна стружка відрізняється формою цілісної стрічки, гладкою зі сторони різця і шорсткою, але майже без нерівностей на зовнішній стороні.

Ступінчаста стружка це як видозмінена елементна. Відрізняється лише тим, що послідовні елементи які вилучаються з масиву з'єднуються знову. Така стружка має гладку поверхню зі сторони різця і ступінчасту зовні.

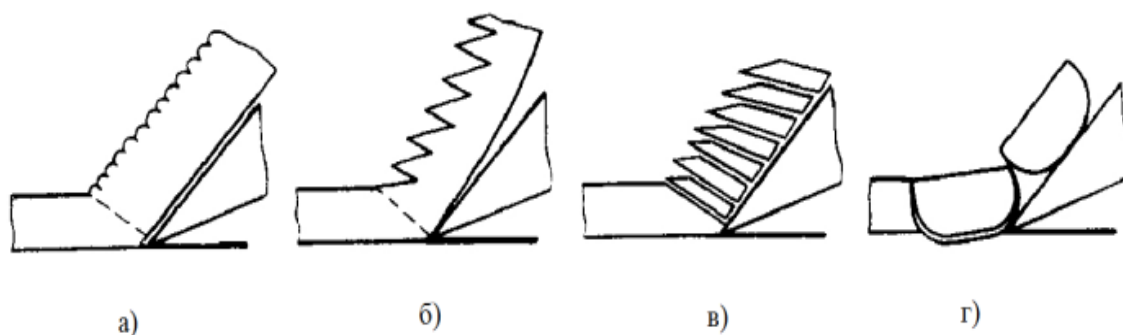


Рис. 1. Види стружки при різанні ґрунтів: а) зливна; б) ступінчаста; в) елементна; г) відривна

Fig. 1. Types of shavings when cutting soils: a) drain; b) stepped; c) elemental; d) detachable

Елементна стружка складається з окремих кусочків а форма має закономірність.

Відривна стружка утворюється у вигляді незв'язних між собою кусків матеріалу неправильної форми [1].

Також досліджувались експериментальні дані різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами професора В. М. Смірнова [3]. Де було проведено ряд експериментів з використанням ножів косокутного різання а саме: планувальний ніж шириною 25см; гострі ножі шириною 3,5,7 й 10 см. з кутом різання 30,50,70 й 90 градусів і з кутом повороту в плані 0°; 22°30'; 45° й 67°30'. Всі дослідницькі ножі мали однакову різальну кромку й задній кут різання 10°.

Руйнування ґрунтів і середовищ при різанні ножами супроводжується формуванням стружки, відокремлюваної від масиву. Стружка є свого роду відбивачем внутрішніх змін у матеріалі. Тому характер й особливості утворення стружки здобувають значення як засіб для пояснення процесу й відшукування способу керування ним. Одним з ознак процесу різання ґрунтів є тип стружкоутворення [1].

Характер стружкоутворення в ґрунті може змінюватися залежно від геометричних умов процесу різання.

Відомо, що при прямокутному блокованому різанні ґрунтів зі зміною глибини (товщини) зрізу спостерігається зміна видів стружкоутворень у того ж самого ґрунту. При тонких зрізах утворюється зливна стружка, але після збільшення товщини зрізу починає відокремлюватися стружка ступінчаста й елементна. При деякій глибині зрізу руйнування супроводжується утворенням одного великого елемента у лобовій поверхні ножа, тобто ширина зрізу й ширина елемента стають рівними. Пояснення полягає в тім, що процес різання із пластичним деформуванням ґрунту в межах всієї товщини зрізу переходить у процес різання із пластичним деформуванням тільки частини ґрунту відокремлюваного елемента. Це явище знайшло підтвердження в серії дослідів по різанню досліджуваних ґрунтів ножами з кутом повороту в плані 0°; 22°30'; 45° й 67°30' [3].

Досліди показали, що при різних кутах

різання ґрунтова стружка формується по-різному. При куті різання 30° між наступними відділеннями від масиву двох великих елементів стружки (характерною рисою їх є пересічення поверхні відділення з горизонтальною поверхнею масиву) відокремлюються також дрібні елементи стружки. Число проміжних елементів стружки в 3-5 разів більше числа великих елементів, у той час як маси їх перебувають у співвідношенні 1:7-1:10. Збільшення кута різання до 50° супроводжується зменшенням числа проміжних елементів стружки й ростом їхньої маси. При куті різання 70° поверхні відділення всіх елементів стружки перетинаються з горизонтальною поверхнею масиву, а при куті різання 90° маса елементів, що відокремлюються, практично постійна або утворюється зливна стружка.

Таким чином, з ростом кута різання зменшується об'єм ґрунту, що відокремлюється від масиву, зростають у ньому пластичні деформації, виникають витрати енергії на деформування масиву під різальною кромкою ножа, енергоємність різання збільшується.

Неодночасність відділення елементів стружки виникає у випадках, коли ширина ножа (при незмінній ширині зрізу) у багато разів перевищує товщину зрізу. У тих випадках, коли ширина ножа порівнянна з товщиною зрізу або менше товщини зрізу, це явище не виникає.

Внаслідок неодночасності відділення елементів стружки по ширині зрізу збільшується коефіцієнт енергоємності. Відбувається це тому, що максимумами сил різання зменшуються, а мінімумами їх зростають. Через більше здрібнювання ґрунту збільшується також енергоємність процесу різання.

Було знайдено закономірності при зміні кутів різання й повороту ножа в плані, що доцільно надавати різальному інструменту землерийних машин кута різання не більше 35-40° і кута повороту в плані не більше 30-45° для найбільш продуктивного різання ґрунту.

Робоча гіпотеза базується на тому що рух просторово орієнтованого ножа, буде здійснюватись позовжньо – поступальним

рухом, перпендикулярно до траєкторії руху робочого органа. Що схематично зображено на (Рис. 2).

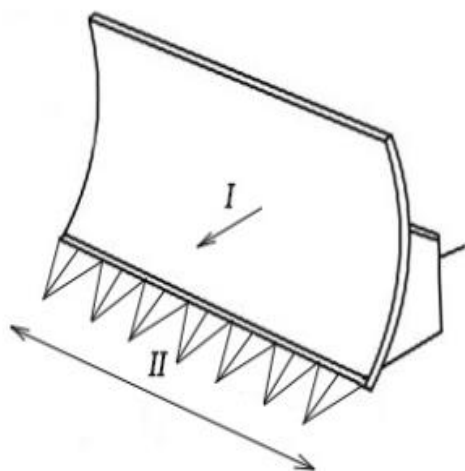


Рис. 2. Схематичне зображення траєкторій руху робочого органа: I) траєкторія руху робочого органа; II) траєкторія руху просторово орієнтованого ножа динамічної дії

Fig. 2. Schematic representation of the trajectories of the working body: I) the trajectory of the working body; II) the trajectory of the spatially oriented knife of dynamic action

Динамічний рух ножа буде виконуватись за допомогою автоколивального гідравлічного вібратора [4] (Рис. 3).

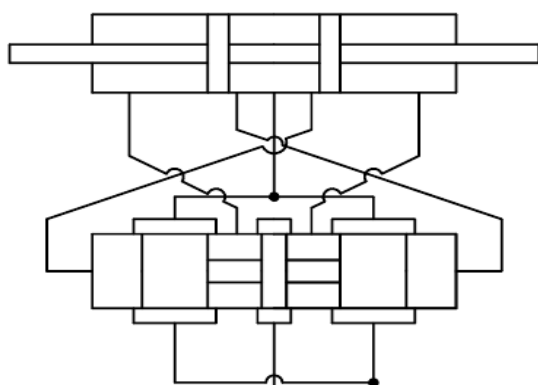


Рис. 3 Автоколивальний гідравлічний вібратор

Fig. 3 Self-oscillating hydraulic vibrator

Розробка такого рішення втілювалась на кафедрі будівельних машин КНУБА, передумовами слугували напрацювання колективу, зокрема проф. Смірнова В. М. [3] у

відношенні конструктиву робочого органа та проф. Баладінського В. М. [2] у відношенні закономірностей створення динамічних рухів різальних елементів землерийних машин. А також, по працям д.т.н Хмара Л. А. у відношенні інтенсифікації механізації земляних робіт в будівництві [5].

На нашу думку, дане переміщення робочого органа і просторово орієнтованого ножа динамічної дії повинно створювати дві сили різання, які паралельні до траєкторії руху. При розробці ґрунтів, дані сили будуть об'єднуватись в сумарну силу різання, (Рис. 3). Тому від геометричних параметрів як кут повороту в плані, не більше $30-45^\circ$, просторово орієнтованим ножем динамічної дії, будуть залежати сили різання які виникають при взаємодії з ґрунтом, та характер стружкоутворення і в цілому на енергоємність копання та для найбільш продуктивного різання ґрунту.

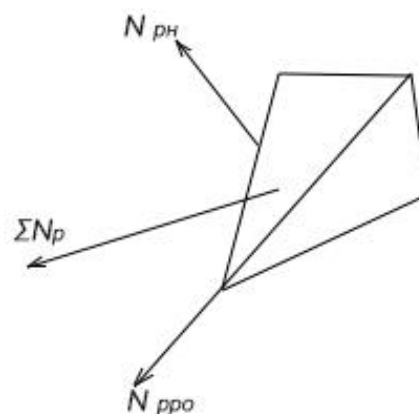


Рис. 3. N_{pn} – сила різання просторово орієнтованим ножем динамічної дії; N_{ppo} – сила різання паралельно траєкторії руху робочого органа; ΣN_p – сумарна сила різання

Fig. 3. N_{pn} – cutting force with a spatially oriented knife of dynamic action; N_{ppo} – cutting force parallel to the trajectory of the working body; ΣN_p – is the total cutting force

Очікується, що динамічний рух двогранного ножа не суттєво вплине на ущільнення ґрунту по траєкторії свого руху, а навпаки спричинить відокремлення його шляхом підрізання, цим самим полегшуючи від-

кремлення стружки та зменшення енергоємності процесу різання.

Ідея робочої гіпотези ефективності роботи просторово орієнтованого ножа підлягає наступному геометричному моделюванню.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано праці професора Ю. А. Ветрова, та професора В. М. Смірнова.

2. Процес різання із пластичним деформуванням ґрунту в межах всієї товщини зрізу переходить у процес різання із пластичним деформуванням тільки частини ґрунту відокремлюваного елемента. Це явище знайшло підтвердження в серії дослідів по різанню досліджуваних ґрунтів ножами з кутом повороту в плані 0° ; $22^\circ 30'$; 45° й $67^\circ 30'$.

3. Встановлено, закономірності при зміні кутів різання й повороту ножа в плані, що доцільно надавати різальному інструменту землерийних машин кута різання не більше $35-40^\circ$ і кута повороту в плані не більше $30-45^\circ$ для найбільш продуктивного різання ґрунту.

4. Побудовано гіпотезу розробки ґрунтів робочим органом з просторово орієнтованим ножем динамічної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Ветров Ю. А.** Резание ґрунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971 – 357 с.
2. **Баладінський В. Л.** Будівельна техніка: навчальний посібник. Київ: Либідь, 2001. 368 с.
3. **Смірнов В. М.** Основи теорії різання ґрунтів просторово орієнтованими ножами землерийних машин / К.: «МП Леся», 2009 – 260 с.
4. **Пат. Україна № 53190**, кл. E02F 3/04. Робочий орган землерийно-транспортної машини активної дії / В. Л. Баладінський, Є. Л. Пеле-

він, В. П. Рашківський, В. М. Смірнов, Р. М. Солонко. Оpubліковано 15.01.03 Бюл. № 1.

5. **Хмара Л. А., Балонев В. И.** Повышение производительности машин для земляных работ. – К.: Будівельник, 1988. – 152 с.

REFERENCES

1. **Vetrov Yu. A.** (1971). Rezanye hruntov zemleroinymy mashynamy. Moscow, Mashynostroenye, 357.
2. **Baladins`kyi V. L.** (2001). Budivel`na tehnika: navchal`nyi posibnyk. Kyiv, Lybid`, 368.
3. **Smirnov V. M.** (2009). Osnovy teorii rizannia gruntiv prostорово orietovanymy nozhamy zemleryinyh mashyn. Kyiv, "MP Lesya", 260.
4. **Baladinsky V. L., Pelevin E. L., Rashkivsky V. P., Smirnov V. M., Solonko R. M.** (2003). **Patent Ukraine** No. 53190, class. E02F 3/04. Published 15.01.03 Bull. No.1.
5. **Khmara L. A., Balonev V. Y.** (1988). Povysheniie proizvoditelnosti mashyn dlia zemlianykh rabot, Kyiv, Budivelnyk, 152.

Analysis of character nature in the work of spatially oriented knives of dynamic action

Volodymyr Rashkivskiy¹, Bohdan Fedyshyn²

*Kyiv National University of
Construction and Architecture*

Abstract. The results of the analysis of the nature of chip formation in frontal and oblique cutting of soils are presented. Experimental data of soil cutting with spatially oriented knives of Professor Smirnov V.M. Where a number of experiments were carried out using knives of oblique cutting, namely: planning knife 25 cm wide; sharp knives 3,5,7 and 10 cm wide with a cutting angle of 30, 50, 70 and 90 degrees and with a rotation angle of 0° ; $22^\circ 30'$; 45° and $67^\circ 30'$. The hypothesis of chip formation at work of the spatially oriented knife of dynamic action is made.

Keywords: oblique cutting, spatially oriented, chip formation.