

УДК 674.05.053: 621.93

**ОСОБЛИВОСТІ КІНЕМАТИКИ ПРОЦЕСУ ОРТОГОНАЛЬНОГО
ПИЛЯННЯ КОЛОД КРУГЛИМИ ПИЛКАМИ**

Пилипчук М.І., канд. техн. наук; Бурдяк М.Р., магістр
(Національний лісотехнічний університет України)

Розглянуто особливості кінематики процесу ортопиляння колод круглими пилками та за допомогою графо-аналітичного методу встановлено кінематичні залежності траєкторії стружкоутворення в процесі ортопиляння.

Актуальність теми дослідження. Спосіб ортопиляння колод круглими пилками відомий у деревообробній галузі вже біля 50 років. Але найбільш інтенсивний розвиток цього способу пиляння відбувся за останні 20 років, що пояснюється впровадженням новітніх технологій виготовлення клеєного бруса. У світі існує більше двох десятків фірм, які займаються виготовленням круглопилкових верстатів для ортопиляння[1] та, не зважаючи на це, на сьогодні відсутні ґрунтовні дослідження особливостей кінематики процесу ортопиляння колод круглими пилками, що впливають на режимні показники процесу різання і якість випилюваних пиломатеріалів. Тому вважаємо за необхідне розглянути особливості ортопиляння колод круглими пилками з метою встановлення основних кінематичних залежностей для визначення режимних показників процесу ортопиляння.

Особливості процесу ортопиляння круглими пилками. Круглопилкові верстати ортопиляння призначені для розпилювання колод на обрізні пиломатеріали. Принципова схема круглопилкового верстата для поздовжнього розпилювання колод із двома ортогонально розміщеними пилками та супортною подачею наведена на рис. 1. Основними перевагами даного верстата є забезпечення розкрою колод на обрізні пиломатеріали радіального розкрою та відсутність холостого ходу супорта.

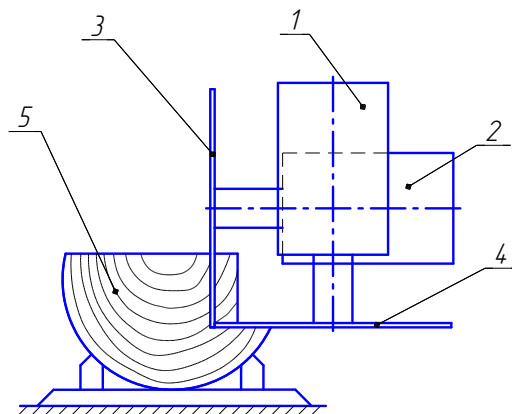


Рис. 1. Принципова схема круглопилкового верстата для поздовжнього розпилювання колод із двома ортогонально розміщеними пилками:

1, 2 – електродвигун; 3, 4 – кругла пилка; 5 – заготовка(колода).

Особливості процесу ортопиляння обумовлені принципом роботи верстата, технологічним призначенням та конструюванням механізмів різання. На рис. 2 наведено принципові схеми пиляння вертикальною та горизонтальною пилками, за допомогою яких можна охарактеризувати основні особливості процесу пиляння на даному верстаті.

Найперше слід відмітити, що це один із верстатів для розпилювання колод, в якому не скрізне різання пилками, тобто *глухе пиляння*. Під час такого пиляння ускладнюється винесення стружки з пропилу, що негативно впливає на роботу пилок.

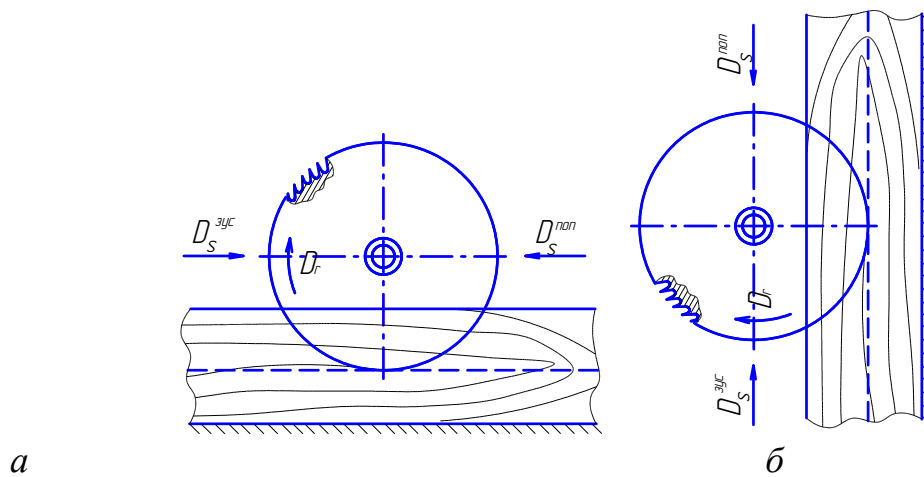


Рис. 2. Схема глухого різання в процесі ортопиляння:
a – вертикальною пилкою; *б* – горизонтальною пилкою

Особливі умови пиляння горизонтальною пилкою можна більш детально розглянути за допомогою схем її розміщення під час різання, що наведені на рис. 3.

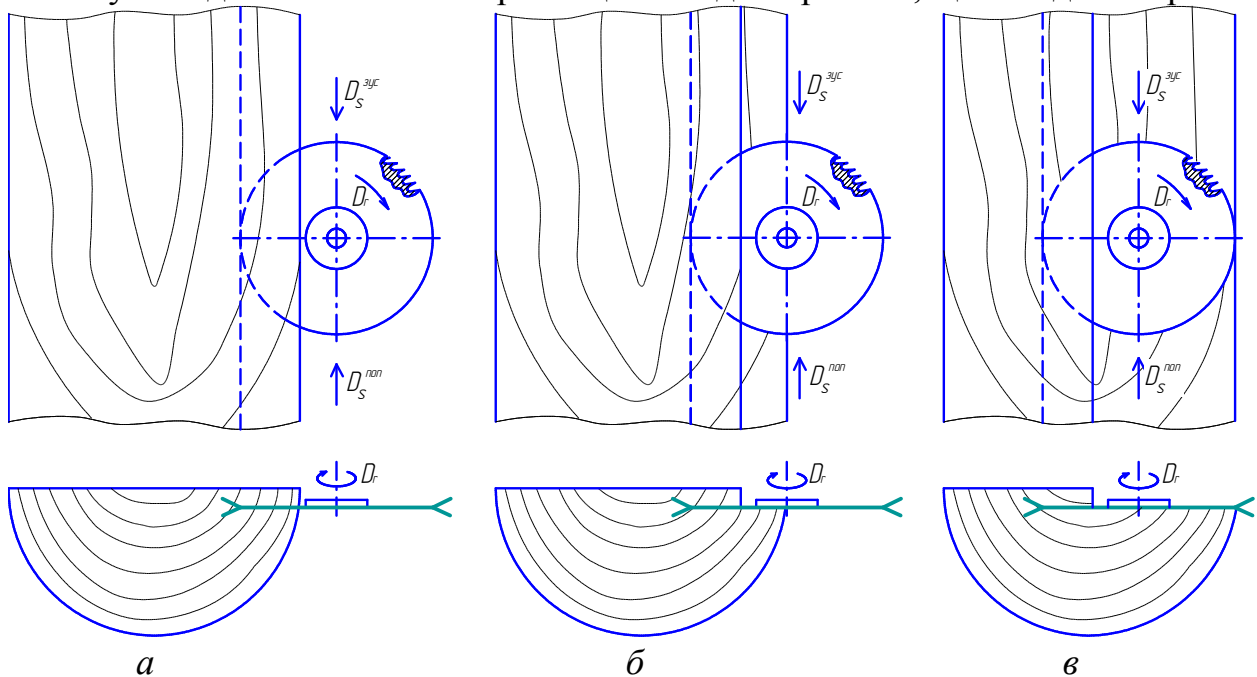


Рис. 3. Схеми можливого розміщення горизонтальної пилки в процесі ортопиляння відносно колоди: *a* – початкове; *б* – середнє; *в* – повне.

Горизонтальна пилка кріпиться на валу однією планшайбою із потайними болтами, що дозволяє її переміщення перпендикулярно до заготовки на всю довжину діаметра. Тобто, пилка може всією площею диска контактувати із поверхнею оброблення заготовки (рис. 3, *в*). Це призводить до ускладнення роботи горизонтальної пилки, так як при не значних похибках кріплення пилки та вібрації диска відбувається тертя нижньої поверхні диска до стінки пропилу, що викликає нагрівання диска і втрати жорсткості пилки. Можна виділити три характерних положення пилки відносно заготовки (рис. 3): *початкове*, *середнє* і *повне* переміщення диска пилки відносно оброблюваної поверхні колоди.

Рух різання і рух подачі виконуються пилками, тобто суміщені основні рухи і

забезпечуються пилковим супортом при нерухомій колоді. Пилковий супорт виконує зворотньо-поступальний рух, під час якого здійснюються два робочих ходи. В наслідок цього, пилки під час руху супорта вперед ріжуть із зустрічною подачею, а під час зворотнього ходу – із попутною подачею.

Ще однією особливістю різання на верстаті є черговість способу різання пилками відносно подачі, із зустрічною і попутною. Від цього залежить характер стружкоутворення під час різання. На рис. 4. наведено схеми стружкоутворення під час зустрічної і попутної подачі. Під час зустрічної подачі товщина стружки змінюється від мінімальної на вході пилки в пропили і до максимальної на виході. Також стружка виноситься із глухої частини пропили у відкриту, що покращує умови вивозу стружки з пропили. Під час попутної подачі все відбувається навпаки, на вході пилки в зону різання стружка має максимальну товщину і заноситься в глуху частину пропили і тільки потому виноситься на зовні з другого боку. Вважаємо такі умови різання значно складнішими, що відповідно буде впливати на якість процесу пиляння, особливо горизонтальною пилкою.

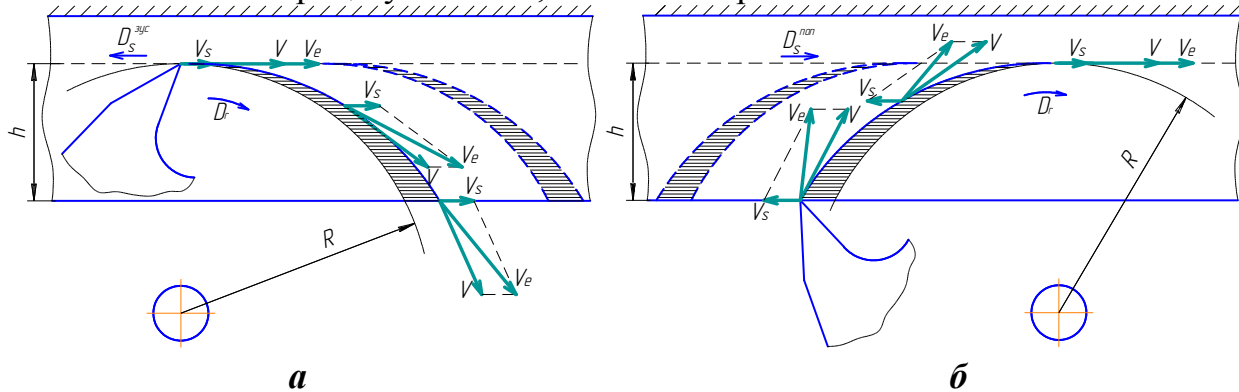


Рис. 4. Схеми стружкоутворення глухого різання в процесі ортопиляння:
а – під час зустрічної подачі; б – під час попутної подачі.

На основі аналізу принципу розпилювання колод на верстаті з двома ортогонально розміщеними круглими пилками на рухомому супорті визначено наступні основні особливості даного процесу пиляння:

- **глухе різання двома пилками;**
- **горизонтальне розміщення пилки великого діаметра;**
- **суміщення руху різання і подачі на пилках;**
- **черговість процесу різання із зустрічною і попутною подачею**

На основі виконаного аналізу особливостей процесу ортопиляння круглими пилками встановлено, що основною характерною відмінністю, що ускладнює організацію даного процесу, є глухе різання горизонтально розміщеною пилкою великого діаметра під час попутної подачі. Тому вважаємо за необхідне розглянути кінематику глухого різання круглими пилками під час зустрічної і попутної подачі.

Кінематика процесу ортопиляння колод круглими пилками. Для організації процесу поздовжнього різання круглою пилкою необхідно мати два рухи: рух різання D_r і рух подачі D_s . Рух різання необхідний для зрізання стружки. Рух подачі необхідний для того, щоб процес зрізання стружок періодично повторювався [2].

Технологічна схема поздовжнього ортопиляння колод організована так, що рух різання і подачі здійснюється пилками, а заготівка є нерухомою. Кругла пилка обертається і її вісь обертання переміщається поступально, здійснюючи рух подачі. Особлива відмінність схеми ортопиляння в тому, що під час ходу пилкового супорту вперед процес різання здійснюється із зустрічною подачею, а під час зворотнього ходу – із попутною подачею.

Траєкторія, яку описують головні різальні кромки лез зубів під час руху різання є траєкторією різання (рис. 5). Вершини лез зубців A та B здійснює рух по колу з радіусом R з кутовою швидкістю ω .

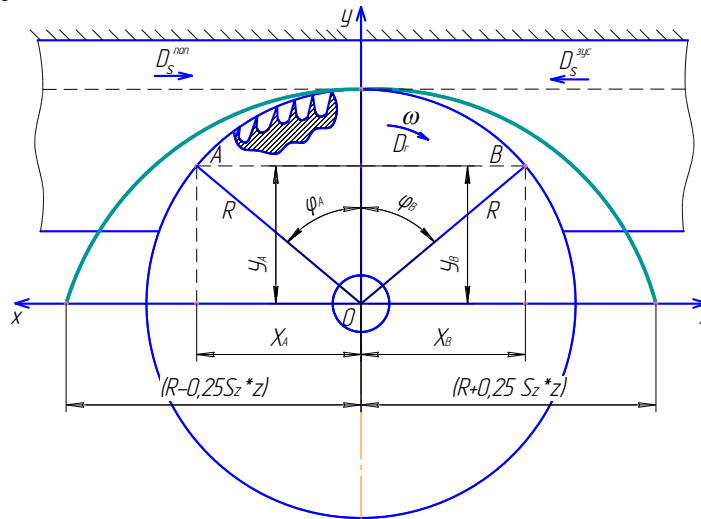


Рис. 5. Схеми дійсної траєкторії різання при попутній і зустрічній подачі.

Параметричні рівняння руху точок A при попутному та B при зустрічному пилянні за час t можна записати у вигляді:

$$x_1^A = R \cdot \sin \varphi_A = R \cdot \sin \omega t; \quad y_1^A = R \cdot \cos \varphi_A = R \cdot \cos \omega t. \quad (1)$$

$$x_1^B = R \cdot \sin \varphi_B = R \cdot \sin \omega t; \quad y_1^B = R \cdot \cos \varphi_B = R \cdot \cos \omega t. \quad (2)$$

Траєкторію руху вершини лез зубів під час обертання пилки можна описати математичною залежністю [3]:

$$x = \sqrt{R^2 - y^2}. \quad (3)$$

Траєкторія, по якій рухається заготівка це пряма лінія за напрямом D_s . Переміщення вершини леза зуба пилки в матеріалі заготівки проходить по дійсній траєкторії різання (див. рис. 5). Її рівняння можна отримати на основі рівнянь руху леза зуба (по колу) та матеріалу, що розпилюється (по прямій) в координатах x - y .

Параметричне рівняння руху заготівки по прямій зі швидкістю v_s за час t :

$$x_2 = v_s t; \quad y_2 = 0 \quad (4)$$

Склавши ці параметричні рівняння отримаємо рівняння дійсного руху вершини леза зуба під час пиляння при зустрічному та попутному пилянні:

$$x^{zyc} = x_1 + x_2 = R \sin \omega t + v_s t; \quad y^{zyc} = y_1 + y_2 = R \cos \omega t \quad (5)$$

$$x^{non} = x_1 - x_2 = R \sin \omega t - v_s t; \quad y^{non} = y_1 + y_2 = R \cos \omega t \quad (6)$$

Враховавши те, що швидкість подачі v_s зв'язана з подачею на лезо зуба S_z ,

числом лез z і частотою обертання пилки n залежністю і провівши відповідні математичні перетворення, отримуємо рівняння циклоїди в явному виді:

$$x = \sqrt{R^2 - y^2} + \frac{S_z \cdot z}{2\pi} \arccos \frac{y}{R}. \quad (7)$$

$$x = \sqrt{R^2 - y^2} - \frac{S_z \cdot z}{2\pi} \arccos \frac{y}{R}. \quad (8)$$

За отриманими формулами (7) та (8) ми зобразили на рис. 6 схеми глухого різання зубом круглої пилки при зустрічній (рис. 6,а) та попутній (рис. 6,б) подачах.

Швидкість абсолютного руху v_e визначають як геометричну суму швидкостей v і v_s :

$$v_e = \sqrt{v^2 + v_s^2 \pm 2v \cdot v_s \cos \mu} \quad (9)$$

де μ – кут між векторами v і v_s (кут подачі).

Знак плюс у формулі (9) відповідає розпилюванню деревини із зустрічною, а мінус – з попутною подачею. У практичних розрахунках швидкість v_e приймають рівною $v_e \cong v$, допускаючи при цьому незначну похибку, оскільки швидкість головного руху v у багато разів перевищує швидкість подачі v_s .

Розглянувши детально схему кінематики глухого різання (рис.6), важливо відмітити те, що в залежності від виду подачі може бути відсутнім кут входу або виходу зуба з пропилу.

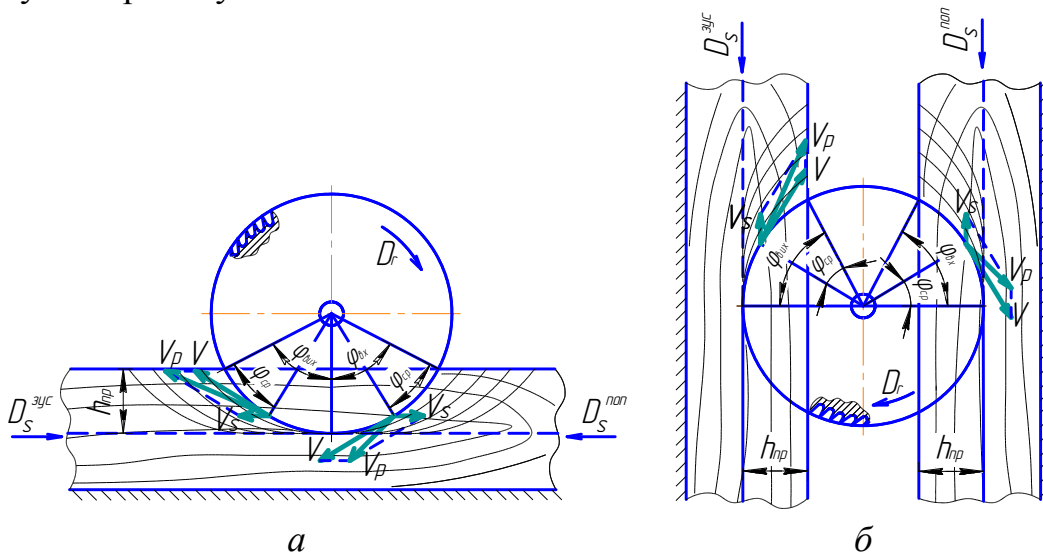


Рис 6. Кінематика глухого різання в процесі ортопиляння колод:
 а – вертикальною пилкою (з верхнім розміщенням пилки);
 б – горизонтальною пилкою (з боковим розміщенням пилки)

Залежності для визначення кутів входу $\varphi_{вх}$ та виходу $\varphi_{вих}$ зуба пилки під час ортопиляння наведені в табл. 1.

Таблиця 1. Залежності кутів $\varphi_{вх}$ та $\varphi_{вих}$ зуба пилки під час ортопиляння

Положення центра пилки відносно базової поверхні	Подача			
	Зустрічна		попутна	
	$\varphi_{вх}$	$\varphi_{вих}$	$\varphi_{вх}$	$\varphi_{вих}$
Верхнє (верт. пилка)	0	$\arccos \frac{x-h}{R}$	$\arccos \frac{x-h}{R}$	0
Нижнє (гориз. пилка)	$\arccos \frac{x+h}{R}$	0	0	$\arccos \frac{x+h}{R}$

Згідно табл. 1 залежно від виду подачі кут контакту леза із заготівкою буде визначатися за формулою:

$$\varphi_{конт} = \varphi_{вих} \quad \text{або} \quad \varphi_{конт} = \varphi_{вх} \quad (10)$$

Згідно даних [3] під час розрахунків режимів скрізного різання середню товщину стружки розраховують за значенням середнього кута контакту за формулою:

$$h_{см.ср} = S_z \cdot \sin \varphi_{ср} . \quad (11)$$

Під час пиляння круглими пилами малих діаметрів (до 300мм) [3] значення середньої товщини стружки із достатньою точністю визначається за формулою (11), але в процесі ортопиляння колод передбачається використання пилок дещо більших діаметрів (400-700мм). Крім того, у процесі глухого різання довжина стружки видовжується (див.рис.5), тому середня товщина стружки $h_{см.ср}$ імовірно буде зміщуватись від середнього кута контакту $\varphi_{ср}$ в залежності від висоти пропилю $h_{пр}$ та діаметра пилки. Тому вважаємо за необхідне проведення подальших більш ґрунтовних досліджень кінематики процесу ортопиляння круглими пилами.

Висновки

1. На основі аналізу принципової схеми круглопилкового верстата із двома ортогонально розміщеними пилами та супортною подачею визначено характерні відмінності процесу ортопиляння, а саме: глухе різання двома пилами; горизонтальне розміщення пилки великого діаметра; суміщення руху різання і подачі на пилах; черговість різання пилами із зустрічною і попутною подачею.

2. Аналіз особливостей процесу ортопиляння круглими пилами показав, що основною характерною відмінністю, яка ускладнює організацію даного процесу та впливає на якість пиляння, є глухе різання горизонтально розміщеною пилою великого діаметра під час попутної подачі.

3. На основі розроблених схем кінематики процесу ортопиляння під час зустрічної та попутної подачі виведено рівняння траєкторії різання під час глухого пиляння круглими пилами та встановлено залежності для визначення кутів входу та виходу зуба пилки з пропилю і середньої товщини стружки.

4. Визначені кінематичні залежності можна використовувати для розрахунку режимних показників ортопиляння колод круглими пилами.

Список літератури

1. Пилипчук М.І., Бурдяк М.Р. Аналіз конструкцій круглопилкових верстатів для ортогонального пиляння колод». – Наук. вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України. – 2011. Вип. 21.18.
2. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Підручник для вищих навчальних закладів. – Львів, КН, 2006. – 412с.
3. Санев В.И. Обработка древесины круглыми пилами. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 232с.

Аннотация

ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ ПРОЦЕССА ОРТОГОНАЛЬНОГО ПИЛЕНИЯ БРЕВЕН КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ

Пилипчук М.І., Бурдяк М.Р.

Рассмотрены особенности кинематики процесса ортопиления бревен круглыми пилами и с помощью графо-аналитического метода установлено кинематические зависимости траектории стружкообразования в процессе ортопиления.

Abstract

FEATURES OF KINEMATIC OF ORTHOGONAL LOG SAWING PROCESS WITH CIRCULAR SAWS

Pylypchuk M.I., Burdjak M.R.

This paper deals with features of kinematic of orthogonal log sawing process with circular saws. Kinematic dependences of chip formation trajectory in the process of orthogonal sawing were defined by the means of graph-analytical method.