

В.О. Онукевич, Б.М. Зельман, М.І. Пилипчук, М.Р. Бурдяк

Національний лісотехнічний університет України

## НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОРТОГОНАЛЬНИХ КРУГЛОПИЛКОВИХ ВЕРСТАТІВ

*Визначено напрями дослідження ортогональних круглопилкових верстатів. Розглянуто вплив низки чинників на точність пиляння горизонтальною пилкою: системи базування заготівки, способу кріплення пилки та особливостей процесу пиляння. Встановлено потребу у ґрунтовних наукових дослідженнях впливу вищенаведених чинників на точність пиляння.*

*Ключові слова:* ортогональний круглопилковий верстат, точність пиляння, кругла пилка.

V. Onukevych, B. Zelman, M. Pylypchuk, M. Burdiak

## DIRECTIONS FOR IMPROVING THE DESIGNS OF PLANER MACHINES

*The analysis of research directions on orthogonal circular sawmills is provided. The impact on cutting precision by a horizontal saw is considered: log base system, saw attachment method, and cutting process specifics. The need for thorough scientific research on the influence of these factors on cutting precision is established.*

*Keywords:* orthogonal circular sawmill, cutting precision, circular saw.

**Актуальність теми дослідження.** З плином часу завдання раціонального використання лісових ресурсів стає все актуальнішим, як в Україні так і закордоном. Одним із шляхів виконання цього завдання є вдосконалення сучасних конструкцій лісопилкового устаткування для забезпечення високоточного оброблення деревини з отриманням мінімального обсягу відходів [1, 2].

Ортогональні круглопилкові верстати (рис.1) є сучасним лісопилковим устаткуванням, яке призначене для якісного розпилювання колод на обрізні пиломатеріали заданих розмірів. Основною перевагою ортогональних круглопилкових верстатів є наявність круглих пилок, які завдяки порівняно високій жорсткості диска і зносостійкості пластин твердого сплаву мають більший період тривкості до затуплення зубців та забезпечують вищу точність пиляння [3, 4].



Рис. 1. Загальний вигляд ортогонального круглопилкового верстата марки ТТРР 450-550 фірми Walter (Польща) [5]

Важливою технологічною перевагою ортогональних круглопилкових верстатів є можливість отримання обрізних пиломатеріалів за один прохід пилкового супорта вздовж колоди, що суттєво спрощує технологічний процес. Дана особливість ортогонального верстата дозволяє виключити з технологічного потоку кромкообрізний верстат і тим самим зменшити виробничу площу, кількість працівників та витрати на обслуговування цього верстата.

Для порівняння, на лісопилковій рамі отримати обрізні пиломатеріали можна мінімум за два проходи під час розпилювання двокантного бруса. А на стрікопилковому верстаті для цього треба виконати щонайменше три проходи, при цьому виконати кількаразове повертання колоди. Якщо ж не ставити завдання отримати обрізні пиломатеріали одразу на лісопилковій рамі чи стрікопилковому верстаті, тоді однозначно потрібно задіяти кромкообрізний верстат.

Застосування кромкообрізного верстата є ефективним на великих лісопилкових виробництвах, які переробляють великі об'єми деревини. Проте лівову частку сучасної деревообробної промисловості становлять малі та середні підприємства, які орієнтовані на порівняно малі об'єми перероблення деревини. Тому, перевага надається високотехнологічному

устаткуванню, здатному виготовляти одразу обрізні пиломатеріали, яким є ортогональні круглопилкові верстати.

### 1. Аналіз відомих досліджень ортогональних круглопилкових верстатів

За час існування ортогональних круглопилкових верстатів інженери фірм-виробників цих верстатів, працівники лісопильних підприємств і науковці провели чимало спостережень, експериментів, досліджень та розробили низку конструкційних рішень для підвищення ефективності їх роботи [3, 4, 6]. В основному вдосконалення ортогональних круглопилкових верстатів відбувається у напрямках підвищення продуктивності та технологічної точності.

Щодо підвищення продуктивності можна відмити вдосконалення механізму різання верстата шляхом збільшення кількості вертикально та горизонтально розміщених круглих пилок або ортоблоків [4]. Проте через ускладнення конструкції механізму різання та збільшення енергоємності процесу ортопилення такі рішення не набули популярності. Тому, найпоширенішими залишаються класичні круглопилкові верстати з двома ортогонально розміщеними пилками.

Основною проблемою напряму дослідження технологічної точності цих верстатів є зниження точності пиляння, в межах періоду тривкості до затуплення зубців круглих пилок, нижче вимог ( $\pm 1,0$  мм) чинних стандартів [7].

Здебільшого проблема точності ортопилення стосується верстатів з рухомих пилковим супортом, які на відміну від верстатів з рухомих візком з колодою є більш компактними, займають меншу виробничу площу і популярнішими.

Відомі дослідження ортогональних круглопилкових верстатів [3, 4, 6] були направлені на підвищення технологічної точності верстатів шляхом вдосконалення: геометричної точності верстата; конструкції круглих пилок для ортопилення; конструкції аспіраційної системи; особливостей організації процесу ортопилення.

У результаті аналізу відомих досліджень технологічної точності ортогональних круглопилкових верстатів виявлено, що проблема значного зниження точності оброблення у межах періоду тривкості пилок щодо спрацювання на сьогодні невирішена і потребує подальших досліджень.

### 2. Обґрунтування напрямків подальших досліджень технологічної точності ортогональних круглопилкових верстатів

#### Вплив системи базування заготовки

У результаті аналізу літературних джерел очевидно, що відсутні дослідження впливу на точність ортопилення системи базування заготовки та способів її закріплення. Відстань між поперечними балками із затискними механізмами є заздалегідь визначеною і вони розміщені з певним інтервалом для надійного базування колоди. Але бувають випадки коли колода має таку довжину, що при розміщенні на станині один з кінців буде консольним і недостатньо закріпленим (рис. 2). Випилювання пиломатеріалів на недостатньо закріплених ділянках колоди призводитиме до появи вібрації та збільшення ширини пропилю горизонтальною пилкою, яка нижньою площиною контактує з поверхнею колоди. Внаслідок цього зростатиме бокова сила різання і навантаження на пилку, що спричинить зниження точності пиляння та зменшення розміру товщини пиломатеріалу.

Враховуючи, що в процесі поступового розпилювання об'єм колоди зменшується і відповідно жорсткість залишку колоди буде постійно знижуватися, тому можна стверджувати, що вібрації консольних кінців у вертикальній площині будуть постійно збільшуватись.

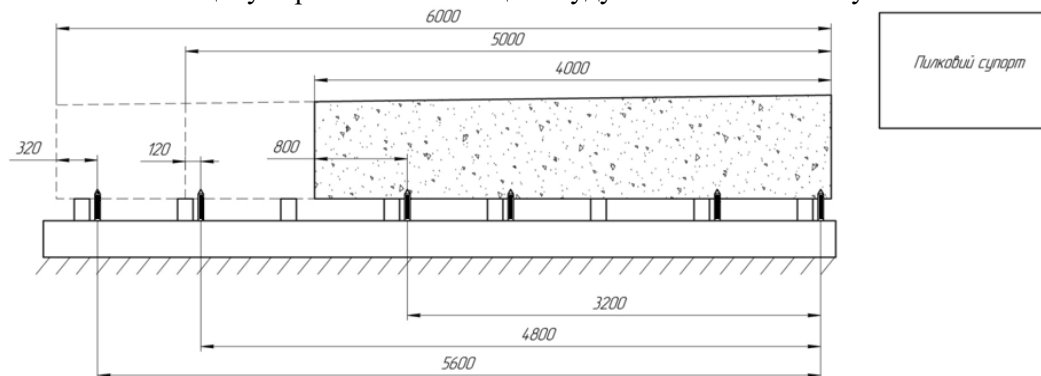


Рис. 2. Схема розміщення колоди на установчій поверхні системи базування

Такі явища сприятимуть більш інтенсивному затупленню зубців горизонтальної пилки порівняно з вертикальною, а отже під час кожного наступного різку точність пиляння деревини буде

нижчою. Відомо, що точність пиляння саме горизонтальною пилкою є нижчою і не відповідає вимогами чинних стандартів впродовж періоду стійкості.

Також під час дослідження впливу жорсткості колоди на точність пиляння варто врахувати фізико-механічні властивості деревини. Важливим є також розгляд впливу вологості деревини, що безпосередньо впливає на модуль пружності матеріалу і, відповідно, на жорсткість колоди. Таким чином, жорсткість заготовки може бути одним із ключових чинників, що впливають на технологічну точність ортогональних круглопилкових верстатів та продуктивність роботи.

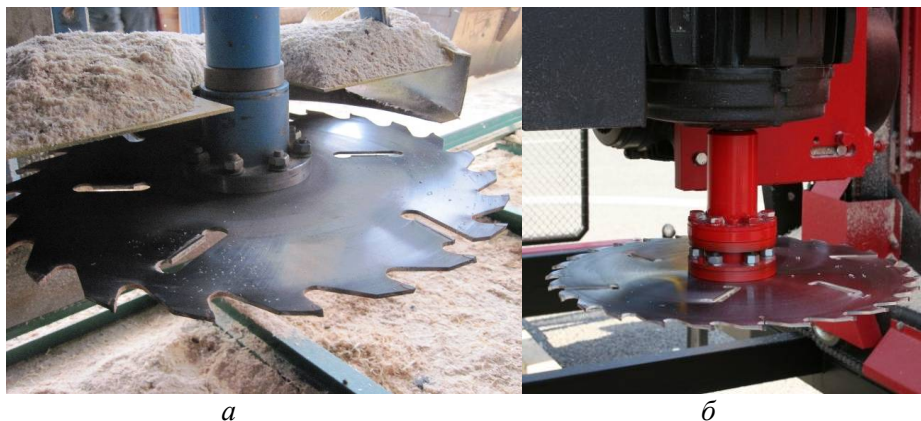
#### **Вплив способу кріплення пилки одним фланцем.**

Для забезпечення можливості повного або майже повного розміщення горизонтальних пилки на колоді в ортогональних та горизонтальних круглопилкових верстатах застосовується спосіб фактично одностороннього кріплення на валу фланцем з потайними болтами (рис. 3).

Спосіб кріплення круглих пилки одним фланцем з потайними болтами є відносно новим для деревообробних верстатів. Проте не можна стверджувати що він є рівноцінною заміною способу кріплення пилки двома фланцями. Принаймні у деревообробній промисловості результатів таких порівняльних наукових досліджень не відомо.

На основі загального порівняння двох способів кріплення пилки на валу можна зробити такі висновки:

- кріплення двома фланцями є простішим за конструкцією, оскільки здійснюється лише двома деталями;
- вартість виготовлення кріплення з одним фланцем є вищою. Висвердлювання отворів у диску пилки вимагає додаткової технологічної операції на високоточному обладнанні, що робить виготовлення дорожчим;
- заміна пилки закріпленої фланцем з потайними болтами займає більше часу, що знижує продуктивність верстата;
- завдяки фрикційному з'єднанню між поверхнями фланців і пилки забезпечується рівномірне розподілення навантажень. Це знижує ризик виникнення локальних напружень і підвищує довговічність конструкції фланців;
- за умови кріплення одним фланцем площа контакту диска пилки з одного боку буде рівна площі поверхні фланця, а з іншого лише по площі фасок головок потайних болтів;



**Рис. 3. Кріплення горизонтальної пилки одним фланцем на ортогональних верстатах:**

**а – «Ясень-Баракуда-2» фірми Ясень (Україна); б – «DKP 6» фірми StrojCAD (Словаччина)**

- болти забезпечують надійне механічне з'єднання, що дозволяє зменшити ризик осьового зміщення пилки. Однак надійність болтів залежить від якості різьби, матеріалу, а також від регулярного контролю моменту затягування. З часом болтове з'єднання фланця з пилкою може послаблюватися через вібрації, що виникають під час розпилювання деревини;

- у разі нерівномірного закріплення потайними болтами у зоні їх контакту виникатимуть локальні напруження, а горизонтальна пилка не буде розміщена перпендикулярного до осі валу і здійснюватиме дещо ширший пропил. Це спричинить тертя певної ділянки пилки із деревною стружкою що опала на колоду, а при найменших вібраціях колоди із її поверхнею, внаслідок чого можливе припалювання диска та втрати працездатного стану. Також розширення пропила приведе до підвищення енергоємності процесу пиляння та інтенсивності затуплення зубців пилки.

Невідомим на сьогодні є вплив діаметра та товщини фланця кріплення з потайними болтами на жорсткість пилки та точність пиляння. Також варто визначити оптимальні конструкційні параметри фланця та товщини пилки для забезпечення точності пиляння відповідно вимог чинних стандартів.

**Вплив особливостей пиляння горизонтальною пилкою.**

У відомих наукових працях [3, 4] на основі проведених досліджень автори приходили до висновків про нижчу точність пиляння горизонтальною пилкою порівняно з вертикальною, пояснюючи це складнішими умовами різання. Проте, ґрунтовних наукових досліджень особливостей контакту горизонтальної пилки з колодою не відомо і їх взаємовплив залишається невизначеним.

На наведених фотографіях (рис. 4) видно припалювання диска пили в центральній ділянці довкола місця контакту з кріпильним фланцем. Більш помітним є припалювання диска з нижньої сторони горизонтальної пилки, з якої вона кріпиться болтами з потайними головками. Нижня частина пилки часто контактує з поверхнею колоди повністю, що унеможливає її охолодження шляхом відведення тепла із зони різання. Оскільки деревина не є теплопровідником, то теплова енергія накопичується у металевому диску, який віддає її навколишньому середовищу переважно через верхню свою поверхню. Як видно такого тепловідведення із зони різання не достатньо для нормального охолодження інструменту.



а –нижня поверхня; б –верхня поверхня

**Рис. 4. Фото горизонтальної пилки після роботи на ортогональному верстаті**

На верхній поверхні диска сліди припалювання є менш інтенсивними, що свідчить про напрямок відведення тепла знизу вверх. з ділянки кріплення пили

Певну роль у відведенні тепла відіграє і металевий кріпильний фланець який є хорошим провідником. Свідченням цього є відсутність слідів припалювання на площі контакту диска пилки з фланцем. Отже, варто дослідити з якого високотеплопровідного матеріалу краще виготовити фланець.

Сліди припалювання розміщені в центральній ділянці диска де немає радіальних прорізів та не здійснюється охолодження. Наявність двох внутрішніх радіальних прорізів у диску пили теж не вирішують цієї проблеми. Такі припалювання на диску є свідченням його перегрівання, яке супроводжується зменшення твердості металу. Це може привести до зниження жорсткості пилки і точності пиляння, або й взагалі до викривлення диска і втрати працездатного стану. Тому, варто провести більш ґрунтовні дослідження процесу пиляння горизонтальною пилкою та вивчити особливості контакту пилки з деревиною.

**Висновки.** Встановлено, що основним напрямом подальших досліджень ортогональних круглопилкових верстатів є підвищення точності пиляння. Попри наявність низки досліджень у цьому напрямі, не встановленим є вплив на точність пиляння горизонтальною пилкою системи базування заготовки і способу кріплення пилки та не повністю встановлено вплив особливостей процесу пиляння.

**Перелік посилань**

1. Pylypchuk M., Mayevskyy, V., Taras, V., Burdiak, M., Kopynets, Z. Patterns of change in the

accuracy of wood machining on plano-milling machines during the period of the cutting tool wear resistance. In Acta Facultatis Xylologiae Zvolen. Vol. 63(1), pp. 85–92. 2023. DOI:10.17423/afx..63.1.08

2. Білецький М.О. Визначення якості обробленої поверхні пиломатеріалів колод / М.О. Білецький, З.С. Сірко // Наук. журнал Техніка та енергетика: зб. наук.-техн. праць. – Київ: НУБІП, 2013. – Вип. № 185 (2). – С. 109-114.

3. Бурдяк М.Р. Підвищення технологічної точності круглопилкових верстатів для ортогонального пиляння колод. Дис. к. т. н. Спеціальність 05.05.04 – Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт. Львів, 2014. – 224 с.

4. Пилипчук М.І. Напрямки вдосконалення конструкцій круглопилкових верстатів для поздовжнього розпилювання колод / М.І. Пилипчук, П.В. Андрієвський // Наук. вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУ України, 2009. – Вип. 16.9. – С. 111-118.

5. Дискава пилорам ТТРР-450-550 : веб-сайт. URL: <http://mwm-kiev.com.ua/machine/81-diskovaya-pilorama-ttrp-450-550> (дата звернення: 30.01.2025).

6. Пилипчук М.І. Аналіз конструкцій круглопилкових верстатів для ортогонального пиляння колод / М.І.Пилипчук, М.Р.Бурдяк // Наук. вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів, 2011. – Вип. 21.18. – 92-99с.

7. Пиломатеріали конструкційні із хвойних порід та тополі. Розміри. Допустимі відхили (EN 336:1995, IDT): ДСТУ EN 336: 2003. – [Чинний від 2003-10-02]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2004. – 8 с.

**Рецензент: Маєвський В. О.,** доктор технічних наук, професор кафедри технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів національного лісотехнічного університету України.