УДК 674.05.053: 621.93

Ст. викл. М.Р. Бурдяк, канд. техн. наук;
асист. Ю.Р. Капраль, канд. техн. наук;
студ. Р. Левицький; студ. В. Наливайко – НЛТУ України

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОРТОГОНАЛЬНИХ КРУГЛОПИЛКОВИХ ВЕРСТАТІВ

Проаналізовано ефективність роботи ортогональних круглопилкових верстатів з рухомим пилковим супортом та відмічено можливість їх роботи з повним робочим циклом розпилювання колод. Розглянуто особливості ортопиляння колод круглими пилками та визначено основні недоліки роботи верстата під час попутного подавання. З метою підвищення продуктивності та точності його роботи запропоновано спосіб вдосконалення ортогонального круглопилкового верстата з рухомим пилковим супортом. Наведено схему та виконано опис вдосконаленого верстата який забезпечуватиме розпилювання колод з повним робочим циклом лише із зустрічним подаванням.

Ключові слова: ортопиляння; попутне і зустрічне подавання; повний робочий цикл; пилковий супорт.

Актуальність теми дослідження. Одним з найважливіших показників деревообробних верстатів є продуктивність їх роботи. У сучасному виробництві поряд з іншими показниками такими як точність, енергоємність та надійність деревообробних верстатів продуктивність є на першому місці. Не є винятком і ортогональні круглопилкові верстата для розпилювання колод [1]. Порівняно з стрічкопилковими верстатами для розпилювання колод продуктивність круглопилкових є дещо вищою [2], але незважаючи на це на виробництві не завжди вдається забезпечувати високі значення цього показника. Причиною цьому є постійне зниження точності ортопиляння. Для забезпечення високої точності ортопиляння потрібно зменшувати швидкість подавання на верстаті, що призведе до зниження продуктивності його роботи.

Тому з метою розроблення пропозицій щодо підвищення ефективності роботи ортогональних круглопилкових верстатів вважаємо за необхідне проаналізувати процес розпилювання колод на них.

Аналіз ефективності роботи ортогональних круглопилкових верстатів. Ортогональні круглопилкові верстати спроектовані так, що процес розпилювання колоди на пиломатеріали здійснюється під час переміщення пилкового супорта вздовж колоди або навпаки під час переміщення колоди на візку через пилковий супорт [2]. Перший тип ортогональних круглопилкових верстатів є значно поширенішим і їх прийнято називати верстатами з рухомим пилковим супортом, які ми надалі будемо розглядати (рис. 1).

Враховуючи характер прямого (рис. 1, *б*) і зворотного ходу (рис. 1, *в*) на ортогональних круглопилкових верстатах з рухомим пилковим супортом можливе розпилювання колод із повним або неповним робочим циклом.

Повний робочий цикл (ПРЦ) – це цикл випилювання деталей на прямому і зворотному ходу пилкового супорта вздовж колоди.

Неповний робочий цикл (НРЦ) – це цикл випилювання деталей, коли прямий хід є робочим, а зворотний – неробочим. Під робочим ходом мається на увазі здійснення процесу ортопиляння, а під неробочим – переміщення каретки з пилковим супортом вздовж колоди без здійснення процесу ортопиляння [2].

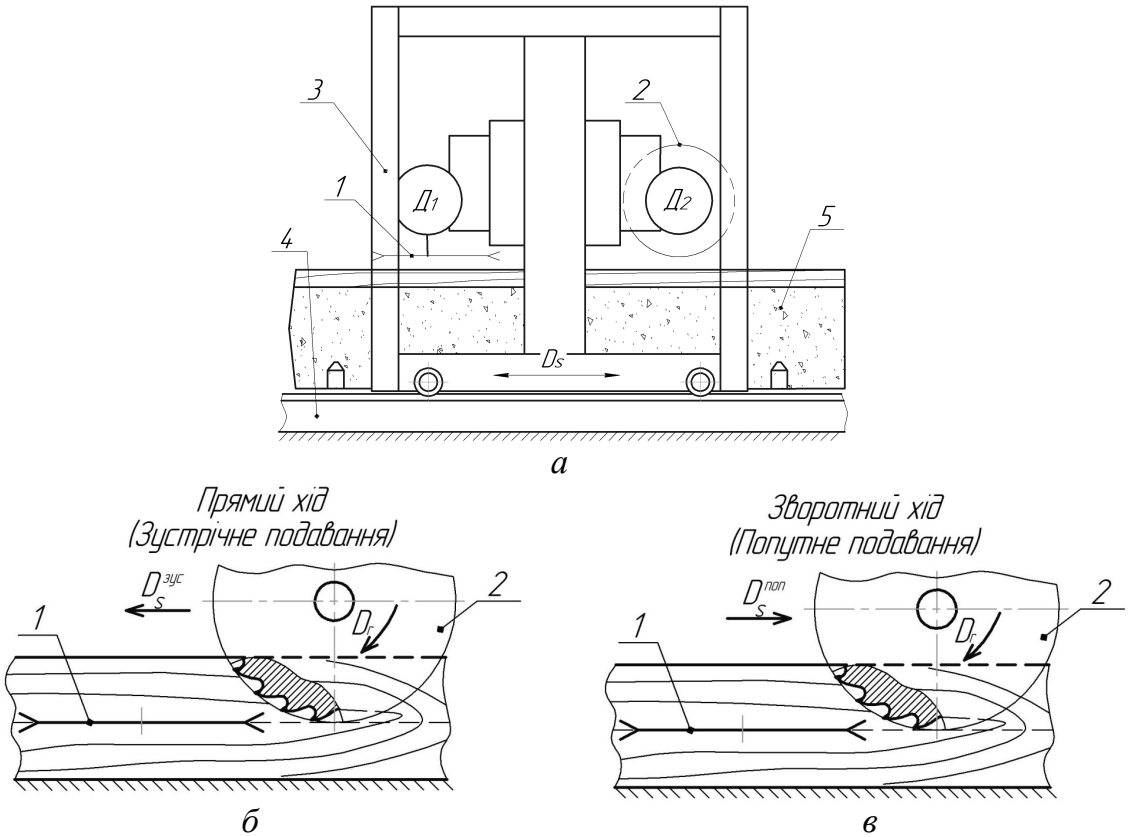

Рис. 1. Цикл розпилювання колоди на ортогональному круглопилковому верстаті з рухомим пилковим супортом: а – схема верстата з рухомим пилковим супортом;б – прямий хід; в – зворотний хід; 1 – горизонтальна пилка; 2 – вертикальна пилка

Якщо розглядати ***ортогональні верстати з однією поворотною круглою пилкою***, то ПРЦ складається з прямого робочого ходу під час якого пилка розташована горизонтально і виконує глухий пропил (рис. 2, *а*), після чого пилка повертається у вертикальне розташування і здійснює відпилювання пиломатеріалу з колоди під час переміщення пилкового супорта на зворотному робочому ходу (рис. 2, *б*). Тобто, такі верстати розпилюють колоди з ПРЦ під час якого випилюється один пиломатеріал (брус, ламель тощо).

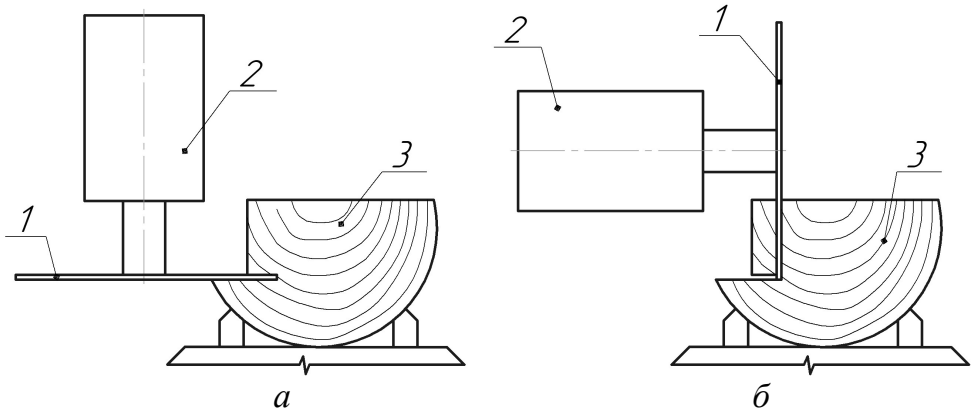

Рис. 2. Цикл розпилювання колоди на ортогональному верстаті з поворотною круглою пилкою: а – прямий робочий хід; б – зворотний робочий хід; 1 – кругла пилка; 2 – електродвигун; 3 – колода

І на прямому (рис. 2, *а*), і на зворотному ходу (рис. 2, *б*) у всіх верстатах для ортопиляння з однією поворотною пилкою процес пиляння здійснюється із зустрічним подаванням, що є його основною перевагою у порівнянні з верстатами які мають класичну схему – дві ортогонально розташовані круглі пилки.

Аналізуючи найпоширеніші ***ортогональні верстати з двома круглими пилками*** (горизонтальною і вертикальною), можна відмітити можливість їх роботи з ПРЦ, що забезпечить випилювання з колоди не одного, а двох пиломатеріалів – одного під час прямого робочого ходу та другого під час зворотного робочого ходу. Практично всі виробники під час рекламування своїх ортогональних верстатів з двома круглими пилками демонструють можливість розпилювання колод з ПРЦ, акцентуючи увагу на високій продуктивності та точності пиляння. Проте варто звернути увагу на те, що процес пиляння, під час представлення верстата, здійснюється гострими круглими пилками. А наскільки ефективно працюватиме верстат після 4-5 годин роботи, коли пилки затупляться ніхто не інформує.

Підприємці, які купують ортогональний круглопилковий верстат з двома пилками розпилюючи колоди на прямому і зворотному ходу, тобто з ПРЦ починають спостерігати, що з часом на зворотному ходу пиломатеріали випилюються з низькою точністю. Причиною цьому є те, що під час прямого ходу здійснюється пиляння із зустрічним подаванням, а під час зворотного – з попутним.

Основною відмінністю між пилянням із зустрічним і попутним подаванням є характер стружкоутворення [2-4]. Під час ортопиляння із зустрічним подаванням (рис. 3, *а*) зубець починає зрізувати спочатку тонку стружку і за умови коли його головна різальна кромка виконує повністю (II=100%; ⊥=0%) поздовжнє різання. Тоді, як під час пиляння з попутним подаванням (рис. 3, *б*) зубець спочатку зрізує найтовстішу стружку, а головна різальна кромка здійснює переважно торцеве різання (⊥≥60%; II≤40%) (найбільш енергозатратне з усіх видів різання), а кут зустрічі зубця з деревиною становить $\varphi_{зус} \geq 45°$. Під час поздовжнього пиляння круглою пилкою перехід від поздовжнього виду різання головною різальною кромкою зубця до торцевого відбувається коли кут зустрічі $\varphi_{зус} = 45°$.

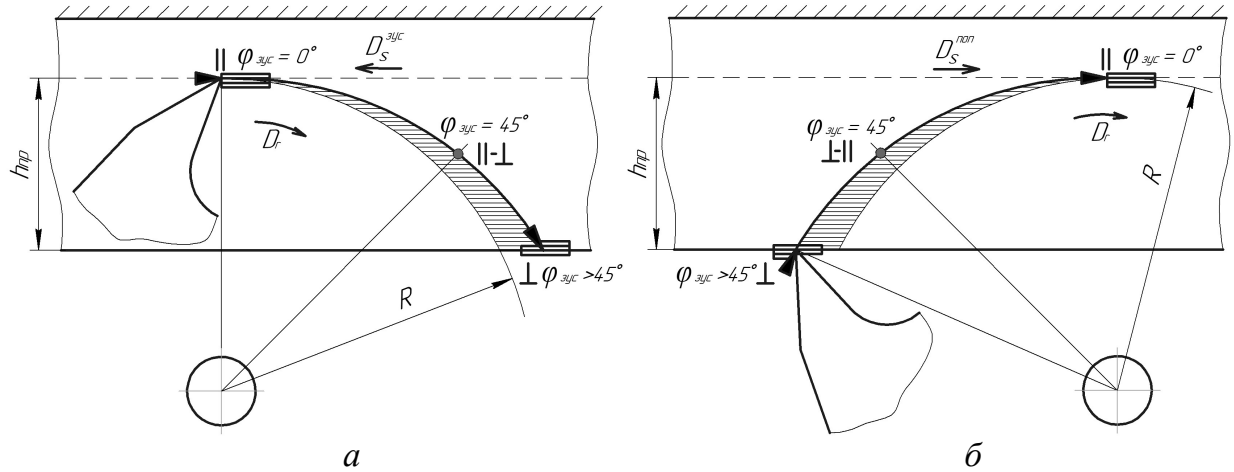

Рис. 3. Стружкоутворення під час ортопиляння:
а – із зустрічним подаванням; б – з попутним подаванням

Крім цього, під час попутного пиляння, коли зубець зрізує найтовстішу стружку частина заготівки служить «підпором». В момент входження зубця в деревину відбувається удар, що спричиняє вібрацію та незначне відхилення зубця пилки. Внаслідок ударного навантаження на зубці пилки зростають дотична і бокова складові сили різання, що спричиняють відповідно підвищення енергоємності та зниження точності пиляння. Ударний характер навантажень призводить до інтенсивного затуплення зубців з пластинами твердого сплаву внаслідок поступового їх викришування. Покращення організації процесу пиляння з попутним подаванням можливе за умови коли кут зустрічі зубця з волокнами деревини $\varphi_{зус.} < 45°$, що може бути за умови зменшення висоти пропилу або збільшення діаметра пилки. У науковій праці [5] запропоновано спосіб підвищення продуктивності роботи верстата для ортопиляння на зворотному робочому ходу (із попутним подаванням) шляхом встановлення у механізмі різання підрізної круглої пилки меншого діаметра для зменшення висоти пропилу, а отже і кута зустрічі зубця з деревиною. За рахунок такого вдосконалення кут зустрічі зубця з волокнами деревини вдалося зменшити на 30%, а головна різальна кромка пилки під час попутного подавання виконуватиме переважно поздовжнє різання, замість торцево-поздовжнього. Однак, таке технічне рішення по-перше не усуває недоліки попутного подавання повністю, а по-друге ускладнює конструкцію механізму різання.

Вище описані процеси під час ортопиляння деревини круглими пилками з попутною подачею є причиною інтенсивного затуплення інструменту, підвищення потужності на різання до 30% та у два-три рази зниження точності пиляння порівняно із зустрічним подаванням [2].

У результаті впливу цих чинників з метою забезпечення високої точності пиляння ±1,0мм [6] під час попутного подавання потрібно здійснювати процес пиляння за умови мінімальних значень подачі на зубець, тобто на малих швидкостях подавання та замінювати круглі пилки двічі за зміну, що безумовно спричинить зниження продуктивності роботи верстата.

У більшості випадків досвідчені верстатники відмовляються від ортопиляння на зворотному ходу мотивуючи це тим, що круглі пилки швидко затуплюються та працюють на ортогональних верстатах з НРЦ здійснюючи на зворотному ходу повертання каретки з пилковим супортом у початкове положення (неробочий хід). Однак з точки зору продуктивності це також не раціонально.

На основі вище сказано можна зробити висновок про необхідність вдосконалювання ортогональних круглопилкових верстатів з рухомим пилковим супортом з метою забезпечення ПРЦ лише із зустрічним подаванням.

Вдосконалення ортогонального круглопилкового верстата. Оскільки процес ортопиляння із зустрічним подаванням на відміну від попутного здійснюється без суттєвих недоліків, то за основу для розроблення нового механізму різання поставлено завдання, щоб верстат розпилював колоди і на прямому, і на зворотному ходах із зустрічним подавання. Аналізуючи сучасні конструкції ортогональних круглопилкових верстатів відмічено, що тільки на верстатах з однією поворотною круглою пилкою на сьогодні здійснюється розпилювання колод із зустрічним подаванням на прямому і зворотному ходах пилкового супорта. Проте більш поширеними є класичні ортогональні верстати з двома пилками оскільки вони більш продуктивні, тому варто вдосконалювати їх конструкції. З метою за-

безпечення ПРЦ нами запропоновано встановити у механізмі різання верстата додатковий пилковий супорт з двома круглими пилками (рис. 4).

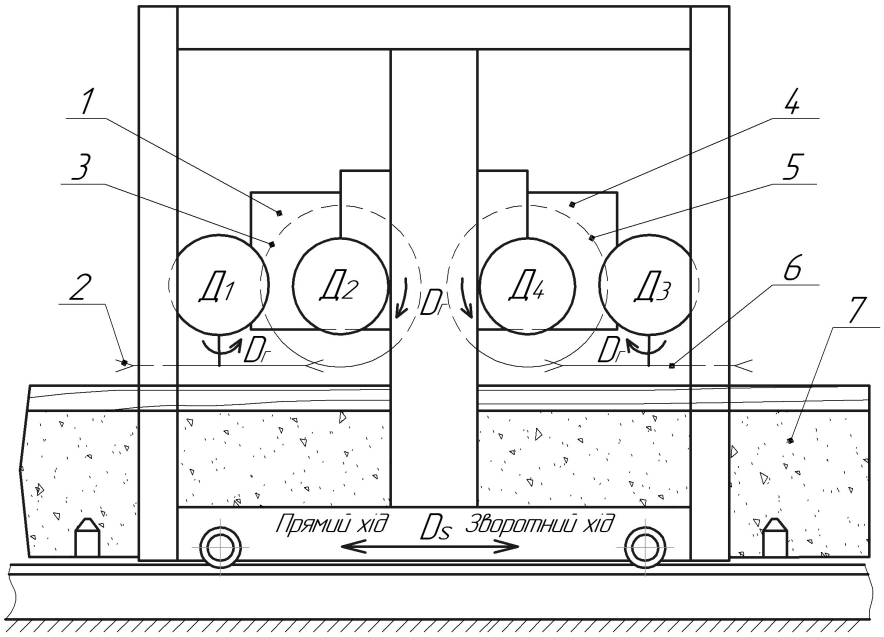

Рис. 4 – Принципова схема ортогонального круглопилкового верстата з двома пилковими супортами: 1, 4 – пилковий супорт; 2, 6 – горизонтальна пилка; 3, 5 – вертикальна пилка; 7 – колода

Вдосконалений верстат працюватиме таким чином. На прямому робочому ходу процес ортопиляння здійснюватимуть горизонтальна пилка *2* і вертикальна пилка *3*, а на зворотному – горизонтальна пилка *6* і вертикальна пилка *5*. Таким чином і на прямому, і на зворотному ходах забезпечуватиметься ортопиляння із зустрічним подаванням. Зрозуміло, що дане вдосконалення дещо ускладнює конструкцію верстата, проте дозволяє отримати суттєві переваги:

1) Збільшити період стійкості пилок. Завдяки відсутності ударних навантаження на зубці пилки та поступового викришування пластин твердого сплаву (що є присутніми під час попутного подавання) зубці працюватимуть у звичайних умовах різання. Один комплект пилок працює на класичному верстаті 1 зміну (за умови роботи з попутним і зустрічним подаванням) та 2 зміни (за умови роботи лише із зустрічним подаванням). Так в результаті запропонованого вдосконалення два комплекти пилок повинні працювати чотири зміни без перегострення.

2) Підвищити продуктивність верстата. Оскільки вдосконалений верстат працюватиме з ПРЦ, його продуктивність повинна збільшитися за рахунок: відсутності затрат часу на неробочий зворотній хід; зменшення затрат часу на зміну інструменту для перегострення.

3) Підвищити точність ортопиляння. Якщо наявний верстат працює з ПРЦ та на зворотному ходу здійснює ортопиляння із попутним подаванням (низька точність пиляння), то під час роботи вдосконаленого верстата повинна забезпечуватись виключно висока точність ортопиляння протягом періоду стійкості інструменту, що спостерігається під час зустрічного подавання.

Висновки.

1. З метою виключення попутного подавання та забезпечення повного робочого циклу розпилювання колод на ортогональному круглопилковому верстаті за-

пропоновано вдосконалити його механізм різання шляхом встановлення додаткового пилкового супорта з двома круглими пилками.

2. На основі аналізу ефективності роботи ортогональних круглопилкових верстатів встановлено наявність розпилювання колод з неповним робочим циклом, що призводить до зниження їх продуктивності та точності пиляння.

3. Розглянуто особливості ортопиляння та виявлено, що повний цикл розпилювання колоди на верстаті не забезпечується через інтенсивне затуплення зубців пилок під час здійснення попутного подавання на зворотному ходу пилкового супорта.

Література

1. **Pylypchuk M.I.** (2011): *Analiz konstruktsiy kruhlopylkovykh verstativ dlya ortohonalnoho pylyannya kolod.* [Analysis of structures of circular saw machines for orthogonal logging of logs]. Scientific Bulletin of UNFU 21(18):92-99, (in Ukrainian).
2. **Burdyak M.R.** (2014): *Pidvyshchennya tekhnolohichnoyi tochnosti kruhlopylkovykh verstativ dlya orto-honalnoho pylyannya kolod.* [Improvement of technological precision of circular saw machines for orthogonal sawing logs]. Dissertation Ph.D. specialty 05.05.04 – Mashyny dlya zemlyanykh, doro-zhnikh i lisotekhnichnykh robit. Lviv. – 224 p. , (in Ukrainian).
3. **Pylypchuk M.I.** (2012): *Osoblyvosti kinematyky protsesu ortohonalnoho pylyannya kolod kruhlymy pylkamy* [Features of the kinematics of the process of orthogonal saw logging with round saw]. Bulletin of KhNTUA 123:135-143, (in Ukrainian).
4. **Kopylov V.V.** (2007): *Osobennosty prymenenyya poputnoy podachy v kruhlopylnykh stankakh pry prodolnom pylenyy drevesyny.* [Peculiarities of the application of adjoining feed in circular saw machines with longitudinal wood sawing]. Proceedings of the II International Symposium «*Derevoobrabotka: tekhnolohyy, oborudovanye, menedzhment XXI veka*». – 2 p., (in Russian).
5. **Burdyak M.R.** (2013): Sposib pidvyshchennya efektyvnosti protsesu ortopylyannya kolod na versta-takh iz povnym robochym tsyklom. [A method for increasing the efficiency of the process of orthopedic logging on versatilities with a full working cycle]. Scientific Bulletin of UNFU 23(14):93-97, (in Ukrainian).
6. **DSTU EN 336:2003.** Pylomaterialy konstruktsiyni iz khvoynykh porid ta topoli. Rozmiry. Dopustymi vidkhyly. [Timber construction made from softwood and poplar. Dimensions Permissible deviations]. – Kyiv: *Derzhspozhyvstandart Ukrayiny*, 2004. – 8 p., (in Ukrainian).

UDC 674.05.053: 621.93

Senior lecturer M.R. Burdyak; assist. Yu.R. Kapral; stud. R. Levytskyy; stud. V. Nalyvayko – UNFU

Ways of improving efficiency process orthosawing wood processing a full duty cycle

The efficiency of work of orthogonal circular saw machines with moving saw blade is analyzed and possibility of their work with a full working cycle of sawing of logs is noted. The features of orthosawing logs are considered with circular saws and the main defects of the machine with passing feed are determined. A way of improving the orthogonal circular saw machine with a moving saw blade is proposed in order to increase the productivity and accuracy of its work. The scheme is given and a description of the advanced machine tool is provided, which will ensure the sawing of logs with a full working cycle only with counter feed.

Key words: orthosawing, passing feed, the mechanism of cutting, saw cutting.