

УДК 674.09:51-74:519.87

**РОЗМІЩЕННЯ СХЕМИ РОЗПИЛЮВАННЯ НА РОБОЧІЙ ЗОНІ
ОХОПЛЕННЯ КОЛОДИ З УРАХУВАННЯМ ЇЇ РЕАЛЬНОЇ ФОРМИ**

**Маєвський В.О., доц., д.т.н. (НЛТУ України); Вус А.Я., доц., к.ф-м.н.
(ЛНУ ім. Івана Франка); Максимів В.М., проф., д.т.н. (НЛТУ України)**

Наведено методику моделювання варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди. У процесі моделювання передбачено урахування реальної форми колоди, отриманої за результатами сканування форми поверхонь поперечних перетинів. З метою оцінювання схем розпилювання колод передбачено порівняння об'єму пиломатеріалів, отриманого за різними варіантами розміщення схем розпилювання на робочій зоні охоплення.

Постановка проблеми та актуальність досліджень. Ідеальним варіантом з погляду забезпечення максимального об'ємного виходу пиломатеріалів є точне вписування схеми розпилювання у ширину робочої зони охоплення схемою

розпилювання колоди без охоплених ділянок у „правій” та „лівій” частині ширини робочої зони. Однак, у реальних виробничих умовах точне вписування схеми розпилювання у ширину робочої зони охоплення малоімовірне. Це зумовлено як необхідністю випилювання пиломатеріалів специфікаційних розмірів, що мають чітко встановлене значення товщини, і обмеженням кількості товщин пиломатеріалів у схемі розпилювання, так і урахуванням технічних особливостей процесу розпилювання, зокрема можливого відхилення товщини випилюваних пиломатеріалів за їх довжиною, спричиненого, здебільшого, станом колодопиляльного обладнання та підготовкою різального інструменту. Окрім цього, істотне значення має також точність визначення ширини робочої зони охоплення схемою розпилювання колоди з урахуванням природних флуктуацій її розмірних характеристик [1].

Ймовірне відхилення прогнозованих результатів від реальних на етапі вписування схеми розпилювання у ширину робочої зони охоплення спричинятиме похибки у визначенні не тільки об'єму реально отриманої пилопродукції, але і відходів та втрат, представлених у балансі деревинної сировини. Тому моделювання різних варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди з урахуванням її реальної форми є одним із дійових напрямків ефективного вибору раціонального варіанту та свідчить про актуальність досліджуваної проблематики.

Аналіз відомих досліджень. Розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди для колод у вигляді „правильних” (осесиметричних) геометричних фігур, поперечний перетин яких симетричний відносно поздовжньої осі колоди, не є затребуваною задачею у технології лісопиляння. Це зумовлено тим, що зміщення схеми розпилювання відносно поздовжньої осі колоди на робочій зоні охоплення не дає змоги збільшити вихід пиломатеріалів, а сам вихід є легко прогнозованим. „Правильні” геометричні фігури, зазвичай, не відображають реальної форми колоди, позаяк не враховують природні флуктуації її розмірних характеристик, тому отримані прогнозовані теоретичні результати мають відхилення від реальних. Здебільшого, зміщення схеми розпилювання розглядається як причина нераціонального розпилювання пиловної сировини, що підтверджено результатами досліджень [2–7]. Результати експериментальних досліджень впливу зміщення схеми розпилювання відносно поздовжньої осі колоди на робочій зоні охоплення на вихід пиломатеріалів [2–7] відображають лише умови проведення цих досліджень і не можуть адекватно відтворюватися за інших умов. Тому, у даній статті на продовження роботи [1], наведено розвиток теоретичного та практичного підходу до процесу розпилювання колод, зокрема методику моделювання варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди з урахуванням її реальної форми.

Особливості моделювання варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди з урахуванням її реальної форми.

Методика визначення ширини робочої зони охоплення схемою розпилювання колоди з урахуванням її реальної форми наведена у роботі [1].

Свобода ходу розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди визначається за формулою:

$$\lambda_{\max} = A + pr - \sum_{g=1}^G (t_g + \text{вс}_{t_g} + pr), \quad (1)$$

де A – ширина робочої зони охоплення схемою розпилювання колоди; pr – ширина пропилу; t_g – товщина g -го пиломатеріалу; вс_{t_g} – всихання g -го пиломатеріалу; g – порядковий номер пиломатеріалу у схемі розпилювання (для логічного представлення інформації пиломатеріали доцільно перенумерувати зліва-направо); G – кількість пиломатеріалів у схемі розпилювання.

Очевидно, що для колоди у вигляді „правильної” геометричної фігури, зокрема ідеального циліндра, зрізаного параболоїда, конуса чи нейлоїда, для того, щоб досягнути максимального об’ємного виходу пиломатеріалів, розміщення схеми розпилювання варто здійснювати посередині робочої зони охоплення колоди. Тобто, відступи від обох країв робочої зони повинні бути однаковими $\left(\lambda^n = \lambda^r = \frac{1}{2} \lambda_{\max}\right)$. Однак, у загальному випадку, зокрема з урахуванням реальної форми колоди, необхідно моделювати розміщення схеми розпилювання в довільному місці робочої зони охоплення колоди, позаяк тільки такий шлях є ефективним для забезпечення оптимального виходу пиломатеріалів. Тому, за $\lambda_{\max} > 0$, вибір ймовірних варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди доцільно здійснювати з урахуванням її зміщення з певним модельованим кроком.

Величину кроку зміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди подамо у вигляді:

$$\lambda_q = \frac{q \lambda_{\max}}{p}, \quad q = \overline{0, p}, \quad (2)$$

де p – кількість варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди (задана апріорі).

З метою оцінювання схем розпилювання колод передбачено порівняння об’єму пиломатеріалів, отриманого за різними варіантами розміщення схем розпилювання на робочій зоні охоплення колоди. Визначення об’єму пиломатеріалів, який поряд з об’ємним виходом є одним з визначальних критеріїв оцінювання схем розпилювання, проводимо як для пиломатеріалів з урахуванням їх виду (необрізні), так і для випадку випилювання обрізних пиломатеріалів з необрізних.

У процесі визначення об’єму пиломатеріалів, випиляних з колоди, для кожного зі значень λ_q , що характеризує варіант розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди, необхідно здійснити розрахунки ширини внутрішньої і зовнішньої пластей пиломатеріалів на кожному поперечному перетині $(i = \overline{0, N})$ та допустимих довжин пиломатеріалів.

Товщину пиломатеріалів приймаємо зі схем розпилювання колоди, отриманих методом повного перебору всіх допустимих варіантів (див., зокрема [8]).

Моделювання варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди.

Ширина пластів на кожному поперечному перетині ($i = \overline{0, N}$) g -го необрізного пиломатеріалу ($g = \overline{1, G}$) зі схеми розпилювання колоди (рис. 1) визначається за такими рівняннями:

а) лівої

$$R_i(\varphi) \cos \varphi = -^k A^i + \lambda_q + \sum_{s=1}^{g-1} (t_s + \epsilon c_{i_s} + pr), \quad \varphi \in (-\pi, \pi); \quad (3)$$

б) правої

$$R_i(\varphi) \cos \varphi = -^k A^i + \lambda_q + \sum_{s=1}^g (t_s + \epsilon c_{i_s} + pr) - pr, \quad \varphi \in (-\pi, \pi), \quad (4)$$

де $R_i(\varphi)$ – частинна сума тригонометричного ряду Фур'є (тригонометричний многочлен), який апроксимує лінію контура i -го поперечного перетину колоди [9].

Для зручності розрахунку ширини лівої та правої пластів пиломатеріалів введемо характеристичну функцію

$$\chi(\beta) = \begin{cases} \beta, & \beta \geq b_{\min} \\ 0, & \text{інакше.} \end{cases} \quad (5)$$

Тоді за розв'язками $\varphi_{1l}^{(g)}$ і $\varphi_{2l}^{(g)}$ ($\varphi_{1l}^{(g)} < 0 < \varphi_{2l}^{(g)}$) рівняння (3) та $\varphi_{1n}^{(g)}$ і $\varphi_{2n}^{(g)}$ ($\varphi_{1n}^{(g)} < 0 < \varphi_{2n}^{(g)}$) рівняння (4) знайдемо ширини лівих (${}_l b_i^{(g)}$) і правих (${}_n b_i^{(g)}$) пластів g -тих необрізних пиломатеріалів на i -му поперечному перетині за розпилювання колоди:

$${}_l b_i^{(g)} = \chi(R_i(\varphi_{2l}^{(g)}) \sin(\varphi_{2l}^{(g)}) - R_i(\varphi_{1l}^{(g)}) \sin(\varphi_{1l}^{(g)})); \quad (6)$$

$${}_n b_i^{(g)} = \chi(R_i(\varphi_{2n}^{(g)}) \sin(\varphi_{2n}^{(g)}) - R_i(\varphi_{1n}^{(g)}) \sin(\varphi_{1n}^{(g)})). \quad (7)$$

Зауважимо, що якщо хоча б одне із значень ${}_l b_i^{(g)}$ чи ${}_n b_i^{(g)}$ ширини пластів пиломатеріалу на деякому поперечному перетині є меншим за b_{\min} , то вона приймається рівною нулю.

Покладемо додатково ${}_l b_{-1}^{(g)} = {}_n b_{-1}^{(g)} = {}_l b_{N+1}^{(g)} = {}_n b_{N+1}^{(g)} = 0$ (обабіч торців колоди) та ${}_l b_i^{(g)}$ і ${}_n b_i^{(g)}$ одночасно рівними нулю, якщо хоча б одне із рівнянь (3) чи (4) не має розв'язків. Тоді, за встановленими значеннями ${}_l b_i^{(g)}$ і ${}_n b_i^{(g)}$ необхідно визначити допустиму довжину фрагментів g -го пиломатеріалу.

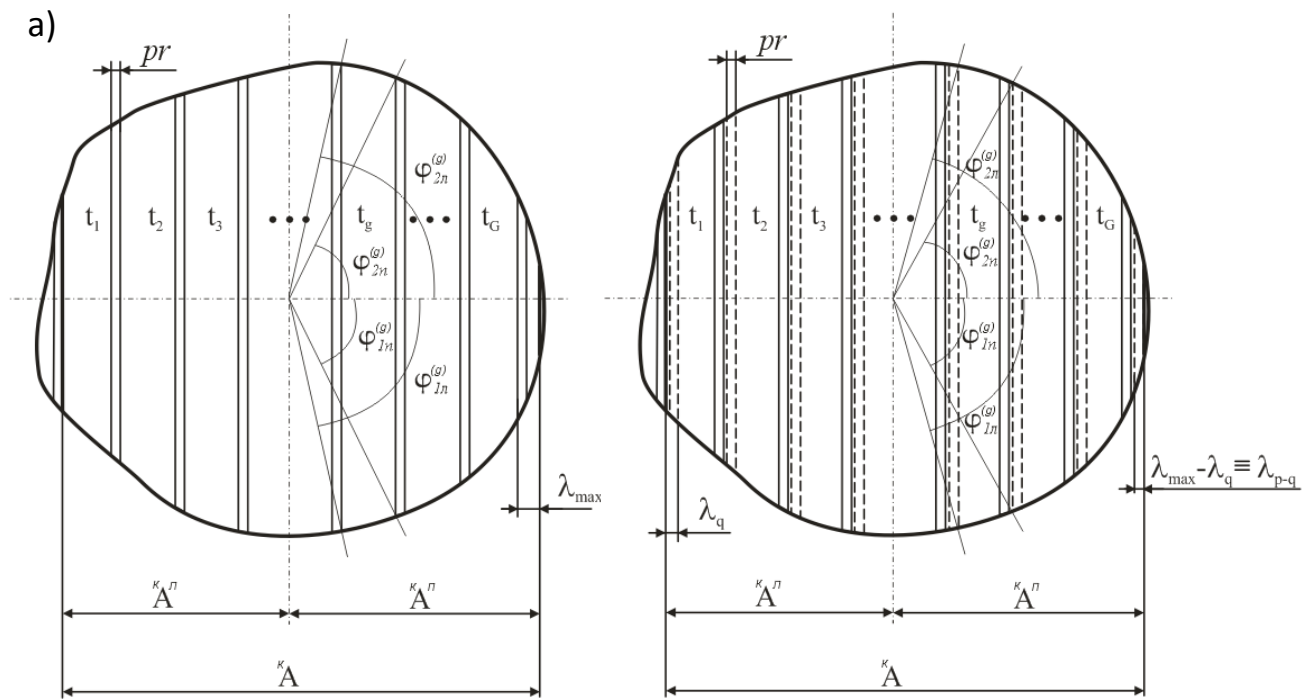


Рис. 1. Розміщення схеми розпилювання на зоні охоплення колоди (i -ий поперечний перетин): а) початкове (крайньє ліве) базування схеми розпилювання; б) зміщення схеми розпилювання на крок λ_q .

Терміни «ліва» і «права» пластів характеризують g -тий пиломатеріал з нумерацією розміщення пиломатеріалів у схемі розпилювання зліва-направо. Зазначимо, що ідентифікація внутрішньої і зовнішньої пластів пиломатеріалів у схемі розпилювання, здійснюється залежно від їх положення відносно лінійної регресійної вісі (ЛРВ) колоди.

Умови допустимості фрагмента g -го пиломатеріалу ($l_{\phi p} \geq l_{\min}$ та $b_{\phi p} \geq b_{\min}$ по всій довжині фрагмента), якщо він розміщується між відомими крайовими перетинами колоди $i_{1j}^{(g)}$ та $i_{2j}^{(g)}$ (j – порядковий номер фрагмента g -го пиломатеріалу), запишемо у такому вигляді:

$$\begin{cases} {}_6 b_{i_{1j}-1}^{(g)} = 0 \text{ або } {}_3 b_{i_{1j}-1}^{(g)} = 0; \\ {}_6 b_{i_{2j}+1}^{(g)} = 0 \text{ або } {}_3 b_{i_{2j}+1}^{(g)} = 0; \\ {}_6 b_i^{(g)} \geq b_{\min}, {}_3 b_i^{(g)} \geq b_{\min} \quad (i_{1j} \leq i \leq i_{2j}) \text{ і } (i_{2j} - i_{1j})h \geq l_{\min}, \end{cases} \quad (8)$$

де h – крок сканування.

Індикатором наявності допустимого фрагмента g -го пиломатеріалу є одночасне виконання системи умов:

$$\begin{cases} {}_6 b_{i_{j-1}}^{(g)} \cdot {}_3 b_{i_{j-1}}^{(g)} = 0; \\ {}_6 b_{i_j}^{(g)} \cdot {}_3 b_{i_j}^{(g)} > 0; \\ {}_6 b_{i_{2j}}^{(g)} \cdot {}_3 b_{i_{2j}}^{(g)} > 0; \\ {}_6 b_{i_{2j+1}}^{(g)} \cdot {}_3 b_{i_{2j+1}}^{(g)} = 0; \\ (i_{2j} - i_{1j})h \geq l_{\min}. \end{cases} \quad (9)$$

Об'єм ідентифікованого допустимого фрагмента g -го пиломатеріалу визначається за формулами:

Необрізного

$$V_j^{(g)} = V_{j1}^{(g)} + V_{j2}^{(g)}; \quad (10)$$

$$V_{j1}^{(g)} = \sum_{k=i_j}^{i_{2j}-1} \frac{({}_6 b_{1k}^{(g)} + {}_3 b_{1k}^{(g)})/2 + ({}_6 b_{1k+1}^{(g)} + {}_3 b_{1k+1}^{(g)})/2}{2} ht_g; \quad V_{j2}^{(g)} = \sum_{k=i_j}^{i_{2j}-1} \frac{({}_6 b_{2k}^{(g)} + {}_3 b_{2k}^{(g)})/2 + ({}_6 b_{2k+1}^{(g)} + {}_3 b_{2k+1}^{(g)})/2}{2} ht_g,$$

де ${}_6 b_{1k}^{(g)}, {}_3 b_{1k}^{(g)}$ – ширина внутрішньої (${}_6 b_{1k}^{(g)} = -R_i(\varphi_{1a}^{(g)})\sin(\varphi_{1a}^{(g)}) > 0$) та зовнішньої (${}_3 b_{1k}^{(g)} = -R_i(\varphi_{1b}^{(g)})\sin(\varphi_{1b}^{(g)}) > 0$) пластей нижньої частини g -го необрізного пиломатеріалу відповідно; ${}_6 b_{2k}^{(g)}, {}_3 b_{2k}^{(g)}$ – ширина внутрішньої (${}_6 b_{2k}^{(g)} = R_i(\varphi_{2a}^{(g)})\sin(\varphi_{2a}^{(g)})$) та зовнішньої (${}_3 b_{2k}^{(g)} = R_i(\varphi_{2b}^{(g)})\sin(\varphi_{2b}^{(g)})$) пластей верхньої частини g -го необрізного пиломатеріалу відповідно;

обрізного (з паралельними крайками)

$$V_j^{(g)(o)} = V_{j1}^{(g)(o)} + V_{j2}^{(g)(o)}; \quad (11)$$

$$V_{j1}^{(g)(o)} = \sum_{k=i_j}^{i_{2j}-1} \min({}_6 b_{1k}^{(g)}, {}_3 b_{1k}^{(g)})ht_g; \quad V_{j2}^{(g)(o)} = \sum_{k=i_j}^{i_{2j}-1} \min({}_6 b_{2k}^{(g)}, {}_3 b_{2k}^{(g)})ht_g.$$

У виробничих умовах в окремих випадках виникає задача забезпечення випилювання обрізної пилопродукції максимального об'єму. Для вирішення цієї задачі доцільно використати таку методику:

1) зміщуємо точку відліку пиломатеріалу (фрагменту, довжина якого $l_{fp} \geq l_{\min}$) у нульове положення (рис. 2);

2) оскільки товщина пиломатеріалу є сталюю, то максимізуємо площу прямокутника, вписаного у криволінійну трапецію;

3) позначимо $n = \frac{l_{fp}}{h}$ та $m = \frac{l_{\min}}{h}$ ($m \leq n$) (де: n, m – кількість сканів пиломатеріалу (фрагмента) та допустимого фрагмента мінімальної довжини відповідно), тоді

$$V_j^{(g)(o, \max)} = \max_{0 \leq i \leq n-m} \max_{i+m \leq j \leq n} (j-i) \chi \left(\min_{i \leq k \leq j} ({}_3 b_{1k}^{(g)}, {}_6 b_{1k}^{(g)}) + \min_{i \leq k \leq j} ({}_6 b_{2k}^{(g)}, {}_3 b_{2k}^{(g)}) \right) ht_g. \quad (12)$$

Зауважимо, що у випадку $m = n$ ($l_{\min} = l_{fp}$) у (12) величини i та j апріорі набувають значень $i = 0, j = m = n$.

Загальний об'єм допустимих фрагментів g -го пиломатеріалу визначається за формулами:

необрізних

$$V^{(g)} = \sum_{i_1=0}^{N-1} \sum_{i_2=i_1+1}^N \xi_{(*)} \cdot V_j^{(g)}, \quad (13)$$

де $\xi_{(*)}$ – характеристична функція системи умов (9)

$$\begin{cases} \xi_{(*)} = 1, & \text{якщо } (*) \text{ – істина}; \\ \xi_{(*)} = 0, & \text{якщо } (*) \text{ – хибне}; \end{cases} \quad (14)$$

обрізних (з паралельними крайками)

$$V^{(g)(o)} = \sum_{i_1=0}^{N-1} \sum_{i_2=i_1+1}^N \xi_{(*)} \cdot V_j^{(g)(o)}; \quad (15)$$

обрізних (максимального об'єму)

$$V^{(g)(o.\max)} = \sum_{i_1=0}^{N-1} \sum_{i_2=i_1+1}^N \xi_{(*)} \cdot V_j^{(g)(o.\max)}. \quad (16)$$

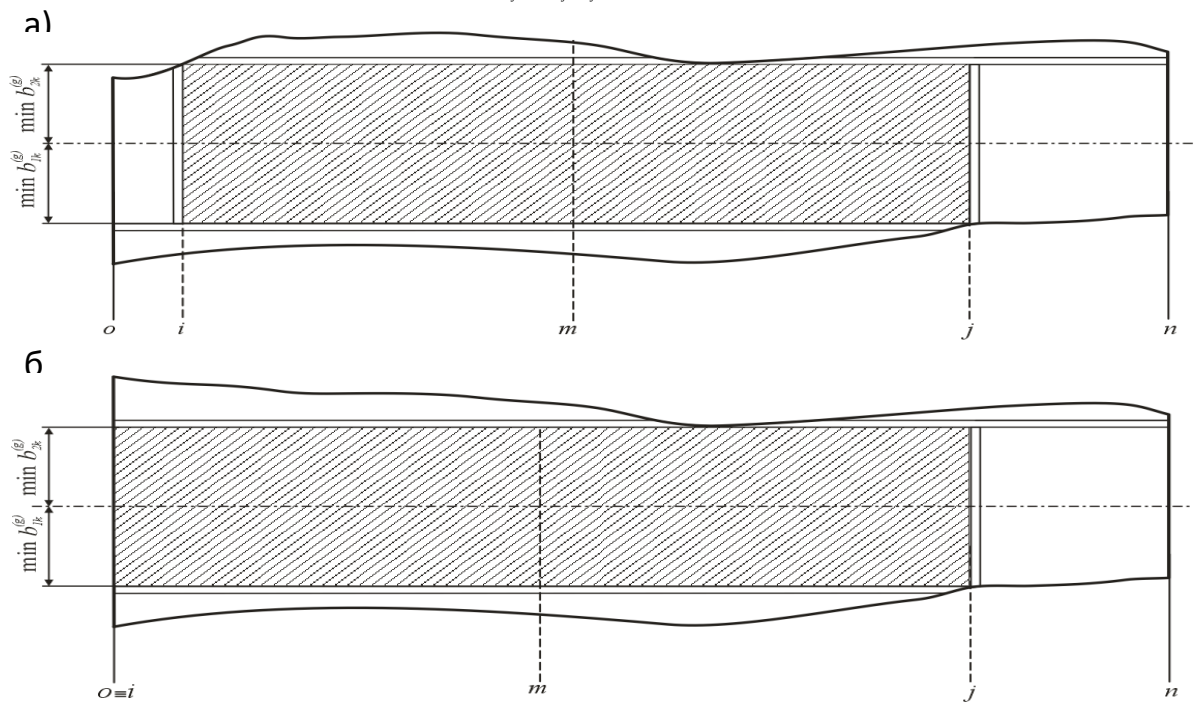


Рис. 2. Схема вписування обрізного пиломатеріалу (фрагменту) максимального об'єму в необрізний пиломатеріал (фрагмент): а) вкороченого з обох боків; б) вкороченого з одного боку.

Загальний об'єм пиломатеріалів, випиляних із колоди, визначається за формулами:

необрізних

$$V = \sum_{g=1}^G V^{(g)}; \quad (17)$$

обрізних (з паралельними крайками)

$$V^{(o)} = \sum_{g=1}^G V^{(g)(o)}; \quad (18)$$

обрізних (максимального об'єму)

$$V^{(o, \max)} = \sum_{g=1}^G V^{(g)(o, \max)}. \quad (19)$$

Висновки

1. Розроблено методику моделювання варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди з урахуванням природних флуктуацій її реальних розмірних характеристик. Ця методика є математично обґрунтованою, експериментально підтвердженою та придатною для визначення всіх можливих варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди.

2. Наведений підхід до моделювання варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди придатний до використання для основних промислових способів розпилювання колод на пиломатеріали, зокрема розвального, першого проходу брусо-розвального, першого проходу розвально-сегментного, першого проходу розвально-секторного та декількох проходів кругового способів.

3. Порівняння об'ємів пиломатеріалів, випиляних з колоди, за різних варіантів розміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення колоди та залежно від обертання колоди навколо ЛРВ на заданий кут дає змогу встановити раціональний варіант, який характеризується величиною кроку зміщення схеми розпилювання на робочій зоні охоплення та кутом повороту колоди навколо ЛРВ.

Список використаних джерел

1. Маєвський В.О. Визначення ширини робочої зони охоплення схемою розпилювання колоди, бруса, сегмента та сектора з урахуванням їх реальної форми // В.О. Маєвський, А.Я. Вус // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.11. – С. 325–334.

2. Кулиш В.Г. Определение погрешностей базирования бревен и брусьев перед лесопильными рамами / В.Г. Кулиш // Науч. тр. ЦНИИМОД. – Архангельск. – 1973. – Вып. 28. – С.103–107.

3. Кучин А.В. Влияние основных технологических факторов на объемный выход еловых пиломатериалов целевого назначения при рамной распиловке в условиях ПО „Северолесэкспорт”: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.05 „Процессы и механизация деревообрабатывающих производств; древесиноведение” / А.В. Кучин. – Л., 1984. – 20с.

4. Ясинский В.С. Методика расчета бокового смещения бревен и брусьев при рамной распиловке / В.С. Ясинский, А.В. Кучин // ИВУЗ, Лесной журнал. – 1984. – №2. – С.64–66.

5. Прокофьев Г.Ф. Влияние смещения оси бревна и бруса относительно оси постава на выход пиломатериалов, щепы и опилок / Г.Ф. Прокофьев, М.Л. Короткова, А.И. Шейнов // ИВУЗ, Лесной журнал. – 1987. – №1. – С.127–130.

6. Матвеева И.С. Повышение выхода пиломатериалов при брусо-развальном способе распиловки бревен: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.05 „Древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки” / И.С. Матвеева – Красноярск, 2005. – 20с.

7. Черных П.Г. Формирование пиломатериалов методом индивидуального раскрытия пиловочного сырья: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.21.05 „Древесиноведение, технология и оборудование деревопереработки” / П.Г. Черных. – СПб., 2010. – 20с.

8. Маєвський В.О. Вдосконалення розкрою букової пиловочної сировини на пилопродукцію: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.07 / Маєвський Володимир Олександрович. – Львів, 2000. – 284с.

9. Mayevskyy V.O. Mathematical simulation of surface shape for real log / Mayevskyy V.O., Vus A.Ya. // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – Вип. 36. – 2010. – С.48–56.

Abstract

LOCATION OF SAWING PATTERN ON THE COVERING WORKING ZONE OF LOG WITH CONSIDERATION OF THEIR REAL SHAPE

V. Mayevskyy, A. Vus, V. Maksymiv

The simulation method for variants of location of sawing pattern on the working zone covering by sawing pattern of log was considered. Consideration of real shape for log based on results of scanning for shape surface of log cross sections was provided for simulation process. Comparison of lumber volume obtained by different variants of sawing pattern on the working coverage zone was provided for evaluation of log sawing pattern.

Аннотация

РАЗМЕЩЕНИЕ СХЕМЫ РАСПИЛОВКИ НА РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ОХВАТА БРЕВНА С УЧЕТОМ ИХ РЕАЛЬНОЙ ФОРМЫ

Маевский В.О., Вус А.Я., Максимив В.М.

Приведена методика моделирования вариантов размещения схемы распиловки на рабочей зоне охвата бревна. В процессе моделирования предусмотрено учет реальной формы бревна, полученной по результатам сканирования формы поверхностей поперечных сечений. С целью оценки схем распиловки бревен предусмотрено сравнение объема пиломатериалов, полученного по различным вариантам размещения схем распиловки на рабочей зоне охвата.