

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПИЛЮВАННЯ КОЛОДИ РОЗВАЛЬНИМ СПОСОБОМ НА ПИЛОМАТЕРІАЛИ З УРАХУВАННЯМ ЇЇ РЕАЛЬНОЇ ФОРМИ

© Маєвський В., Вус А., 2011

Розроблено математичну модель розпилювання колоди паралельно до лінійної регресійної осі розвальним способом на пиломатеріали з урахуванням форми поверхні реальної колоди, отриманої за результатами сканування форми поверхонь її поперечних перетинів. Обґрунтовано особливості математичної моделі розрахунку схем розпилювання з урахуванням повороту колоди або схеми розпилювання навколо осі колоди на заданий кут за розрізання (розпилювання) вертикальними і горизонтальними січними площинами.

Ключові слова: колода, моделювання, математична модель, поперечний перетин, розпилювання, постав (схема розпилювання), лінійна регресійна вісь, пиломатеріал, об'ємний вихід, обертання колоди.

Mathematical model of log sawing to parallel of linear regressive axis by through-and-through method into lumber with consideration of surface shape of real logs based on results of scanning for surface shape of log cross sections was developed. The features of calculation for mathematical model of sawing pattern taking account log rotation or sawing pattern around log axis at the fixed angle under cutting (sawing) by vertical and horizontal cutting planes were validated.

Keywords: log, simulation, mathematical model, cross section, sawing, sawing pattern, lumber, linear regressive axis, volume recovery (yield), rotation of log.

Постановка проблеми та актуальність досліджень

Моделювання розпилювання колод на пиломатеріали є одним із дійових напрямів як прогнозування розмірно-якісних характеристик та виходу пиломатеріалів зокрема, так і передумовою раціонального використання деревини загалом. Ефективність розрахунку результатів розпилювання реальних колод на пиломатеріали залежить переважно від достовірності розроблених математичних моделей та прийнятих припущень. Відхилення результатів прогнозування виходу пиломатеріалів від результатів виробничих розпилювань залежно від зазначених показників в окремих випадках може становити понад 10 %, що свідчить про актуальність реалізації моделювання розпилювання колод на пиломатеріали, розробленого з використанням достовірних математичних моделей та обґрунтованих припущень.

Аналіз відомих досліджень

Результати дослідницької роботи, проведеної у технології лісопиляння щодо вирішення проблеми раціонального розпилювання колод на пилопродукцію за допомогою моделювання розпилювання, зокрема [1–6, 8, 9] свідчать, що, незважаючи на ґрунтовні дослідження, ця проблема не є повністю вирішеною. Важливим чинником реалізації ефективного моделювання розпилювання колод на пилопродукцію, що забезпечує отримання прогнозованих результатів, близьких до отриманих у реальних виробничих умовах, є використання достовірних математичних моделей та обґрунтованих припущень.

Прийняття форми колоди у вигляді „правильних” (осесиметричних) геометричних фігур, поперечний перетин яких симетричний відносно поздовжньої геометричної осі колоди, є поширеним напрямом дослідження у технології лісопиляння [1–6], однак отримані результати зазвичай значно відрізняються від реальних. Такий стан зумовлений тим, що „правильні” геометричні фігури не відображають реальної форми колоди, тому навіть на першому етапі дослідження об’ємного виходу пиломатеріалів за прийнятого конкретного напрямку, методу та способу розпилювання колод для одного набору товщини пиломатеріалів передбачають розрахунок лише однієї схеми розпилювання [1, 2] або декількох, проте прогнозовані розміри та форма випиляних пиломатеріалів з двох протилежних частин колоди будуть однаковими або однотипними [3–6]. Натомість у випадку врахування реальної форми колоди [7] для аналогічних умов можливо отримати значну кількість схем розпилювання з прогнозованими реальними розмірами, формою та об’ємом випиляних пиломатеріалів, що забезпечить повноцінний вибір раціональної схеми.

У роботах, в яких розглядається моделювання розпилювання колод на пиломатеріали з урахуванням їх реальної форми, зокрема [8, 9], не наводиться інформація щодо математичного обґрунтування прийнятих моделей та достовірності отриманих результатів, що не дає змоги їх однозначно трактувати.

Тому у статті як продовження серії робіт [7, 10] наведено розвиток теоретичного та практичного підходів до процесу розпилювання колод паралельно до лінійної регресійної осі розвальним способом з урахуванням їх реальної форми, реалізація якого забезпечуватиме раціональне використання деревини.

Теоретичні та прикладні аспекти моделювання розпилювання колод паралельно лінійній регресійній осі розвальним способом на пиломатеріали з урахуванням їх реальної форми

За отриманим у роботі [7] описом поверхні колоди у вигляді множини значень $\{R_i(\varphi), \quad i = \overline{0, N}\}$ здійснимо моделювання розрізання (розпилювання) колоди січними площинами, паралельними до лінійної регресійної осі, на пиломатеріали. У загальному це завдання можна вирішити за допомогою двох технологічних підходів. Перший підхід передбачає, що січні площини – вертикальні (моделювання розпилювання колод колодопиляльним обладнанням з вертикальним розміщенням ріжучого інструменту). Для другого підходу характерне горизонтальне розміщення січних площин (моделювання розпилювання колод колодопиляльним обладнанням з горизонтальним розміщенням ріжучого інструменту). Оскільки реалізують наведені технологічні підходи за однією методикою, то наведемо розв’язок задачі моделювання розрізання колоди на пиломатеріали тільки вертикальними січними площинами.

Моделювання розпилювання колоди на пиломатеріали доцільно подати у вигляді алгоритму, що передбачає визначення ширини зовнішньої і внутрішньої пластей пиломатеріалів для кожного поперечного перетину $(i = \overline{0, N})$, а також їх довжини, об’єму, об’ємного виходу та загального об’ємного виходу пиломатеріалів з колоди. Товщину пиломатеріалів приймаємо зі схем розпилювання колоди, отриманих методом повного перебору всіх допустимих варіантів (див., зокрема [11]).

Для підвищення ефективності розрахунку поставів (схем розпилювання) нульовий поперечний перетин колоди $i = 0$ ототожнюємо з відземковим (більшим) торцем, оскільки на цьому торці, на відміну від вершинного $(i = N)$, можна умовно повністю зобразити схему розпилювання. Прийняте ототожнення не впливає ні на результати розрахунку схем розпилювання, ні на фактичне розпилювання колоди за прийнятою схемою, незалежно від орієнтації колоди під час розпилювання відземковим чи вершинним торцем вперед.

Математична модель розрахунку поставів (схем розпилювання)

Як відомо [12], залежно від розміщення пропилів відносно поздовжньої геометричної вісі колоди постав може бути симетричним або несиметричним, а залежно від кількості випилюваних пиломатеріалів – парним чи непарним. Однак, такий поділ справедливий лише для колод у формі

„правильних” (осесиметричних) геометричних фігур, у яких поздовжня геометрична вісь колоди збігається з її лінійною регресійною віссю, що зумовлює, зокрема, для парного поставу – наявність однакової кількості пиломатеріалів, випиляних з „правої” та „лівої” частин колоди. Для реальних колод, форма яких у більшості випадків є неправильною, поняття симетричного та несиметричного, парного та непарного поставів є умовним, позаяк поздовжня геометрична вісь колоди, як правило, не збігатиметься з її лінійною регресійною віссю, тому, наприклад, кількість пиломатеріалів, випиляних з „правої” та „лівої” частин колоди у парному симетричному поставі, може відрізнятись. Окрім того, неправильність форми колоди може бути причиною ототожнення поняття парного і непарного поставів за наявності у поставі пиломатеріалів однієї товщини. Отже, поділ поставів на симетричні, парні та непарні доцільно розглядати з погляду їх прив’язки до поздовжньої геометричної осі колоди, якою для колод з неправильною формою вважатимемо лінійну регресійну вісь колоди, що, як правило, не збігається з геометричною віссю колоди, а для колод з правильною формою – ту ж лінійну регресійну вісь колоди, що збігається з геометричною віссю колоди.

Парний постав (рис. 1).

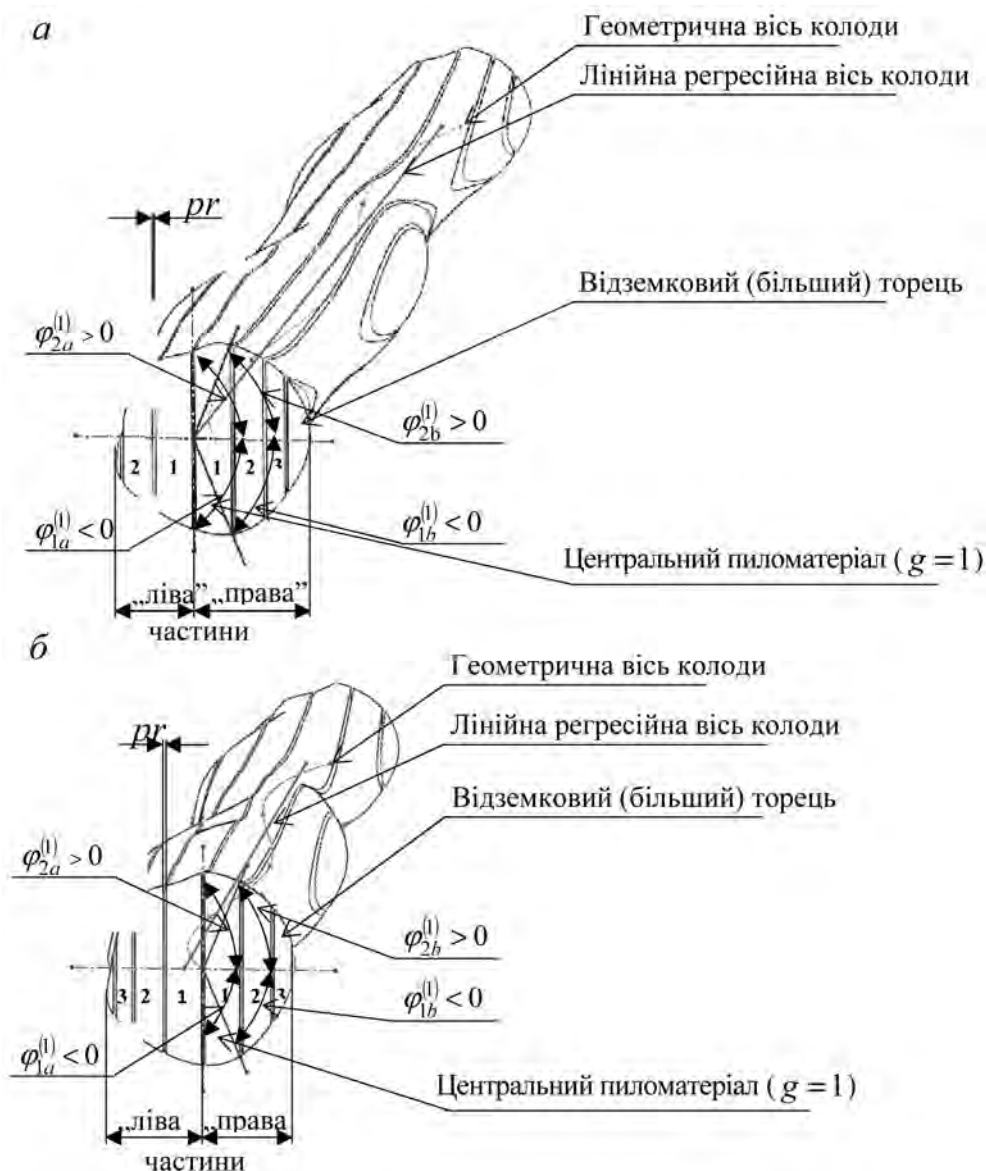


Рис. 1. Розрахункова схема парного поставу розвального способу розпилювання колод:

а – умовно симетричний (відносно лінійної регресійної осі колоди);

б – умовно несиметричний (відносно лінійної регресійної осі колоди)

Спочатку розглянемо випадок, коли у схемі розпилювання всі пиломатеріали однакової товщини ($t_1 = t_2 = \dots = t_g$, де $t_1, t_2, \dots, t_g$ – товщина першого, другого та g -го пиломатеріалів відповідно).

Тоді, за наявності першого пропилу колоди, що проходить через її лінійну регресійну вісь або на деякій відстані від неї та формує внутрішні пласті центральних пиломатеріалів, ширина внутрішньої пласті центрального пиломатеріалу ($g=1$) з „правої” частини колоди для кожного поперечного перетину ($i = \overline{0, N}$) визначається з рівняння:

$$R_i(\varphi) \cdot \cos \varphi = \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right], \quad (1)$$

де pr – ширина пропилу.

Рівняння (1) має два розв’язки $\varphi_{1a}^{(1)}$ та $\varphi_{2a}^{(1)}$ ($\varphi_{1a}^{(1)} < 0 < \varphi_{2a}^{(1)}$), за якими знайдемо ширину внутрішньої пласті центрального пиломатеріалу на i -му поперечному перетині:

$$b_i^{(1)} = R_i(\varphi_{2a}^{(1)}) \sin \varphi_{2a}^{(1)} - R_i(\varphi_{1a}^{(1)}) \sin \varphi_{1a}^{(1)}. \quad (2)$$

Ширина зовнішньої пласті центрального пиломатеріалу ($g=1$) з „правої” частини колоди для кожного поперечного перетину ($i = \overline{0, N}$) визначається з рівняння:

$$R_i(\varphi) \cdot \cos \varphi = (t + \varepsilon c_t) + \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right], \quad (3)$$

де εc_t – припуск на всихання пиломатеріалу за його товщиною.

За розв’язками рівняння (3) $\varphi_{1b}^{(1)}$ та $\varphi_{2b}^{(1)}$ ($\varphi_{1b}^{(1)} < 0 < \varphi_{2b}^{(1)}$) знайдемо ширину зовнішньої пласті центрального пиломатеріалу на i -му поперечному перетині:

$$b_i^{(1)} = R_i(\varphi_{2b}^{(1)}) \sin \varphi_{2b}^{(1)} - R_i(\varphi_{1b}^{(1)}) \sin \varphi_{1b}^{(1)}. \quad (4)$$

Для знаходження на кожному поперечному перетині ($i = \overline{0, N}$) ширини внутрішніх пластей наступних суміжних (бокових) пиломатеріалів розв’язуємо рівняння:

$$R_i(\varphi) \cdot \cos \varphi = (g-1)((t + \varepsilon c_t) + pr) + \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]. \quad (5)$$

де g – порядковий номер пиломатеріалу ($g \geq 2$).

За розв’язками рівняння (5) $\varphi_{1a}^{(g)}$ та $\varphi_{2a}^{(g)}$ ($\varphi_{1a}^{(g)} < 0 < \varphi_{2a}^{(g)}$) знайдемо ширину внутрішніх пластей бокових пиломатеріалів на i -му поперечному перетині:

$$b_i^{(g)} = R_i(\varphi_{2a}^{(g)}) \sin \varphi_{2a}^{(g)} - R_i(\varphi_{1a}^{(g)}) \sin \varphi_{1a}^{(g)}. \quad (6)$$

Ширина зовнішніх пластей бокових пиломатеріалів на кожному поперечному перетині ($i = \overline{0, N}$) визначається з рівняння:

$$R_i(\varphi) \cdot \cos \varphi = g((t + \varepsilon c_t) + pr) - \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]. \quad (7)$$

За розв’язками рівняння (7) $\varphi_{1b}^{(g)}$ та $\varphi_{2b}^{(g)}$ ($\varphi_{1b}^{(g)} < 0 < \varphi_{2b}^{(g)}$) знайдемо ширину зовнішніх пластей бокових пиломатеріалів на i -му поперечному перетині:

$$b_i^{(g)} = R_i(\varphi_{2b}^{(g)}) \sin \varphi_{2b}^{(g)} - R_i(\varphi_{1b}^{(g)}) \sin \varphi_{1b}^{(g)}. \quad (8)$$

Зазначимо, що значення $\varphi_1^{(g)}$ та $\varphi_2^{(g)}$, окрім підпорядкування нерівності $\varphi_1^{(g)} < 0 < \varphi_2^{(g)}$, внаслідок неправильної форми поперечного перетину колоди у більшості випадків відповідає виразу $\varphi_1^{(g)} \neq -\varphi_2^{(g)}$.

Максимальна кількість пиломатеріалів досліджуваної „правої” частини колоди визначається за формулою:

$${}^nG = \left[\frac{1}{(t + \epsilon c_t) + pr} \left(\max_{i=0, N} R_i(0) + \frac{pr}{2} \right) \right], \quad (9)$$

де $[x]$ – ціла частина числа, тобто найбільше ціле число, що не перевищує значення x .

Обумовимо, що рівняння (5), (7) розв’язуємо для всіх $i = \overline{0, N}$, $g = \overline{2, G}$, але у випадку відсутності розв’язків у відповідних ширинах пластей (6) або (8) покладемо $b_i^{(g)} = 0$ та $b_i^{(g)} = 0$.

Довжина пиломатеріалів з центральної зони колоди (серцевинних і центральних) дорівнює її довжині, в іншому випадку – схема розпилювання колоди є неефективною.

Довжину бокових пиломатеріалів визначаємо з урахуванням таких умов:

1) якщо $\forall i = \overline{0, N}$ поперечного перетину колоди $b_i^{(g)} > b_{\min}$, то довжина пиломатеріалу $l_n^{(g)}$ дорівнює довжині колоди L_k ;

2) якщо на i -му ($0 < i \leq N$) поперечному перетині колоди вперше виявлено, що $b_i^{(g)} < b_{\min}$ (або $b_i^{(g)} = 0$ за попередньою домовленістю про відсутність розв’язків у відповідних ширинах пластей), то пиломатеріал слід вкорочувати, а його довжина визначається за формулами:

а) у випадку, якщо $\forall j = \overline{i, N}$ поперечного перетину колоди $b_j^{(g)} < b_{\min}$

$$l_n^{(g)} = (i-1)h, \quad (10)$$

де h – крок сканування;

б) у випадку, якщо на ділянці $j = \overline{i+1, N}$ буде хоча б один поперечний перетин колоди j , для якого справджується $b_j^{(g)} \geq b_{\min}$, то частини цього g -го пиломатеріалу необхідно перевірити на відповідність вимогам специфікації. Для цього необхідно виділити k фрагментів за довжиною g -го пиломатеріалу ($i = \overline{i_{1k}, i_{2k}}$), на яких виконується умова перевищення $b_{\min}$, визначити їх довжини $l_k^{(g)} = (i_{2k} - i_{1k})h$ (рис. 2) та порівняти з величиною мінімально допустимої довжини пиломатеріалів ($l_{\min}$).

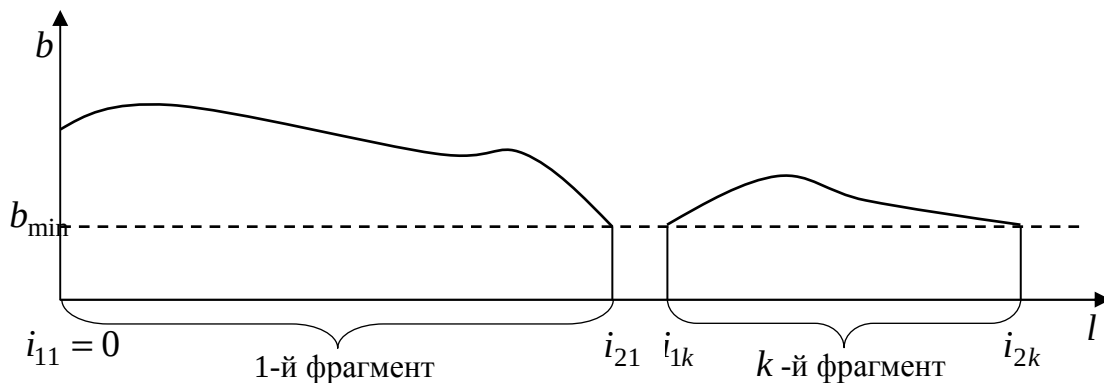


Рис. 2. Розрахункова схема поділу g -го пиломатеріалу за довжиною на фрагменти

За умови перевищення одним або декількома значеннями $l_k^{(g)}$ відповідних фрагментів пиломатеріалу величини $l_{\min}$ вважатимемо їх, як і у практиці лісопиляння, окремими пиломатеріалами (вкороченої довжини), незалежно від фактичної цілісності пиломатеріалу за його довжиною.

Наведені випадки характерні для колод з неправильною формою стовбура або поперечного перетину, коли навіть незважаючи на ототожнення нульового поперечного перетину колоди ($i = 0$) з відземковим (більшим) торцем, ймовірне випилювання пиломатеріалів допустимих розмірів ближче до вершинного торця.

Зазначимо, що для отримання достовірних результатів розрахунку показників схеми розпилювання колоди, величина кроку сканування колоди h повинна узгоджуватися з мінімально допустимою довжиною пиломатеріалу ($l_{\min}$) і його градацією за довжиною δ . Найбільш прийнятним є співвідношення $h \leq \frac{\delta}{n}$ (де n – ціле додатне число), зокрема, чим більше n , тим точніші розрахунки розмірних характеристик пиломатеріалів, однак зростання n призводить до збільшення тривалості сканування та оброблення його результатів.

За розрахунковими чи переведеними у номінальні значеннями товщини, ширини (визначається залежно від виду пиломатеріалів) та довжини пиломатеріалів (фрагментів) обчислюється їх об'єм та об'ємний вихід з колоди. Обчислюють об'єм пиломатеріалу (фрагмента) за формулою:

$${}^nV_n^{(g)} = t \cdot b^{(g)} \cdot l_n^{(g)}. \quad (11)$$

Об'ємний вихід пиломатеріалів з „правої” частини колоди (nV , nP) обчислюють за формулами:

$$y \text{ м}^3 - {}^nV = \sum_{g=1}^{n_G} {}^nV_n^{(g)}; \quad (12)$$

$$y \% - {}^nP = \frac{\sum_{g=1}^{n_G} {}^nV_n^{(g)}}{q} \cdot 100\%, \quad (13)$$

де ${}^nV_n^{(g)}$ – об'єм g -го пиломатеріалу з „правої” частини колоди; q – об'єм колоди.

Для визначення ширини зовнішньої та внутрішньої пластей центрального ($g = 1'$) і бокових ($g \geq 2'$) пиломатеріалів та їх довжини з „лівої” частини колоди (рис. 1) застосовується аналогічна послідовність дій, як і у випадку визначення розмірів пиломатеріалів з „правої” частини колоди (формули (1)-(10)). Особливістю розрахункових формул для „лівої” частини колоди є трансформування рівнянь (1), (3), (5), (7) та (9) з урахуванням зміщення фази на доданок π , наприклад рівняння (7) та (9) для „лівої” частини колоди матимуть вигляд відповідно:

$$R_i(\varphi + \pi) \cdot \cos \varphi = g \left((t + \varepsilon c_t) + pr \right) - \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]; \quad (14)$$

$${}^nG = \left[\frac{1}{(t + \varepsilon c_t) + pr} \left(\max_{i=0, N} R_i(\pi) + \frac{pr}{2} \right) \right]. \quad (15)$$

Рівняння (1), (3) та (5) перетворюються аналогічно.

Об'єм та об'ємний вихід пиломатеріалів (фрагментів) з колоди для її „лівої” частини обчислюють аналогічно, як і для „правої”, за формулами (11), (12) та (13) відповідно. Загальний об'ємний вихід пиломатеріалів з колоди обчислюють за формулами:

$$y \text{ м}^3 - V = {}^nV + {}^lV; \quad (16)$$

$$y \% - P = {}^nP + {}^lP. \quad (17)$$

Модифікація математичної моделі розрахунку поставів (схем розпилювання) з пиломатеріалами різної товщини

За наявності конкретної специфікації пиломатеріалів з різними розмірними характеристиками, на випадок задекларованої допустимої сукупності їх товщин в одній схемі розпилювання необхідно модифікувати наведену математичну модель (1)–(17).

Опишемо схему розпилювання послідовністю товщин пиломатеріалів:

$$t_1, t_2, \dots, t_g, \dots \quad (18)$$

Зазначимо [12], що з метою раціонального використання деревини у теорії та практиці лісопиляння вважають за доцільне розміщувати у центральній частині колоди товстіші пиломатеріали із зменшенням їх товщини ближче до периферії колоди. Тому послідовність (18), як правило, є незростаючою, а серед її елементів (товщин пиломатеріалів) доцільно використовувати не більше трьох товщин в одній схемі розпилювання, причому суміжні пиломатеріали можуть мати однакову товщину.

Зважаючи на вищевказане, відповідні розрахункові рівняння, зокрема для „правої” частини колоди (3), (5) та (7) набувають вигляду відповідно:

$$R_i(\varphi) \cdot \cos \varphi = (t_1 + \omega c_{t_1}) + \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]; \quad (19)$$

$$R_i(\varphi) \cdot \cos \varphi = \sum_{s=1}^{g-1} \left((t_s + \omega c_{t_s}) + pr \right) + \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]; \quad (20)$$

$$R_i(\varphi) \cdot \cos \varphi = \sum_{s=1}^g \left((t_s + \omega c_{t_s}) + pr \right) - \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]. \quad (21)$$

Максимальну кількість пиломатеріалів для кожної досліджуваної частини колоди визначаємо за модифікованими формулами, зокрема для „правої” частини формулу (9) запишемо у вигляді:

$${}^nG = \max \left\{ g \in N : \sum_{s=1}^g \left((t_s + \omega c_{t_s}) + pr \right) \leq \max_{i=0, N} (R_i(0)) + \frac{pr}{2} \right\}. \quad (22)$$

Непарний постав (рис. 3)

Особливістю розрахунку непарного поставу є визначення ширини серцевинного пиломатеріалу.

Ширину внутрішніх пластів серцевинного пиломатеріалу ($g=1$) з „правої” та „лівої” частин колоди визначають за системою рівнянь:

$$\text{для „правої” частини колоди} - R_i(\varphi) \cos \varphi = \frac{(t_1 + \omega c_{t_1})}{2}, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]; \quad (23)$$

$$\text{для „лівої” частини колоди} - R_i(\varphi + \pi) \cos(\varphi) = \frac{(t_1 + \omega c_{t_1})}{2}, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right]. \quad (24)$$

Кожне з рівнянь (23) та (24) має по два розв’язки ${}^n\varphi_{1a}^{(1)}$ і ${}^n\varphi_{2a}^{(1)}$ (${}^n\varphi_{1a}^{(1)} < 0 < {}^n\varphi_{2a}^{(1)}$) та ${}^n\varphi_{1a}^{(1)}$ і ${}^n\varphi_{2a}^{(1)}$ (${}^n\varphi_{1a}^{(1)} < 0 < {}^n\varphi_{2a}^{(1)}$), а ширина їх внутрішніх пластів визначається за формулами (25) для „правої” частини колоди та (26) – для „лівої” відповідно:

$${}^n b_i^{(1)} = R_i \left({}^n\varphi_{2a}^{(1)} \right) \sin \left({}^n\varphi_{2a}^{(1)} \right) - R_i \left({}^n\varphi_{1a}^{(1)} \right) \sin \left({}^n\varphi_{1a}^{(1)} \right); \quad (25)$$

$${}^n b_i^{(1)} = R_i \left({}^n\varphi_{2a}^{(1)} \right) \sin \left({}^n\varphi_{2a}^{(1)} \right) - R_i \left({}^n\varphi_{1a}^{(1)} \right) \sin \left({}^n\varphi_{1a}^{(1)} \right). \quad (26)$$

Подальший розрахунок непарного поставу (визначення ширини, довжини, об’єму та об’ємного виходу пиломатеріалів) здійснюється за алгоритмом розрахунку парного поставу (формули (5)–(17), (19)–(21)).

Зазначимо, що для непарного умовно симетричного та несиметричного поставів послідовність (18) для „правої” та „лівої” частин колоди мають однакове значення t_1 (товщини серцевинного пиломатеріалу), а формули для визначення максимальної кількості пиломатеріалів для кожної частини колоди, зокрема для „правої”, набуває вигляду:

$${}^nG = \max \left\{ g \in N : \frac{(t_1 + \epsilon c_{t_1})}{2} + \sum_{s=2}^g ((t_s + \epsilon c_{t_s}) + pr) \leq \max_{i=0, N} (R_i(0)) \right\}. \quad (27)$$

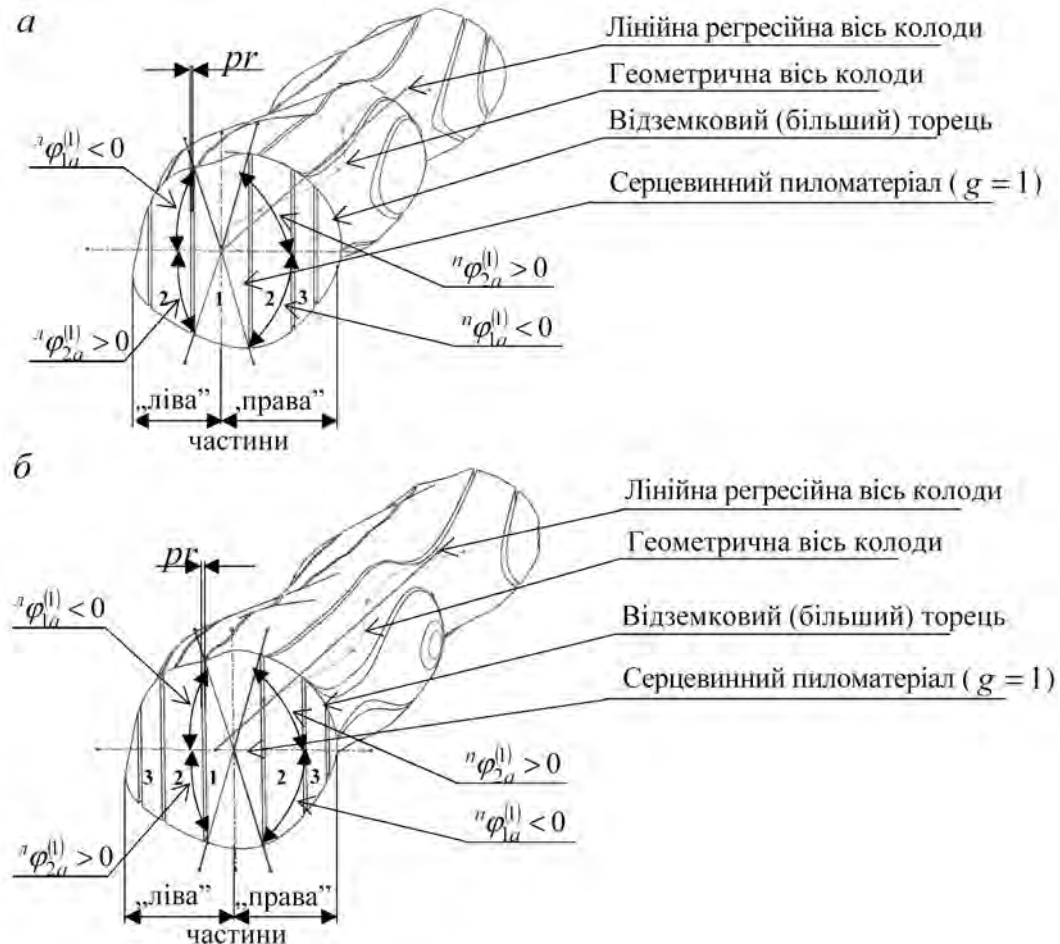


Рис. 3. Розрахункова схема непарного поставу розвального способу розпилювання колод:

а – умовно симетричний (відносно лінійної регресійної осі колоди);
б – умовно несиметричний (відносно лінійної регресійної осі колоди)

Особливості математичної моделі розрахунку поставів (схем розпилювання) за обертання колоди навколо своєї осі на заданий кут

Розпилювання реальної колоди на пиломатеріали за прийнятою схемою розпилювання, на відміну від ідеалізованої, представлені правильними геометричними фігурами, передбачає розрахунок значної кількості варіантів цієї схеми. Кількість варіантів конкретної схеми розпилювання колоди на пиломатеріали обумовлюється кількістю поворотів колоди навколо своєї осі відносно схеми розпилювання (чи навпаки – кількістю поворотів цієї схеми навколо осі колоди). Технологічно вказані операції виконуються залежно від виду колодопиляльного обладнання, однак отримані результати розрахунку схем розпилювання – аналогічні, тому наведемо інформацію для варіанту повороту колоди навколо своєї осі відносно схеми розпилювання, який більш вживаний у виробничих умовах (рис. 4).

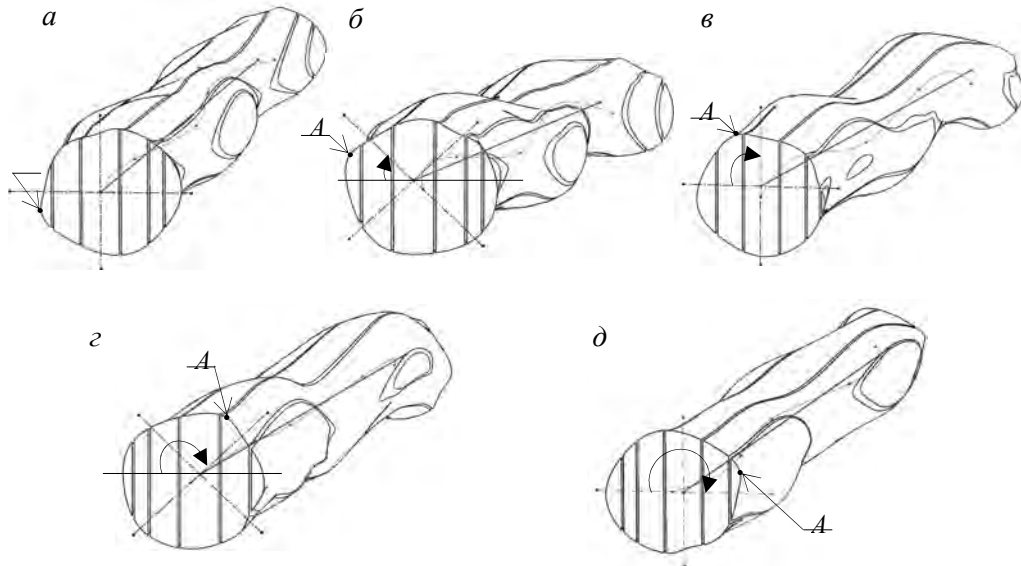


Рис. 4. Варіанти повороту колоди навколо своєї осі відносно схеми розпилювання:
 а – кут 0° (початкове базування колоди); б – кут 45° ; в – кут 90° ; г – кут 135° ; д – кут 180°

Зауважимо, що для розвального способу розпилювання колоди паралельно до її лінійної регресійної осі у випадку повороту колоди навколо своєї осі відносно схеми розпилювання (рис. 4) на кут α , більший від розгорнутого ($180^\circ + \alpha$), отримані результати ідентичні схемі розпилювання для кута α .

Кількість поворотів колоди навколо своєї осі відносно схеми розпилювання M доцільно характеризувати елементарним кроком повороту (ω) $M = \frac{\pi}{\omega}$.

Після кожного повороту колоди навколо своєї осі m ($m = \overline{0, M}$) на крок ω необхідно перерахувати розмірні параметри випиляних пиломатеріалів та їх об'єм за модифікованими розрахунковими рівняннями (1, 3, 5, 7, 14, 19–21, 23, 24). Для цього у зазначені розрахункові рівняння до кута φ всіх аргументів $R_i(\varphi)$ та $R_i(\varphi + \pi)$ потрібно додати фазовий доданок $m\omega$. У такому випадку формула (7), наприклад, набуде вигляду:

$$R_i(\varphi + m\omega) \cdot \cos \varphi = g((t + \omega c_t) + pr) - \frac{1}{2} pr, \quad \varphi \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]. \quad (28)$$

Формули для визначення максимальної кількості пиломатеріалів для кожної частини колоди (9), (15), (22), (27) трансформуються аналогічно, наприклад, формула (22) для „правої” частини колоди після додавання фазового доданку ($m\omega$) набуде вигляду:

$$^nG = \max \left\{ g \in N : \sum_{s=1}^g ((t_s + \omega c_{t_s}) + pr) \leq \max_{i=0, N} (R_i(m\omega)) + \frac{pr}{2} \right\}. \quad (29)$$

Практично розмірні параметри випиляних пиломатеріалів та їх об'єм обчислюють за модифікованими розрахунковими формулами тільки для поворотів колоди навколо своєї осі, що відповідають значенням $m = \overline{1, M-1}$. Для значення $m = M$ результати будуть аналогічні, як і для $m = 0$, позаяк це буде та сама схема розпилювання, тільки повернута на 180° .

Для розв'язання задачі моделювання розрізання колоди горизонтальними січними площинами необхідно модифікувати розрахункові формули (1, 3, 5, 7, 9, 14, 15, 19–24, 27–29). Для цього у позначені формули до кута φ аргументів $R_i(\varphi)$ (для „правої” частини колоди) та $R_i(\varphi + \pi)$ (для „лівої” частини колоди) потрібно додати значення $\left(\frac{\pi}{2}\right)$ та застосувати наведений алгоритм вирішення задачі моделювання розрізання колоди вертикальними січними площинами.

Висновки

Поділ поставів на симетричні та несиметричні, парні та непарні запропоновано розглядати з погляду їх прив'язки до поздовжньої геометричної осі колоди, якою для колод з неправильною формою доцільно вважати лінійну регресійну вісь колоди. Для колод з правильною формою лінійна регресійна вісь збігається з геометричною віссю колоди.

Розроблено математичну модель розпилювання колод паралельно лінійній регресійній осі розвальним способом на пиломатеріали, реалізація якої дасть змогу урахувати природні флуктуації розмірних характеристик реальних колод та ефективно розрахувати постави (схеми розпилювання). Ця модель є математично обґрунтованою і придатною для прогнозування розмірів, форми та об'єму випиляних пиломатеріалів, їх об'ємного виходу та оптимізації плану розпилювання колод, а також для створення спеціалізованого програмного забезпечення.

Обґрунтовано особливості математичної моделі розрахунку схем розпилювання з пиломатеріалами однієї і різної товщини з урахуванням повороту колоди або схеми розпилювання навколо вісі колоди на заданий кут за розрізання (розпилювання) вертикальними і горизонтальними січними площинами. Реалізація цієї математичної моделі забезпечить ефективний розрахунок різних схем розпилювання та відшукування оптимального кута повороту колоди навколо своєї вісі, за якого здійснюється її раціональне розпилювання паралельно лінійній регресійній вісі.

1. Шалаев В.С. Совершенствование теории раскроя древесного сырья на пилопродукцию заданных размеров и качества: Автореф. дисс... докт. техн. наук: 05.21.05 / Моск. гос. ун-тет леса. – М., 1995. – 46 с. 2. Уласовец В.Г. Распиловка бревен параллельно образующей: моногр. / Уласовец В.Г. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. – 147с. 3. Маєвський В.О. Математична модель розпилювання розвальним способом колод з формою поперечного перетину у вигляді еліпса / Маєвський В.О., Максимів В.М., Горбачевський І.Я., Миськів Є.М., Мацюк Р.І. // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість. – Львів: НЛТУ України. – Вип. 34. – 2008. – С. 123–130. 4. Ese-Etame Roncs. Impact of ellipticality on lumber grade and volume recovery for red oak logs / Ese-Etame Roncs. // Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. – 2006. – 121p. 5. Todoroki C.L. Lumber volume and value from elliptical western hemlock logs / Todoroki C.L., Monserud R.A., Parry D.L.// Forest Products Journal. – 2007. – Vol. 57. Issue 7/8. – P. 76-82. 6. Яцишин С.І. Розрахунок балансу деревини внаслідок розкроювання колод на радіальні пиломатеріали розвальним-сегментним способом / Яцишин С.І., Грицюк Ю.І. // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.3. – С. 149–162. 7. 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. 8. Lin W. A three-dimensional optimal sawing system for small sawmills in central Appalachia / Lin W., Wang J., Thomas E. // Proceedings of the 17th Central Hardwood Forest Conference GTR-NRS-P-78. – 2011. – P. 67–76. 9. Fritz van Zyl. Determining the optimal log position during primary breakdown using internal wood scanning techniques and meta-heuristic algorithms / Fritz van Zyl. // Thesis submitted in Engineering at the University of Stellenbosch. – 2011. – 116p. 10. Маєвський В.О. Розроблення моделі реальної колоди для імітації її розпилювання на пилопродукцію // Науковий вісник. Зб. науково-технічних праць. – Львів: НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.3 – С. 322–328. 11. Маєвський В.О. Вдосконалення розкрою букової пиловочної сировини на пилопродукцію: Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.07. – Львів, 2000. – 284 с. 12. Носовський Т. А. Технологія лісопильно-деревообробних виробництв: навч. посіб. / Т. А. Носовський, Р. І. Мацюк, В. В. Маслій. – К.: НМК ВО, 1993. – 196 с.