

# МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

УДК 674.09

Ю. Грицюк, С. Яцишин

Національний лісотехнічний університет України, м. Львів

## РОЗРАХУНОК ОБ'ЄМНОГО ВИХОДУ ПИЛОПРОДУКЦІЇ ТА ВІДПОВІДНИХ ВІДХОДІВ МЕТОДАМИ ЧИСЛОВОГО ІНТЕГРУВАННЯ

© Грицюк Ю., Яцишин С., 2007

Запропоновано методику розрахунку об'ємів необрізних і однобічно обрізних пиломатеріалів, різних кускових відходів і втрат на виконання пропилів, яка дає змогу отримати достовірні дані про використану деревину внаслідок розкроювання колод на радіальні пиломатеріали. На відміну від наявних, у даній методиці за рахунок застосування наближених методів числового інтегрування аналітично заданих функцій враховано як кривизну колоди, складну форму її твірної поверхні, так і еліптичність поперечного перерізу.

The technique is proposed to calculate the volumes of completely or one-sidedly not edge-surfaced lumbers, different piecewise waste and saw cut losses. It makes possible to obtain reliable data on used timber when logs are cut into radial lumbers. This technique in contrast to currently available ones takes into accounts both the log curvature and complicated geometry of its surface as well as its elliptic cross-section.

### Вступ

Для виготовлення столярних виробів (віконних і дверних блоків) широко застосовують деревину хвойних порід. Одним із завдань дільниці розкрою колод хвойних порід на пиломатеріали розвальню-сегментним чи будь-яким іншим способом є розрахунок об'ємного виходу отриманої пилопродукції та відповідних відходів. Проте математичні співвідношення, наведені у науковій літературі [2, 3, 5, 6] для обчислення об'ємів отриманої пилопродукції, придатні тільки для виконання нескладних машинних розрахунків і, як наслідок, дають наближені значення. Причина у тому, що у цих дослідженнях поверхню колоди приймали переважно як обрізаний конус чи параболоїд обертання, а у поперечному перерізі – круг за всією довжиною. Дещо точнішу методику розрахунку наведено у роботі [7, с. 160], у якій враховано як кривизну колоди, так і складну форму її твірної поверхні. Однак у поперечному перерізі колоди прийнято круг, наведено причини такого спрощення, а також систематичні похибки, які нагромаджуються у процесі виконання розрахунків.

Сьогодні в умовах реального виробництва здебільшого об'єми отриманих пиломатеріалів і відповідних відходів деревини, за винятком двобічно обрізних дощок, розраховують табличним способом або через значення відповідних коефіцієнтів. Саме ці обставини сприяють появі певних неточностей у процесі обліку достатньо дорогої пилопродукції та набагато дешевших відходів. Оскільки з розкритої колоди отримують декілька видів пиломатеріалів, то точне обчислення їхніх об'ємних виходів має важливе значення для ефективної діяльності дільниці розкрою, а також є актуальним питанням стосовно проведення подальших наукових досліджень.

Згідно з розвальню-сегментним способом розкрою, радіальні та напіврадіальні пиломатеріали поділяють на необрізні та однобічно обрізні дошки, з яких потім шляхом додаткового розкрою

отримують двобічно обрізні. Об'єм таких дощок визначити неважко. А ось об'єми необрізних і однобічно обрізних дощок, а також різних кускових відходів і втрат деревини на виконання пропилів можна точно обчислити, використовуючи наведену нижче методику. Особливо корисною ця методика може бути тоді, коли для підготовки виробництва використовується відповідна АСУ ТП.

### **Постановка завдання**

Необхідно спочатку розробити математичну модель процесу обчислення об'ємів необрізних і однобічно обрізних дощок, кускових відходів, а також об'єму втрат деревини на виконання відповідних пропилів внаслідок розкроювання колод хвойних порід розвальню-сегментним способом. Потім за допомогою цієї моделі, а також розробленого програмного забезпечення потрібно виконати декілька розрахунків об'ємного виходу пилопродукції та відходів внаслідок розкроювання колод різних діаметрів і заданих довжин на пиломатеріали. При цьому потрібно врахувати різну кривизну осі колоди, форми твірних поверхонь та еліптичність поперечного перерізу.

### **Математична модель числового розрахунку**

У процесі виведення відповідних математичних співвідношень ми прийняли такі основні обмеження щодо процесу розкрою колод на пиломатеріали [4, с. 195]: вісь колоди має одну, інколи дві хвилі кривизни у горизонтальному і вертикальному напрямках; твірні поверхні колоди у двох напрямках описуються відповідними кривими, які відображають будь-які форми колод; у поперечному перерізі будь-якої колоди впродовж усієї її довжини є еліпс; площини пропилів є паралельними координатним осям торців колоди; відсутні горизонтальне і вертикальне зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей координат схеми розкрою; вісь довжини колоди є паралельною відповідній осі системи координат.

### **Розрахункові схеми розкрою колоди на пиломатеріали**

Розрахункову схему розкрою колоди розвальню-сегментним способом на необрізні дошки, випиляні з розвальнюї її частини, подано на рис. 1, а, а на однобічно обрізні дошки, випиляні з сегментних її частин, – на рис. 1, б. На цих рисунках наведено позначення відповідних функцій, які описують прийняті нами обмеження. За допомогою цих функцій процес обчислення об'ємів таких дощок зводиться до обчислення об'ємів відповідних частин тривимірної фігури зі складною твірною поверхнею, які знаходяться між двома паралельними площинами пропилів.

Як зазначалося у роботі [4, ст. 196], у загальному випадку будь-яку поверхню колоди хвойних порід можна описати таким канонічним рівнянням

$$\left( \frac{x - f_X[z, L_K]}{X_K[z, L_K]} \right)^2 + \left( \frac{y - f_Y[z, L_K]}{Y_K[z, L_K]} \right)^2 = 1; 0 \leq z \leq L_K, \quad (1)$$

де  $L_K$  – довжина колоди;  $f_X[z, L_K]$  і  $f_Y[z, L_K]$  – горизонтальна та вертикальна координати центра осі еліпса (кривизни осі колоди);  $X_K[z, L_K]$ ,  $Y_K[z, L_K]$  – горизонтальна та вертикальна величини півосей еліпса (твірних поверхонь колоди). Наведене рівняння описує поверхню колоди для довільної кривизни її осі при загальному вигляді горизонтальної та вертикальної твірної поверхні і в припущенні, що поперечний переріз колоди впродовж її довжини має форму еліпса.

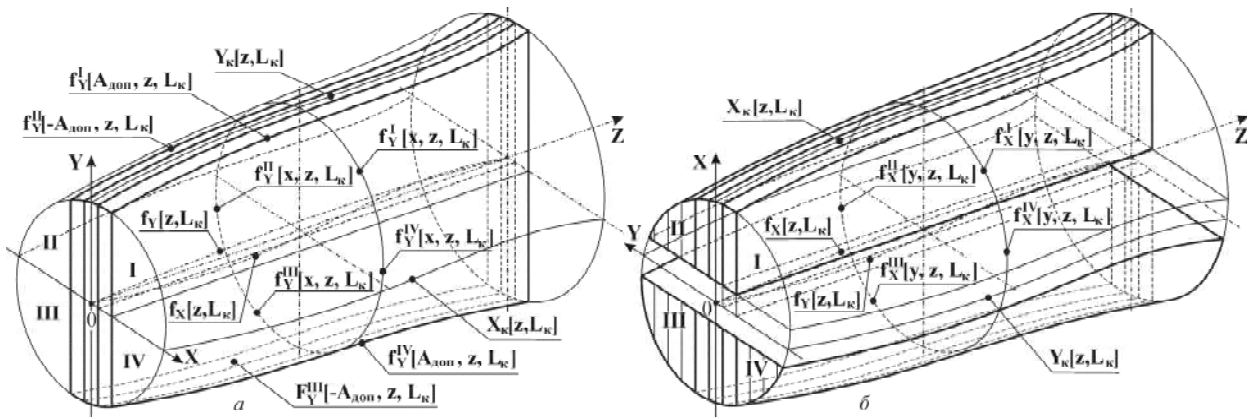


Рис. 1. Розрахункові схеми розкрою колоди на необрізні та однобічно обрізні дошки:  
а – з розвальної частини колоди; б – з сегментних частин колоди

Будь-яке значення ординати у системі координат  $XOZ$  для  $I \div IV$  координатних частин (див. рис. 1) з урахуванням (1) можна обчислити за однією з таких функцій:

$$f_Y^I[x, z, L_K] = f_Y^{II}[x, z, L_K] = f_Y[z, L_K] + Y_K[z, L_K] \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{x - f_X[z, L_K]}{X_K[z, L_K]} \right)^2}; \quad 0 \leq z \leq L_K; \quad (2)$$

$$f_Y^{III}[x, z, L_K] = f_Y^{IV}[x, z, L_K] = \left| f_Y[z, L_K] - Y_K[z, L_K] \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{x - f_X[z, L_K]}{X_K[z, L_K]} \right)^2} \right|; \quad 0 \leq z \leq L_K. \quad (3)$$

Будь-яке значення абсциси у системі координат  $YOZ$  для  $I \div IV$  координатних частин (див. рис. 1) з урахуванням (1) можна обчислити за однією з таких функцій:

$$f_X^I[y, z, L_K] = f_X^{II}[y, z, L_K] = f_X[z, L_K] + X_K[z, L_K] \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{y - f_Y[z, L_K]}{Y_K[z, L_K]} \right)^2}; \quad 0 \leq z \leq L_K; \quad (4)$$

$$f_X^{III}[y, z, L_K] = f_X^{IV}[y, z, L_K] = \left| f_X[z, L_K] - X_K[z, L_K] \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{y - f_Y[z, L_K]}{Y_K[z, L_K]} \right)^2} \right|; \quad 0 \leq z \leq L_K. \quad (5)$$

Значення горизонтальної  $f_X[z, L_K]$  та вертикальної  $f_Y[z, L_K]$  координат центра осі еліпса (кривизни осі колоди) можна обчислити за допомогою таких функцій, мм:

$$f_X[z, L_K] = L_K \cdot P_X \cdot \sin\left(\alpha_X[z, L_K] \cdot \frac{\pi}{180}\right) = L_K \cdot P_X \cdot \sin\left(\sum_{i=1}^3 a_{Xi}[z, L_K]^i \cdot \frac{\pi}{180}\right); \quad (6)$$

$$f_Y[z, L_K] = L_K \cdot P_Y \cdot \sin\left(\alpha_Y[z, L_K] \cdot \frac{\pi}{180}\right) = L_K \cdot P_Y \cdot \sin\left(\sum_{i=1}^3 a_{Yi}[z, L_K]^i \cdot \frac{\pi}{180}\right), \quad (7)$$

де  $P_X, P_Y$  – коефіцієнти кривизни осі колоди у горизонтальному та вертикальному напрямках, які можуть набувати таких значень:  $0.0 \div 0.015$ ;  $a_{Xi}, a_{Yi}$  – коефіцієнти степеневого многочлена.

Значення горизонтальної  $X_K[z, L_K]$  та вертикальної  $Y_K[z, L_K]$  величин півосей еліпса (твірних поверхонь колоди) можна обчислити за допомогою таких функцій, мм:

$$2 \cdot X_K[z, L_K] = d_{XK} \cdot \sum_{i=1}^3 b_{Xi}[z, L_K]^i + z \cdot S_K[d_{XK}] = d_{XK} \cdot \sum_{i=1}^3 b_{Xi}[z, L_K]^i + z \cdot c_0 \cdot d_{XK}^{c1}; \quad (8)$$

$$2 \cdot Y_K[z, L_K] = d_{YK} \cdot \sum_{i=1}^3 b_{Yi}[z, L_K]^i + z \cdot S_K[d_{YK}] = d_{YK} \cdot \sum_{i=1}^3 b_{Yi}[z, L_K]^i + z \cdot c_0 \cdot d_{YK}^{c1}, \quad (9)$$

де  $d_{X_k}, d_{Y_k}$  – діаметри верхнього торця колоди у горизонтальному та вертикальному напрямках, мм;  
 $b_{X_i}, b_{Y_i}$  – коефіцієнти степеневого многочлена;  $S_k[d_{X_k}]$  – функція, яка визначає збіг колоди залежно від її верхнього діаметра ( $d_{X_k}$  чи  $d_{Y_k}$ ) і значень коефіцієнтів  $c_0, c_1$ .

Тоді об'єм колоди з урахуванням (8) і (9) можна обчислити за такою формулою, м<sup>3</sup>

$$V_k = \pi \cdot \int_0^{L_k} X_k[z, L_k] \cdot Y_k[z, L_k] dz. \quad (10)$$

### Розкрій розвальної частини колоди на пиломатеріали

Геометрично необрізні пиломатеріали, випиляні з розвальної частини колоди (рис. 2), а також відповідні пропили можна подати у вигляді просторових фігур, у основі яких знаходяться прямокутні області, а зверху обмежені однією з аналітичних функцій (2)–(5), які описують поверхню колоди. Відповідно до такого геометричного подання, об'єм необрізної серцевинної дошки (рис. 2, а), випиленої з розвальної частини колоди, обчислюємо за такою формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{Y\partial}^{hc} = V_{Y\partial}^I + V_{Y\partial}^{II} + V_{Y\partial}^{III} + V_{Y\partial}^{IV} = \int_0^{x_k} \int_0^{L_k} f_Y^I[x, z, L_k] dx dz + \quad (11)$$

$$+ \int_0^{-x_k} \int_0^{L_k} f_Y^{II}[x, z, L_k] dx dz + \int_0^{-x_k} \int_0^{L_k} f_Y^{III}[x, z, L_k] dx dz + \int_0^{x_k} \int_0^{L_k} f_Y^{IV}[x, z, L_k] dx dz,$$

де  $x_k$  – координата зовнішньої пласті дошки.

Згідно з рис. 2, б, об'єми симетричних відносно осі  $OY$  необрізних бокових дощок, випиляних з розвальної частини колоди, можна обчислити за однією з таких формул, м<sup>3</sup>:

$$V_{Y\partial}^{hb,n} = V_{Y\partial}^I + V_{Y\partial}^{IV} = \int_{x_n}^{x_k} \int_0^{L_k} f_Y^I[x, z, L_k] dx dz + \int_{x_n}^{x_k} \int_0^{L_k} f_Y^{IV}[x, z, L_k] dx dz; \quad (12)$$

або

$$V_{Y\partial}^{hb,l} = V_{Y\partial}^{II} + V_{Y\partial}^{III} = \int_{-x_n}^{-x_k} \int_0^{L_k} f_Y^{II}[x, z, L_k] dx dz + \int_{-x_n}^{-x_k} \int_0^{L_k} f_Y^{III}[x, z, L_k] dx dz, \quad (13)$$

де  $x_n$  – координата внутрішньої пласті дошки.

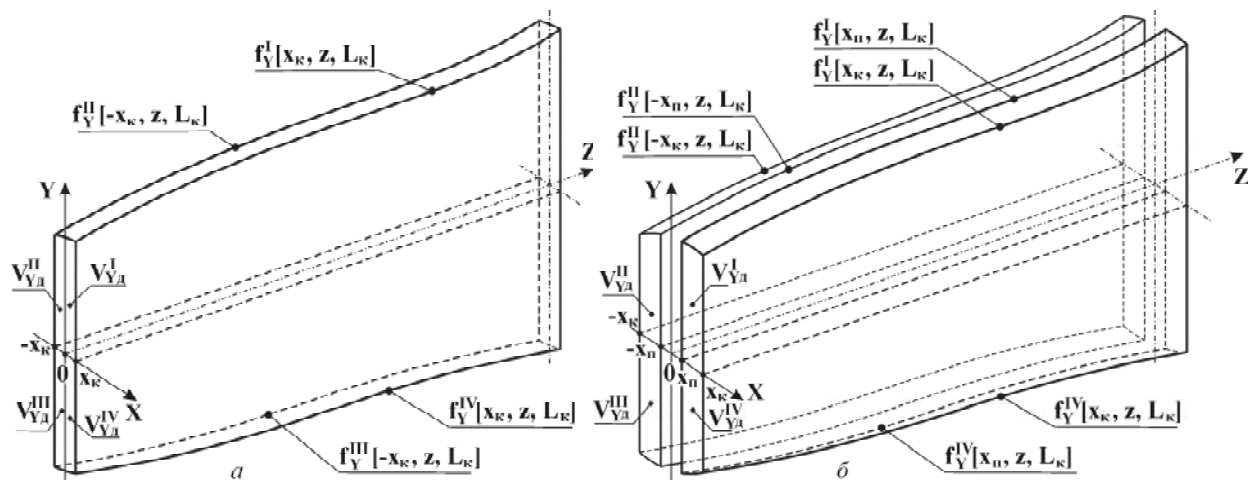


Рис. 2. Розрахункові схеми для обчислення об'єму необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди: а – серцевинної дошки; б – бокових дощок

За допомогою формул (12) і (13) також можна обчислити відповідні об'єми витраченої на симетричні пропили деревини, які необхідно виконати для випилювання необрізної серцевинної дошки ( $V_{Ynp}^{nc,j}, j \in \{l, n\}$ ) та об'єми будь-яких симетричних відносно осі  $OY$  необрізних бокових дощок ( $V_{Ynp}^{nb,j}, j \in \{l, n\}$ ) з розвальної частини колоди. Різниця полягає у тому, що у ці формули замість товщин дощок, заданих межами інтегрування від  $x_n$  до  $x_k$ , підставляються відповідні товщини пропилів.

Загальний об'єм усіх необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди, з урахуванням (11), (12) і (13) обчислюємо за допомогою формули, м<sup>3</sup>

$$V_{Y\partial}^{n\Sigma} = V_{Y\partial}^{nc} + \sum_{i=1}^{n_Y^{nb}} \sum_{j \in \{l, n\}} V_{Y\partial, i}^{nb, j}, \quad (14)$$

де  $n_Y^{nb}$  – кількість симетричних відносно осі  $OY$  необрізних бокових дощок, випиляних з розвальної частини колоди, шт.

Загальний об'єм витраченої деревини на виконання усіх симетричних пропилів внаслідок випилювання необрізних дощок з розвальної частини колоди з урахуванням (12) і (13) обчислюємо за допомогою такої формули, м<sup>3</sup>

$$V_{Ynp}^{\Sigma} = \sum_{j \in \{l, n\}} V_{Ynp}^{nc, j} + \sum_{i=1}^{n_Y^{nb}} \sum_{j \in \{l, n\}} V_{Ynp, i}^{nb, j}. \quad (15)$$

### Розкрій сегментної частини колоди на пиломатеріали

Геометрично однобічно обрізні пиломатеріали (рис. 3), випиляні з сегментних частин колоди, а також відповідні пропили можна подати у вигляді просторових фігур, у основі яких знаходяться прямокутні області, а зверху обмежені однією з аналітичних функцій (2)–(5), які описують поверхню колоди. Відповідно до такого геометричного подання, об'єм симетричної відносно осі  $OY$  однобічно обрізної серцевинної дошки (рис. 3, а), випиленої з сегментної частини колоди, можна обчислити за однією з таких формул, м<sup>3</sup>:

$$V_{X\partial}^{ooc, \epsilon} = V_{X\partial}^I + V_{X\partial}^{II} = \int_0^{y_k} \int_0^{L_k} f_X^I [y, z, L_k] dy dL_k + \int_0^{-y_k} \int_0^{L_k} f_X^{II} [y, z, L_k] dy dL_k - A_{\partial on} \cdot 2 \cdot y_k, \quad (16)$$

або 
$$V_{X\partial}^{ooc, n} = V_{X\partial}^{III} + V_{X\partial}^{IV} = \int_0^{-y_k} \int_0^{L_k} f_X^{III} [y, z, L_k] dy dL_k + \int_0^{y_k} \int_0^{L_k} f_X^{IV} [y, z, L_k] dy dL_k - A_{\partial on} \cdot 2 \cdot y_k, \quad (17)$$

де  $x_n$  – координата внутрішньої пласті дошки;  $A_{\partial on}$  – допустима ширина розвальної частини колоди.

Згідно з рис. 3, б, об'єми симетричних відносно осі  $OY$  однобічно обрізних бокових дощок, випиляних з однієї із сегментних частин колоди, можна обчислити за однією з таких формул, м<sup>3</sup>:

$$V_{X\partial}^{oob, I} = \int_{y_n}^{y_k} \int_0^{L_k} f_X^I [y, z, L_k] dy dL_k - A_{\partial on} \cdot |y_k - y_n|; \quad (18)$$

$$V_{X\partial}^{oob, II} = \int_{-y_n}^{-y_k} \int_0^{L_k} f_X^{II} [y, z, L_k] dy dL_k - A_{\partial on} \cdot |y_k - y_n|; \quad (19)$$

$$V_{X\partial}^{oob,III} = \int_{-y_n}^{-y_k} \int_0^{L_k} f_X^{III}[y, z, L_k] dy dL_k - A_{\partial on} \cdot |y_k - y_n|; \quad (20)$$

$$V_{X\partial}^{oob,IV} = \int_{y_n}^{y_k} \int_0^{L_k} f_X^{IV}[y, z, L_k] dy dL_k - A_{\partial on} \cdot |y_k - y_n|. \quad (21)$$

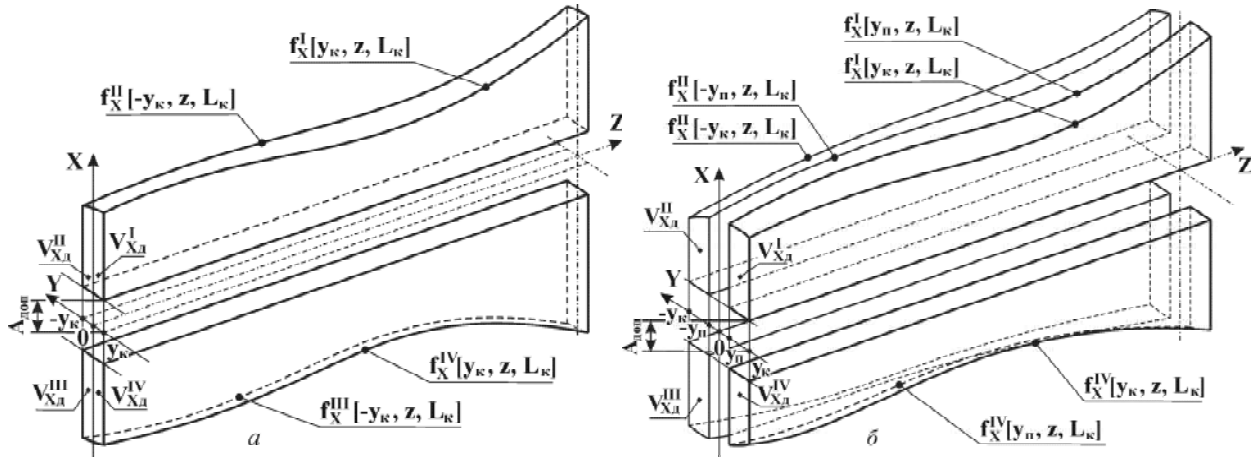


Рис. 3. Розрахункові схеми для обчислення об'ємів однічно обрізних дощок, випіляних з сегментних частин колоди: а – симетричних серцевинних дощок; б – симетричних бокових дощок

За допомогою формул (18)–(21) також можна обчислити відповідні об'єми витраченої деревини на симетричні пропили, які необхідно виконати для випилювання однічно обрізної серцевинної дошки ( $V_{Xnp}^{ooc,j,k}$ ,  $j=\{l, n\}$ ;  $k=\{b, n\}$ ) та будь-яких симетричних відносно осі  $OX$  однічно обрізних бокових дощок ( $V_{Xnp}^{oob,I}, \dots, V_{Xnp}^{oob,IV}$ ) з сегментних частин колоди. Різниця полягає у тому, що у ці формули замість товщин дощок, заданих межами інтегрування від  $y_n$  до  $y_k$ , необхідно підставити відповідні товщини пропилів.

Загальний об'єм усіх однічно обрізних дощок, випіляних з усіх сегментних частин колоди, з урахуванням (16) і (17), а також (18)–(21) обчислюємо за такою формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{X\partial}^{oo\Sigma} = \sum_{k=\{b,n\}} V_{X\partial}^{ooc,k} + \sum_{i=1}^{n_X^{oob}} \sum_{j=1}^{IV} V_{X\partial,i}^{oob,j}, \quad (22)$$

де  $n_X^{oob}$  – кількість симетричних відносно осі  $OX$  однічно обрізних бокових дощок, випіляних з сегментних частин колоди, шт.

Загальний об'єм усіх необрізних дощок, випіляних з розвальної частини колоди, а також усіх однічно обрізних дощок, випіляних з сегментних частин колоди, з урахуванням (14) і (22) обчислюємо за такою формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{\partial}^{\Sigma} = V_{Y\partial}^{n\Sigma} + V_{X\partial}^{oo\Sigma}. \quad (23)$$

Загальний об'єм витраченої на виконання усіх симетричних пропилів деревини внаслідок випилювання однічно обрізних дощок з сегментних частин колоди з урахуванням (18)–(21) обчислюємо за такою формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{Xnp}^{\Sigma} = \sum_{k=\{b,n\}} \sum_{j=\{l,n\}} V_{Xnp}^{ooc,j,k} + \sum_{i=1}^{n_X^{oob}} \sum_{j=1}^{IV} V_{Xnp,i}^{oob,j}. \quad (24)$$

Загальний об'єм витраченої деревини на виконання усіх пропилів внаслідок випилювання однобічно обрізних дощок з усієї колоди з урахуванням (15) і (24) обчислюємо за формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{np}^{\Sigma} = V_{Ynp}^{\Sigma} + V_{Xnp}^{\Sigma} . \quad (25)$$

### Обчислення об'ємів двобічних об'єднань

Геометрично двобічні об'єднання (рис. 4), отримані внаслідок розрізання сегментних частин на радіальні пиломатеріали, можна подати у вигляді просторових фігур, у основі яких знаходяться прямокутні області, один бік яких обмежено параметричними функціями, а зверху просторові фігури обмежені однією з аналітичних функцій (2)–(5), які описують поверхню колоди. Відповідно до такого геометричного представлення, об'єм будь-якого двобічного об'єднання, отриманого з сегментної частини колоди, можна обчислити за однією з таких формул, м<sup>3</sup>:

$$V_{\partial o}^I = \int_{y_n}^{f_Y^{IV}[A_{\partial on}, z, L_K] L_K} \int_0^{L_K} f_X^I[y, z, L_K] dy dL_K - A_{\partial on} \cdot \int_0^{L_K} (f_Y^{IV}[A_{\partial on}, z, L_K] - y_n) dL_K ; \quad (26)$$

$$V_{\partial o}^{II} = \int_{-y_n}^{-f_Y^I[A_{\partial on}, z, L_K] L_K} \int_0^{L_K} f_X^{II}[y, z, L_K] dy dL_K - A_{\partial on} \cdot \int_0^{L_K} | -f_Y^I[A_{\partial on}, z, L_K] - y_n | dL_K ; \quad (27)$$

$$V_{\partial o}^{III} = \int_{-y_n}^{-f_Y^{II}[-A_{\partial on}, z, L_K] L_K} \int_0^{L_K} f_X^{III}[y, z, L_K] dy dL_K - A_{\partial on} \cdot \int_0^{L_K} | -f_Y^{II}[-A_{\partial on}, z, L_K] - y_n | dL_K ; \quad (28)$$

$$V_{\partial o}^{IV} = \int_{y_n}^{f_Y^{III}[-A_{\partial on}, z, L_K] L_K} \int_0^{L_K} f_X^{IV}[y, z, L_K] dy dL_K - A_{\partial on} \cdot \int_0^{L_K} (f_Y^{III}[-A_{\partial on}, z, L_K] - y_n) dL_K . \quad (29)$$

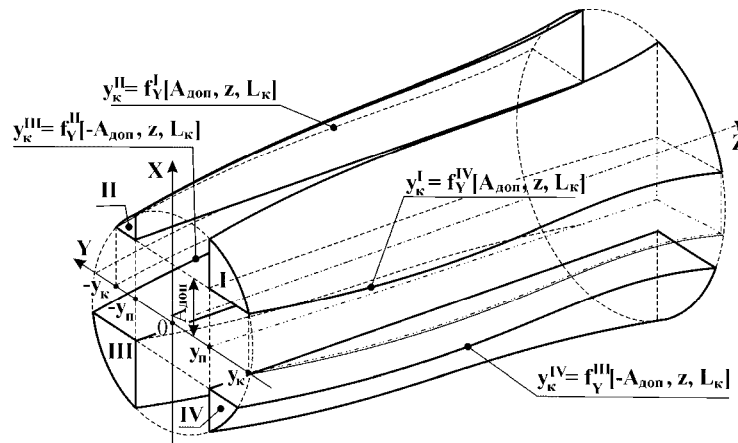


Рис. 4. Розрахункова схема для обчислення об'ємів двобічних об'єднань, отриманих з двосегментних частин колоди

Загальний об'єм двобічних об'єднань, отриманих з сегментної частини колоди, з урахуванням (26)–(29), обчислюємо за формулою, м<sup>3</sup>

$$V_{\partial o}^{\Sigma} = \sum_{j=I}^{IV} V_{\partial o}^j . \quad (30)$$

Отже, загальний об'єм отриманої пилопродукції та відповідних відходів з урахуванням (23), (25) і (30) обчислюємо за формулою, м<sup>3</sup>

$$\Sigma V = V_{\partial}^{\Sigma} + V_{np}^{\Sigma} + V_{\partial o}^{\Sigma} \quad (31)$$

Для обчислення об'ємів необрізних і однобічно обрізних дощок доцільно використати наближені методи числового інтегрування [1, ст. 312]. Тоді подвійне інтегрування виразів (11)–(13), (16)–(21) чи (26)–(29) за  $dL_k$  можна замінити обчисленням означеного інтеграла за формулою середніх прямокутників, а інтегрування за  $dx$  чи  $dy$  – формулою трапецій. Крок інтегрування за товщиною дошки (тобто, за  $dx$  чи  $dy$ ) можна прийняти не більшим за 1 мм, а за довжиною (тобто, по  $dL_k$ ) – у межах 1 см для колод зі значною кривизною, і 10 см – за відсутності кривизни. Такі параметри та методи інтегрування будуть цілком достатніми для проведення такого виду інженерних розрахунків.

### Проведення числового експерименту

Задавши необхідні початкові дані та провівши потрібні розрахунки відповідно до наведеної вище методики, можна отримати дані про використання деревини у процесі розкроювання колод хвойних порід на радіальні пиломатеріали розвальню-сегментним способом. Розглянемо конкретний приклад.

Колоди хвойних порід, діаметри верхнього торця яких становлять  $d^m = 26(6)50$  см, довжини – 3,0 і 4,5 м, коефіцієнт еліптичності –  $k^e = 0.85 \div 1.15$ , кривизна осі – не більша за 1.5 %, розрізаються розвальню-сегментним способом на радіальні пиломатеріали, завтовшки 25 і 32 мм, з товщиною пропилю 2,8 мм. Необхідно обчислити об'ємні виходи отриманих пиломатеріалів і відповідних відходів. Результати розрахунку потрібно звести у таблицю.

### Розрахунок об'ємного виходу пиломатеріалів і відповідних відходів внаслідок розкроювання колод хвойних порід на радіальні пиломатеріали розвальню-сегментним способом

$d_k$ , см		$L_k$ , м	Кривизна, %		$V_k$ , м <sup>3</sup>	Розвальню частина, м <sup>3</sup>			Сегментні частини, м <sup>3</sup>				$\Sigma V$ , м <sup>3</sup>
$d_x$	$d_y$		$P_x$	$P_y$		$V_{\partial}^{nc}$	$\Sigma V_{\partial}^{nb}$	$\Sigma V_{np}$	$V_{\partial}^{oc}$	$V_{\partial}^{ooc}$	$\Sigma V_{np}$	$\Sigma V_{ob}$	
26,6	25,4	3,0	0,2	0,6	0,1624	0,0274	0,0531	0,0093	0,0141	0,0205	0,0050	0,0330	0,1624
25,4	26,6	4,5	1,3	0,8	0,2489	0,0435	0,0840	0,0147	0,0188	0,0273	0,0067	0,0538	0,2488
32,8	31,2	3,0	0,3	1,4	0,2476	0,0338	0,0665	0,0117	0,0201	0,0877	0,0124	0,0155	0,2477
31,2	32,8	4,5	1,3	0,6	0,3805	0,0540	0,1061	0,0186	0,0277	0,1214	0,0172	0,0355	0,3805
39,0	37,0	3,0	0,5	1,5	0,3508	0,0403	0,1378	0,0205	0,0191	0,0850	0,0124	0,0357	0,3508
37,0	39,0	4,5	1,1	0,4	0,5404	0,0645	0,2200	0,0327	0,0262	0,1179	0,0174	0,0618	0,5405
45,0	43,0	3,0	0,6	1,2	0,4717	0,0468	0,1825	0,0240	0,0236	0,1430	0,0184	0,0335	0,4718
43,0	45,0	4,5	1,2	0,8	0,7277	0,0747	0,2907	0,0382	0,0327	0,2009	0,0261	0,0643	0,7276
51,2	48,8	3,0	0,4	0,8	0,6100	0,0533	0,2096	0,0276	0,0295	0,2272	0,0269	0,0358	0,6099
48,8	51,2	4,5	1,1	1,2	0,9416	0,0849	0,3336	0,0439	0,0415	0,3244	0,0387	0,0745	0,9415

### Висновки

1. Розроблено методику розрахунку об'ємного виходу пилопродукції та відповідних відходів внаслідок розкроювання колод на радіальні пиломатеріали розвальню-сегментним способом. Основна її відмінність від існуючих методик полягає в тому, що вона враховує такі основні обмеження процесу розкрою: твірні поверхні колод у вертикальному і горизонтальному напрямках описані відповідними кривими, які відтворюють будь-які форми колод; у поперечному



перерізі будь-якої колоди впродовж усієї її довжини є еліпс; вісь колоди має одну, інколи дві хвилі кривизни у двох напрямках.

2. Геометрично поверхню будь-якої колоди подано у вигляді просторової фігури, заданої канонічним рівнянням еліпса від таких незалежних змінних, як діаметрів торця колоди, її довжина і коефіцієнти кривизни. У рівняння також входять функції, які задають у горизонтальному і вертикальному напрямках кривизну осі колоди і твірні його поверхні.

3. Геометрично необрізні пиломатеріали, випиляні з розвальної частини колоди, та однобічно обрізні – з сегментних її частин, а також відповідні пропили подано у вигляді просторових фігур, у основі яких знаходяться прямокутні області, а зверху обмежені аналітичною функцією, яка описує поверхню колоди.

4. Геометрично двобічні обаполи, отримані внаслідок розрізання сегментних частин на пиломатеріали, подано у вигляді просторових фігур, у основі яких знаходяться прямокутні області, один бік яких обмежено параметричними функціями, а зверху будь-яка просторова фігура обмежена аналітичною функцією, яка описує поверхню колоди.

5. З огляду на геометричне подання отриманої пилопродукції та відповідних відходів у основу методики розрахунку їх об'ємних виходів покладено числові методи інтегрування аналітично заданих функцій за допомогою формул середніх прямокутників і трапецій, що з достатньою точністю відображає очікувані результати, які є придатними для використання як у виробничих умовах, так і для виконання подальших наукових досліджень.

1. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. Ч. II: Учеб. пособие для студентов вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1980. – 365 с. 2. Кулиш В.Г., Шегина Г.Г., Беляев Н.С. Расчетный баланс древесины при раскросе бревен // Лесной журнал. – 1986. – № 3. – С. 84–90. 3. Маевський В.О., Мацюк Р.І., Маслій В.В. Теоретичні основи розкросу колод на пиломатеріали розвальню-сегментним способом // Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 1998. – Вип. 8. – С. 116-121. 4. Пижурич А.А., Розенблит М.С. Исследование процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – С. 232. 5. Уласовец В.Г. Уточнение формулы для расчета средней ширины необрезных досок // Деревообработ. пром-сть. – 2006. – № 1. – С. 10–12. 6. Шевелев С.П. Метод определения потерь древесины в опилки при распиловке бревен на обрезные пиломатериалы // Технология и оборудование д/о производств – 1982. – С. 25-29. 7. Петровский В.С. Оптимальная раскряжевка лесоматериалов. 2-е изд., перераб. и доп.: Учебн. для вузов. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 288 с. 8. Яцишин С.І., Грицюк Ю.І. Методика визначення та аналіз оптимальних схем розкросу колод на радіальні пиломатеріали // Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2007. – Вип. 17.1. – С. 137–149.