

РОЗРАХУНОК БАЛАНСУ ДЕРЕВИНИ ПІДЧАС РОЗКРОЮ КОЛОД ХВОЙНИХ ПОРІД РОЗВАЛЬНО-СЕГМЕНТНО- КУТОВИМ СПОСОБОМ НА РАДІАЛЬНІ ПИЛОМАТЕРІАЛИ

Запропоновано методику обчислення об'ємів необрізних і однобічно обрізних пиломатеріалів, різних кускових відходів і пропилів, яка дає змогу розрахувати баланс деревини підчас розкрою колод хвойних порід розвальню-сегментно-кутовим способом на радіальні пиломатеріали. На відміну від наявних, дана методика враховує кривизну колоди, складну форму її твірної поверхні, а також еліптичність поперечного перерізу, забезпечує достатню точність інженерних розрахунків для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Postgraduate S.I. Yacyshyn; doc. Yu.I. Gryciuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

Calculation of wood balance during the cutting of softwood logs into radial lumpers by open-segmental-angular method

The technique is proposed to calculate the volumes of completely or one-sidedly not edge-surfaced lumpers, different piecewise waste and saw cut losses. It makes possible to calculate the wood balance during the cutting of softwood logs into radial lumpers by the open-segmental-angular method. 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, providing satisfactory precision of engineering calculations for making well-founded management decisions.

1. Актуальність роботи

У роботі [2] запропоновано методику обчислення об'ємів необрізних і однобічно обрізних пиломатеріалів, різних кускових відходів і пропилів, яка дає змогу розрахувати баланс деревини внаслідок розкрою колод хвойних порід на радіальні пиломатеріали відомим розвальню-сегментним способом. Проте для отримання радіальних пиломатеріалів часто використовують і інші способи розкрою, зокрема – розвальню-сегментно-кутовий, який за твердженнями його розробників [4], а також за нашими попередніми розрахунками [3] забезпечує дещо більший їх об'ємний вихід. Для підтвердження чи спростування цих завірянь необхідно спочатку розробити відповідні математичні співвідношення, за допомогою яких можна обчислити відповідні об'єми складових балансу деревини. Потім, за допомогою цих співвідношень, а також на підставі розробленої методики проведемо експеримент, у якому розрахуємо декілька балансів деревини під час розкрою колод різних діаметрів і довжин на радіальні пиломатеріали. Порівнявши отримані результати за різними способами розкрою, зможемо дати більш точну відповідь стосовно доцільності застосування того чи іншого способу, що і становить актуальність та основну мету даної роботи.

2. Методика проведення розрахунку

У процесі виведення відповідних математичних співвідношень ми дотримувались тих самих допущень, які наведено у роботі [2].

2.1. Розрахункові схеми розкрою колоди на пиломатеріали

Згідно з розвальню-сегментно-кутовим способом розкрою колоди хвойної породи на радіальні пиломатеріали, з її розвальню частини можна отри-

мати тільки одну необрізну серцевинну дошку (див. рис. 1 [2]) або дві необрізні центральні дошки (рис. 1). Усі інші дошки, отримані внаслідок розкрою будь-якої з сегментних частин колоди, будуть однобічно обрізними – серцевинними чи центральними та боковими. У роботі [2] основна увага зосереджена на схемі розкрою, згідно з якою з розвальної та сегментних частин колоди спочатку випилювалися серцевинні дошки, тобто повністю радіальні пиломатеріали, а потім бокові – радіальні та напіврадіальні. Таку схему переважно використовують для розкрою колод малих діаметрів (до 32 см). Однак під час розкрою колод великих діаметрів доцільно застосовувати схему, згідно з якою спочатку випилюють дві центральні дошки, радіальність яких мало в чому уступає серцевинній, а потім бокові. Тому у цій роботі основну увагу зосередимо на розвальню-сегментно-кутовому способі розкрою, розрахункові схеми якого починаються з центральних дошок.

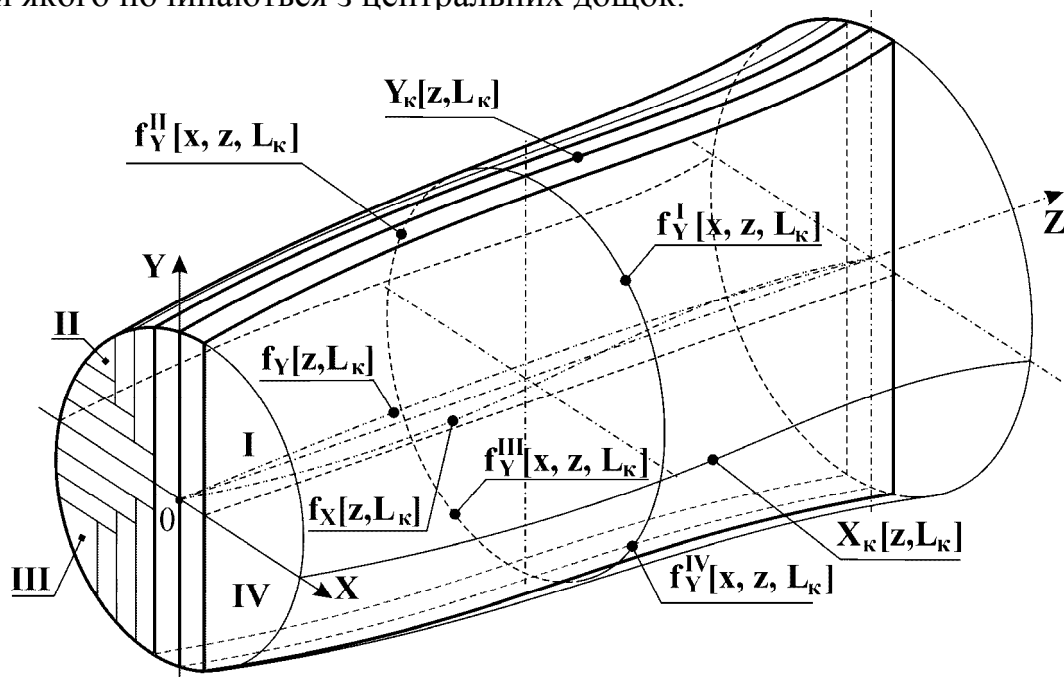


Рис. 1. Розрахункова схема розкрою розвальної частини колоди на необрізні центральні дошки

Під час розкрою колод розвальню-сегментно-кутовим способом на радіальні пиломатеріали отримані необрізні центральні дошки схематично представимо у вигляді рис. 1, а однобічно обрізні центральні та бокові дошки – у вигляді рис. 2. На цих рисунках також наведено позначення відповідних функцій, які описують прийняті нами допущення. З урахуванням цих функцій процес обчислення об'ємів таких дощок зводиться до обчислення об'ємів відповідних частин тривимірної фігури, зверху обмеженої складною твірною поверхнею, спереду та ззаду – відповідними торцями колоди, з обох боків – двома паралельними площинами пропилов, а в основі обмежена горизонтальною площиною.

Як зазначено у роботі [1, ст. 196], у загальному випадку будь-яку поверхню колоди хвойної породи можна описати таким канонічним рівнянням

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

де: L_k – довжина колоди; $f_X[z, L_k]$ і $f_Y[z, L_k]$ – горизонтальна та вертикальна координати центра осей еліпса (кривизна осі колоди); $X_k[z, L_k]$, $Y_k[z, L_k]$ – горизонтальна та вертикальна величини півосей еліпса (твірні поверхні колоди) – аналітично чи таблично задані функції.

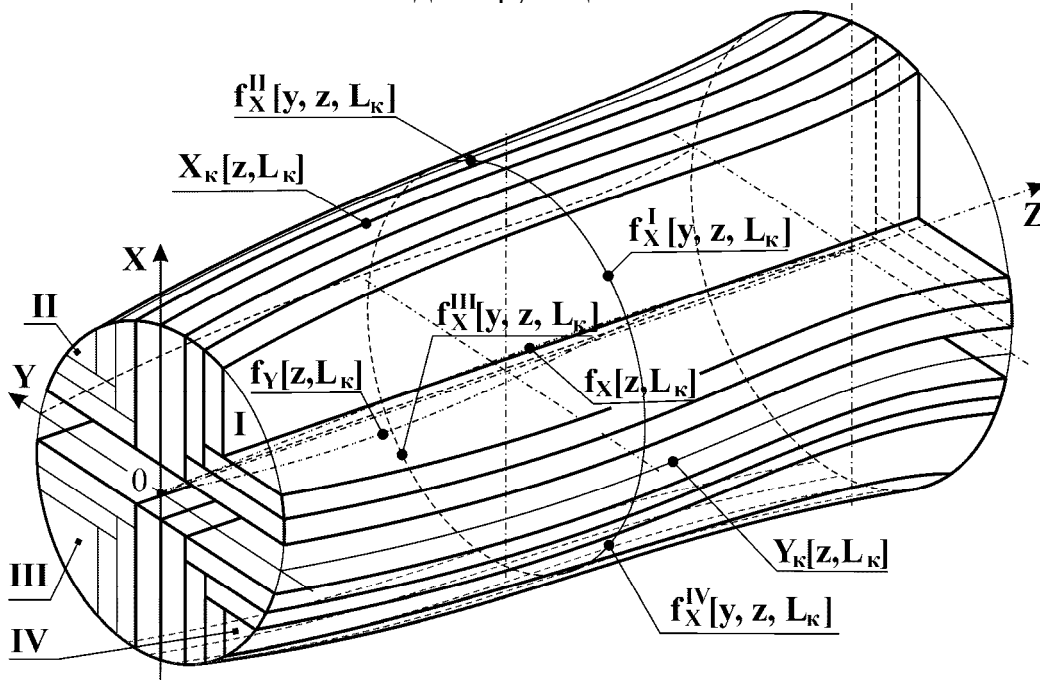


Рис. 2. Розрахункова схема розкрою сегментних частин колоди на однібічно обрізні центральні та бокові дошки

З урахуванням формули (1) будь-яке значення ординати у системі координат XOZ (див. рис. 1) можна обчислити за допомогою такої функції

$$f_Y^k[x, z, L_k] = \left| f_Y^k[z, L_k] + \begin{cases} +F_Y^*[x, z, L_k], & \text{якщо } k = I \vee II; \\ -F_Y^*[x, z, L_k], & \text{якщо } k = III \vee IV, \end{cases} \right| \quad k = \overline{I, IV}; \quad 0 \leq z \leq L_k, \quad (2)$$

а будь-яке значення абсциси у системі координат YOZ (див. рис. 2) – за допомогою такої функції

$$f_X^k[y, z, L_k] = \left| f_X^k[z, L_k] + \begin{cases} +F_X^*[y, z, L_k], & \text{якщо } k = I \vee II; \\ -F_X^*[y, z, L_k], & \text{якщо } k = III \vee IV, \end{cases} \right| \quad k = \overline{I, IV}; \quad 0 \leq z \leq L_k, \quad (3)$$

де:

$$F_Y^*[x, z, L_k] = Y_k[z, L_k] \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x - f_X[z, L_k]}{X_k[z, L_k]} \right)^2}, \quad F_X^*[x, z, L_k] = X_k[z, L_k] \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{y - f_Y[z, L_k]}{Y_k[z, L_k]} \right)^2}.$$

З урахуванням геометричної форми твірної поверхні колоди її об'єм можна обчислити за формулою (6) [2].

2.2. Розкрій колоди на пиломатеріали

На відміну від розвальню-сегментного способу розкрою колод на радіальні пиломатеріали в розвальню-сегментно-кутовому способі хоча і є поділ колоди на розвальню і сегментні частини, проте тут більшого значення має вертикальне і горизонтальне розташування ширин дощок відносно відповідних осей координат – YOZ і XOZ .

Орієнтування ширин дощок відносно осі 0Y

Згідно з рис. 3, об'єм необрізної j-ої (п – правої, л – лівої) центральної дошки, розташованої паралельно осі 0Y, обчислюємо за такою формулою, м³

$$V_{Yд,0}^{ну,j} = \sum_k \int_{x_{п,0}^j}^{x_{к,0}^j} \int_0^{L_k} f_Y^{j,k}[x, z, L_k] dx dz, j \in \{п, л\} : k = \begin{cases} I \wedge IV, & \text{якщо } j = п; \\ II \wedge III, & \text{якщо } j = л, \end{cases} \quad (4)$$

де $x_{п,0}^j, x_{к,0}^j$ – нижня і верхня межі інтегрування, які підчас обчислення об'єму j-ої центральної дошки набувають такі значення:

$$x_{п,0}^j = \begin{cases} t_{п}/2, & \text{якщо } j = п; \\ -t_{п}/2, & \text{якщо } j = л; \end{cases} \quad x_{к,0}^j = \begin{cases} t_{п}/2 + t_{д,0}^j, & \text{якщо } j = п; \\ -(t_{п}/2 + t_{д,0}^j), & \text{якщо } j = л, \end{cases} \quad (5)$$

де: $t_{п}$ – товщина пропилу, м; $t_{д,0}^j$ – товщина j-ої центральної дошки разом з припуском на всихання, м.

Об'єм j-ої двобічно обрізної дошки, випиляної з j-ої центральної, розташованої паралельно осі 0Y, обчислюємо за формулою, м³

$$V_{Yд,0}^{оу,j} = \Pi_{Yд,0}^{оу,j} \cdot |x_{к,0}^j - x_{п,0}^j| \cdot L_k, j \in \{п, л\}. \quad (6)$$

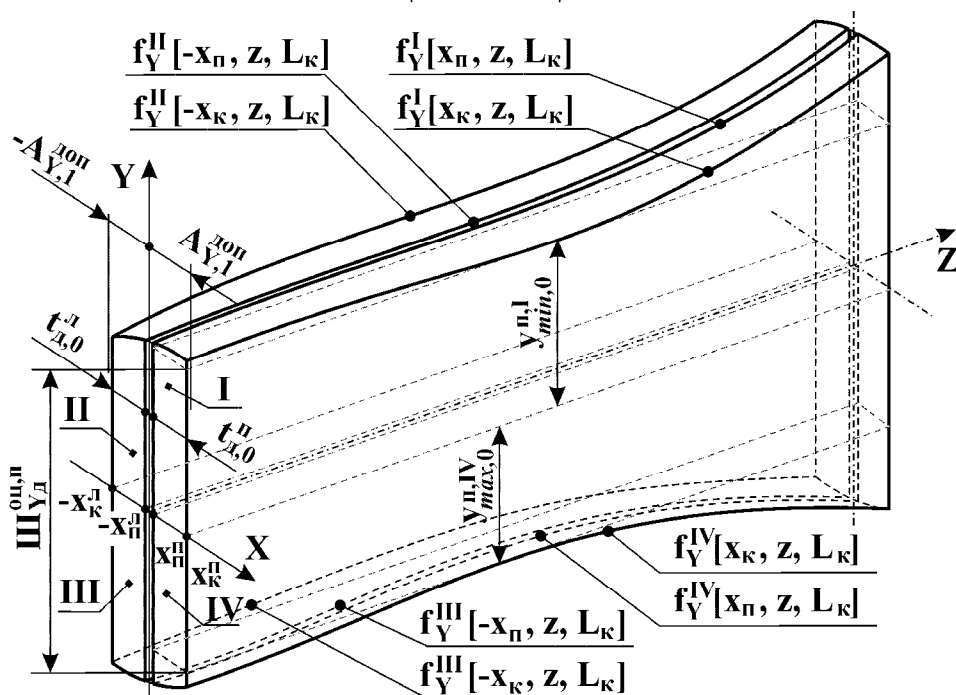


Рис. 3. Розрахункова схема для обчислення об'ємів необрізних і двобічно обрізних центральних дощок, розташованих паралельно осі 0Y

У загальному випадку ширину j-ої двобічно обрізної дошки (див. рис. 3), випиляної з j-ої центральної, обчислюємо за такою формулою, м

$$\Pi_{Yд,0}^{оу,j} = y_{min,0}^{j,k} + y_{max,0}^{j,k} = \min \left\{ f_Y^{j,k}[x_{к,0}^j, z, L_k], z = 0(\Delta z)L_k \right\} + \\ + \max \left\{ f_Y^{j,k}[x_{к,0}^j, z, L_k], z = 0(\Delta z)L_k \right\} + 2 \cdot \Delta ш, k = \begin{cases} I \wedge IV, & \text{якщо } j = п; \\ II \wedge III, & \text{якщо } j = л; \end{cases} j \in \{п, л\}, \quad (7)$$

де $\Delta ш$ – допустима ширина обзелу на крайці дошки, м.

Об'єм двох обрізків, отриманих внаслідок випилювання j -ої двобічно обрізної дошки з необрізної центральної, розташованої паралельно осі $0Y$, з урахуванням (4) і (6) обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Y0,0}^{n,j} = V_{Yд,0}^{n,j} - V_{Yд,0}^{on,j} - 2 \cdot V_{Yпр,0}^{on,j}, j \in \{п, л\}, \quad (8)$$

де $V_{Yпр}^{on,j}$ – об'єм витраченої деревини на пропил, необхідний для обрізання з одного боку необрізної центральної дошки, обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Yпр}^{on,j} = t^n \cdot |x_{к,0}^j - x_{п,0}^j| \cdot L_к. \quad (9)$$

Для обчислення об'єму витраченої деревини на внутрішній пропил між двома центральними дошками $V_{Yпр}^{on}$ використаємо формулу (7) [2], призначену для обчислення об'єму серцевинної дошки, але з тією відмінністю, що замість товщини дошки, заданої межами інтегрування, підставляємо товщину пропилю, заданого відповідними межами інтегрування.

Для обчислення об'єму витраченої деревини на j -ий пропил, необхідний для випилювання необрізної центральної дошки, використаємо таку формулу, m^3

$$V_{Yпр,0}^{n,j} = \int_{A^j} \int_0^{B^j} \int_0^{L_к} f_Y^{j,k}[x,z,L_к] dx dz L_к, j \in \{п, л\}; k = \begin{cases} I \wedge IV, & \text{якщо } j = п; \\ II \wedge III, & \text{якщо } j = л, \end{cases} \quad (10)$$

$$\text{де: } A^j = \begin{cases} x_{к,0}^j, & \text{якщо } j = п; \\ -x_{к,0}^j, & \text{якщо } j = л; \end{cases} B^j = \begin{cases} x_{к,0}^j + t_п, & \text{якщо } j = п; \\ -(x_{к,0}^j + t_п), & \text{якщо } j = л. \end{cases}$$

Згідно з рис. 4, об'єм i -ої однобічно обрізної бокової дошки, розташованої паралельно осі $0Y$, обчислюємо за такою формулою, m^3

$$V_{Yд,i}^{ооб,k} = \int_{x_{п,i}^k}^{x_{к,i}^k} \int_0^{L_к} f_Y^k[x,z,L_к] dx dz L_к - A_{X,i}^{доп} \cdot L_к \cdot |x_{к,i}^k - x_{п,i}^k|, k = \overline{I, IV}; i = \overline{1, n_Y^{ооб}}, \quad (11)$$

де: $A_{X,i}^{доп}$ – відстань від центра торця колоди до внутрішньої пласті i -ої дошки, розташованої паралельно осі $0X$; $n_Y^{ооб}$ – кількість симетричних однобічно обрізних бокових дошок, розташованих паралельно осі $0Y$, шт.

Нижню і верхню межі інтегрування визначаємо за такими формулами:

$$x_{п,i}^k = \begin{cases} x_{к,i-1}^k + t_п, & \text{якщо } k = I \vee IV; \\ -(x_{к,i-1}^k + t_п), & \text{якщо } k = II \vee III; \end{cases} x_{к,i}^k = \begin{cases} x_{п,i}^k + t_{д,i}^k, & \text{якщо } k = I \vee IV; \\ -(x_{п,i}^k + t_{д,i}^k), & \text{якщо } k = II \vee III. \end{cases} \quad (12)$$

За допомогою формули (11) також можна обчислити об'єм витраченої деревини на i -ий пропил, необхідний для випилювання i -ої однобічно обрізної бокової дошки ($V_{Yпр,i}^{ооб,k}, k = \overline{I, IV}; i = \overline{1, n_Y^{ооб}}$), розташованої паралельно осі $0Y$. Різниця полягає у тому, що у цю формулу замість i -ої товщини дошки, заданої межами інтегрування від $x_{п,i}^k$ до $x_{к,i}^k$, необхідно підставити товщину пропилю, заданого відповідними межами інтегрування.

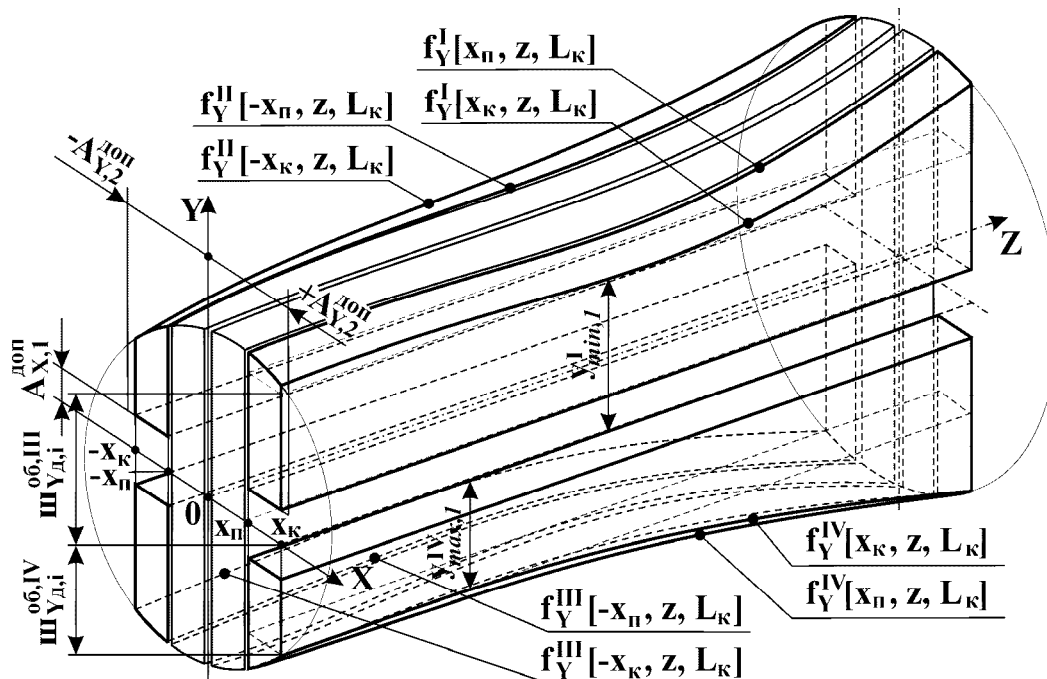


Рис. 4. Розрахункова схема для обчислення об'ємів однобічно і двобічно обрізних бокових дощок, розташованих паралельно осі $0Y$

Загальний об'єм усіх необрізних і однобічно обрізних дощок, розташованих паралельно осі $0Y$, з урахуванням (4) і (11) обчислюємо за допомогою такої формули, m^3

$$V_{Yд}^{но\Sigma} = \sum_{j=\{п,л\}} V_{Yд,0}^{нп,j} + \sum_{i=1}^{n_Y^{ооб}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Yд,i}^{ооб,k}. \quad (13)$$

Об'єм витраченої деревини на виконання усіх пропилів внаслідок випилювання необрізних центральних і однобічно обрізних бокових дощок, розташованих паралельно осі $0Y$, з урахуванням (7) [2], (10) і (11) обчислюємо за допомогою такої формули, m^3

$$V_{Yпр}^{н\Sigma} = V_{Yпр}^{он} + \sum_{j=\{л,п\}} V_{Yпр,0}^{нп,j} + \sum_{i=1}^{n_Y^{ооб}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Yпр,i}^{ооб,k}. \quad (14)$$

Об'єм i -ої двобічно обрізної дошки, випиляної з i -ої однобічно обрізної бокової, розташованої паралельно осі $0Y$, обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Yд,i}^{об,k} = \Pi_{Yд,i}^{об,k} \cdot |x_{к,i}^k - x_{п,i}^k| \cdot L_k, k = \overline{I, IV}; i = \overline{1, n_Y^{ооб}}. \quad (15)$$

У загальному випадку ширину i -ої двобічно обрізної дошки (див. рис. 4), випиляної з i -ої однобічно обрізної бокової, обчислюємо за формулою, m

$$\Pi_{Yд,i}^{об,k} = \Pi_{Yд,i}^{об,k} - A_{X,i}^{доп} + \Delta ш, k = \overline{I, IV}; i = \overline{1, n_Y^{ооб}}, \quad (16)$$

де
$$\Pi_{Yд,i}^{об,k} = \begin{cases} \min\{f_Y^k[x_{к,i}, z, L_k], z = 0(\Delta z)L_k\}, & \text{якщо } k = I \vee II; \\ \max\{f_Y^k[-x_{к,i}, z, L_k], z = 0(\Delta z)L_k\}, & \text{якщо } k = III \vee IV. \end{cases}$$

Загальний об'єм усіх двобічно обрізних дощок, випиляних з необрізних центральних та однобічно обрізних бокових, розташованих паралельно осі $0Y$, з урахуванням (6) і (15) обчислюємо за допомогою такої формули, m^3

$$V_{Yd}^{\Sigma} = \sum_{j=\{n,l\}} V_{Yd,0}^{ou,j} + \sum_{i=1}^{n_Y^{oo6}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Yd,i}^{ob,k} . \quad (17)$$

Об'єм одного обрізка, отриманого внаслідок випилювання i -ої двобічно обрізної дошки з однобічно обрізної бокової, розташованої паралельно осі $0Y$, з урахуванням (11) і (15) обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Yo,i}^{b,k} = V_{Yd,i}^{oo6,k} - V_{Yd,i}^{ob,k} - V_{Ynp,i}^{ob,k}, \quad k = \overline{I, IV}; i = \overline{1, n_Y^{oo6}}, \quad (18)$$

де $V_{Ynp,i}^{ob,k}$ – об'єм витраченої деревини на пропили, необхідний для обрізання з одного боку i -ої однобічно обрізної бокової дошки, обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Ynp,i}^{ob,k} = t^n \cdot |x_{k,i}^k - x_{n,i}^k| \cdot L_k . \quad (19)$$

Об'єм витраченої деревини на виконання усіх пропилів внаслідок випилювання двобічно обрізних центральних і бокових дощок, розташованих паралельно осі $0Y$, з урахуванням (9) і (19) обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Ynp}^{до\Sigma} = 2 \cdot \sum_{j=\{l,n\}} V_{Ynp}^{ou,j} + \sum_{i=1}^{n_Y^{oo6}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Ynp,i}^{ob,k} . \quad (20)$$

Загальний об'єм усіх обрізків, отриманих внаслідок випилювання двобічно обрізних дощок з необрізних центральних і однобічно обрізних бокових, розташованих паралельно осі $0Y$, з урахуванням (8) і (18) обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Yo}^{\Sigma} = \sum_{j=\{n,l\}} V_{Yo,0}^{ou,j} + \sum_{i=1}^{n_Y^{oo6}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Yo,i}^{b,k} . \quad (21)$$

Загальний об'єм витраченої деревини на виконання усіх пропилів внаслідок випилювання необрізних центральних, одно- і двобічно обрізних бокових дощок, розташованих паралельно осі $0Y$, з урахуванням (14) і (20) обчислюємо за допомогою такої формули, m^3

$$V_{Ynp}^{\Sigma} = V_{Ynp}^{н\Sigma} + V_{Ynp}^{до\Sigma} . \quad (22)$$

Орієнтування ширин дощок відносно осі $0X$

Згідно з рис. 5, об'єм i -ої однобічно обрізної дошки, розташованої паралельно осі $0X$, обчислюємо за такою формулою, m^3

$$V_{Xd,i}^{oo,k} = \int_{y_{n,i}^k}^{y_{k,i}^k} \int_0^{L_k} f_X^k[x,z,L_k] dy dL_k - A_{Y,i+1}^{доп} \cdot L_k \cdot |y_{k,i}^k - y_{n,i}^k|, \quad k = \overline{I, IV}; i = \overline{0, n_X^{ood}}, \quad (23)$$

де: $A_{Y,i}^{доп}$ – відстань від центра торця колоди до внутрішньої пласті i -ої дошки, розташованої паралельно осі $0Y$; n_X^{ood} – кількість однобічно обрізних дощок, розташованих паралельно осі $0X$; $y_{n,i}^k$, $y_{k,i}^k$ – нижня і верхня межі інтегрування під час обчислення об'єму i -ої дошки, набувають таких значень

$$y_{n,i}^k = \begin{cases} t_n/2, & \text{якщо } k = (I \vee IV) \wedge (i = 0); \\ -t_n/2, & \text{якщо } k = (II \vee III) \wedge (i = 0); \\ y_{k,i-1}^k + t_n, & \text{якщо } k = (I \vee IV) \wedge (i > 0); \\ -(y_{k,i-1}^k + t_n), & \text{якщо } k = (II \vee III) \wedge (i > 0); \end{cases} \quad (24)$$

$$y_{k,i}^k = \begin{cases} t_n/2 + t_{d,i}^k, & \text{якщо } k = (I \vee IV) \wedge (i = 0); \\ -(t_n/2 + t_{d,i}^k), & \text{якщо } k = (II \vee III) \wedge (i = 0); \\ y_{k,i-1}^k + t_n + t_{d,i}^k, & \text{якщо } k = (I \vee IV) \wedge (i > 0); \\ -(y_{k,i-1}^k + t_n + t_{d,i}^k), & \text{якщо } k = (II \vee III) \wedge (i > 0), \end{cases} \quad (25)$$

де $t_{d,i}^k$ – товщина i -ої дошки разом з припуском на всихання, м.

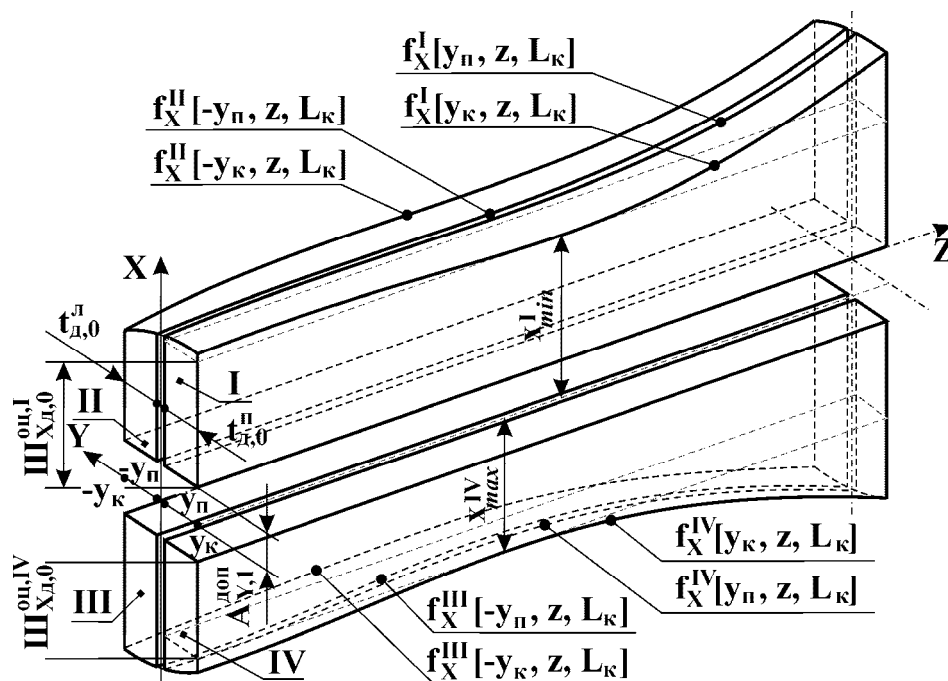


Рис. 5. Розрахункова схема для обчислення об'ємів одно- і двобічно обрізних центральних дощок, розташованих паралельно осі OX

Об'єм i -ої двобічно обрізної дошки, випиляної з i -ої однобічно обрізної, розташованої паралельно осі OX , обчислюємо за формулою, м³

$$V_{Xd,i}^{до,k} = \Pi_{Xd,i}^{од,k} \cdot |y_{k,i}^k - y_{n,i}^k| \cdot L_k, \quad k = \overline{I, IV}; i = \overline{0, n_X^{од}}. \quad (26)$$

У загальному випадку ширину i -ої двобічно обрізної дошки (див. рис. 5), випиляної з i -ої однобічно обрізної, обчислюємо за такою формулою, м

$$\Pi_{Xd,i}^{до,k} = \Pi_{Xd,i}^{до,k} - A_{Y,i}^{доп} + \Delta \Pi, \quad k = \overline{I, IV}; i = \overline{0, n_X^{од}}, \quad (27)$$

де $\Pi_{Xd,i}^{до,k} = \begin{cases} \min \{ f_X^k[x_{k,i}^k, z, L_k], z = 0(\Delta z)L_k \}, & \text{якщо } k = I \vee II; \\ \max \{ f_X^k[-x_{k,i}^k, z, L_k], z = 0(\Delta z)L_k \}, & \text{якщо } k = III \vee IV. \end{cases}$

Об'єм одного обрізка, отриманого внаслідок випилювання i -ої двобічно обрізної дошки з однобічно обрізної, розташованої паралельно осі OX , з урахуванням (23) і (26) обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Xo,i}^{o,k} = V_{Xd,i}^{oo,k} - V_{Xd,i}^{до,k} - V_{Xnp,i}^{oo,k}, k = \overline{I, IV}; i = \overline{0, n_X^{ood}}, \quad (28)$$

де $V_{Xnp,i}^{oo,k}$ – об'єм витраченої деревини на пропили, необхідний для обрізання з одного боку oi -ої однобічно обрізної дошки, обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Xnp,i}^{до,k} = t^n \cdot |y_{k,i}^k - y_{n,i}^k| \cdot L_k. \quad (29)$$

Для обчислення об'єму витраченої деревини на j -ий (v – верхній, n – нижній) пропили між двома центральними дошками $V_{Xnp}^{ooп,j}$ використаємо формули (26) або (27) [2], призначені для обчислення відповідних об'ємів однобічно обрізних серцевинних дощок, але з тією відмінністю, що замість товщин дощок, заданих межами інтегрування, підставляємо товщину пропилу, заданого відповідними межами інтегрування.

За допомогою формули (23) також можна обчислити об'єм витраченої деревини на i -ий пропили, необхідний для випилювання i -ої однобічно обрізної дошки ($V_{Xnp,i}^{oo,k}, k = \overline{I, IV}; i = \overline{1, n_X^{ood}}$), розташованої паралельно осі OX . Різниця полягає у тому, що у цю формулу замість i -ої товщини дошки, заданої межами інтегрування від $y_{n,i}^k$ до $y_{k,i}^k$, необхідно підставити відповідну товщину пропилу, заданого відповідними межами інтегрування.

Загальний об'єм усіх однобічно обрізних дощок, розташованих паралельно осі OX , з урахуванням (23) обчислюємо за такою формулою, m^3

$$V_{Xd}^{oo\Sigma} = \sum_{i=0}^{n_X^{ood}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Xd,i}^{oo,k}. \quad (30)$$

Загальний об'єм усіх двобічно обрізних дощок, випиляних з однобічно обрізних, розташованих паралельно осі OX , з урахуванням (26) обчислюємо за допомогою такої формули, m^3

$$V_{Xd}^{o\Sigma} = \sum_{i=0}^{n_X^{ood}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Xd,i}^{до,k}. \quad (31)$$

Загальний об'єм усіх обрізків, отриманих внаслідок випилювання двобічно обрізних дощок з однобічно обрізних, розташованих паралельно осі OX , з урахуванням (28) обчислюємо за формулою, m^3

$$V_{Xo}^{\Sigma} = \sum_{i=0}^{n_X^{ood}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Xo,i}^{o,k}. \quad (32)$$

Об'єм витраченої деревини на виконання усіх пропилів внаслідок випилювання однобічно обрізних дощок, розташованих паралельно осі OX , з урахуванням (26) і (27) [2] і (23) обчислюємо за допомогою такої формули, m^3

$$V_{Xnp}^{n\Sigma} = \sum_{j=\{v,n\}} V_{Xnp}^{ooп,j} + \sum_{i=0}^{n_X^{ood}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Xnp,i}^{oo,k}. \quad (33)$$

Об'єм витраченої деревини на виконання усіх пропилів внаслідок випилювання двобічно обрізних дощок з однобічно обрізних, розташованих паралельно осі $0X$, з урахуванням (29) обчислюємо за допомогою такої формули, m^3

$$V_{Xnp}^{до\Sigma} = \sum_{i=0}^{n_X^{до\Sigma}} \sum_{k=I}^{IV} V_{Xnp,i}^{до,k} \quad (34)$$

Загальний об'єм витраченої деревини на виконання усіх пропилів внаслідок випилювання одно- і двобічно обрізних дощок, розташованих паралельно осі $0X$, з урахуванням (33) і (34) обчислюємо за такою формулою, m^3

$$V_{Xnp}^{\Sigma} = V_{Xnp}^{н\Sigma} + V_{Xnp}^{до\Sigma} \quad (35)$$

Загальний об'єм витраченої деревини на виконання усіх пропилів внаслідок випилювання центральних необрізних і однобічно обрізних бокових дощок, отриманих внаслідок розкрою усієї колоди, з урахуванням (14) і (33) обчислюємо за допомогою такої формули, m^3

$$V_{np}^{н\Sigma} = V_{Ynp}^{н\Sigma} + V_{Xnp}^{н\Sigma} \quad (36)$$

Загальний об'єм усіх необрізних і однобічно обрізних дощок, отриманих внаслідок розкрою усієї колоди, з урахуванням (13) і (30) обчислюємо за формулою, m^3

$$V_d^{н\Sigma} = V_{Yd}^{нo\Sigma} + V_{Xd}^{oo\Sigma} \quad (37)$$

Загальний об'єм усіх двобічно обрізних дощок, отриманих внаслідок розкрою усієї колоди, з урахуванням (17) і (31) обчислюємо за формулою, m^3

$$V_d^{\Sigma} = V_{Yd}^{o\Sigma} + V_{Xd}^{o\Sigma} \quad (38)$$

Загальний об'єм усіх обрізків, отриманих внаслідок випилювання двобічно обрізних дощок з усієї колоди з урахуванням (21) і (32) обчислюємо за такою формулою, m^3

$$V_o^{\Sigma} = V_{Yo}^{\Sigma} + V_{Xo}^{\Sigma} \quad (39)$$

Згідно з рис. 6, об'єм двобічних обаполів, отриманих внаслідок розкрою колоди розвальню-сегментно-кутовим способом на радіальні пиломатеріали, обчислюємо за такою формулою, m^3

$$V_{до}^k = V_{\Sigma}^k + V_y^k = \int_{A^k}^{B^k} \int_0^{L_k} f_X^k[y, z, L_k] dy dL_k - \\ - A_Y^{доп} \cdot \int_0^{L_k} \left| z^k \cdot f_Y^{\overline{k-1}} [c^k \cdot A_Y^{доп}, z, L_k] - A_X^{доп} \right| dL_k, \quad k = \overline{I, IV}, \quad (40)$$

де: V_{Σ}^k , V_y^k – відповідно загальний і умовний об'єм k -го сектора; A^k , B^k – нижня і верхня межі інтегрування, які визначають за такими формулами

$$A^k = z^k \cdot A_X^{доп}; \quad B^k = z^k \cdot f_X^{\overline{k-1}} [c^k \cdot A_Y^{доп}, z, L_k], \quad (41)$$

$$z^k = \begin{cases} 1, & \text{якщо } k = I \vee IV; \\ -1, & \text{якщо } k = II \vee III; \end{cases} \quad c^k = \begin{cases} 1, & \text{якщо } k = I \vee II; \\ -1, & \text{якщо } k = III \vee IV; \end{cases} \quad (42)$$

$$A_X^{\text{доп}} = A_{X,i}^{\text{доп}} + t_{d,i}^k + t^n : i = n_X^{\text{оод}} ; A_Y^{\text{доп}} = A_{Y,i}^{\text{доп}} + t_{d,i}^k + t^n : i = n_Y^{\text{ооб}} . \quad (43)$$

У формулі (40): $A_X^{\text{доп}}$, $A_Y^{\text{доп}}$ – відстань від центра торця колоди до внутрішньої пластів двобічного обаполя, розташованого паралельно відповідно осі $0X$ і $0Y$; позначення $\overline{k-I}$ – означає циклічний зсув відповідних елементів. наприклад, якщо $k = \text{III}$, то $\text{III} - \text{I} = \text{II}$, якщо $k = \text{I}$, то $\text{I} - \text{I} = \text{IV}$ і т.д.

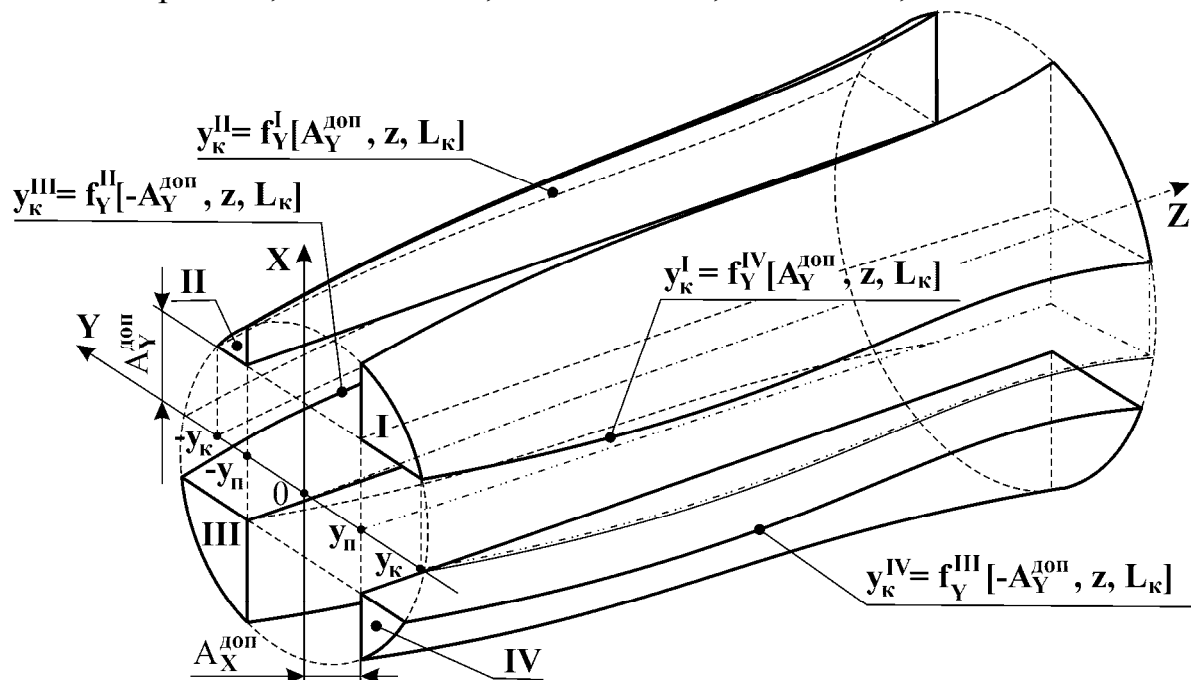


Рис. 6. Розрахункова схема для обчислення об'ємів двобічних обаполів

Загальний об'єм усіх двобічних обаполів з урахуванням (40) обчислюємо за формулою, м^3

$$V_{\text{до}}^{\Sigma} = \sum_{k=\text{I}}^{\text{IV}} V_{\text{до}}^k . \quad (44)$$

Отже, баланс отриманої пилопродукції та витраченої деревини на виконання відповідних пропилов з урахуванням (36), (38) і (44) обчислюємо за формулою, м^3

$$\Sigma V = V_{\text{д}}^{\Sigma} + V_{\text{пр}}^{\Sigma} + V_{\text{до}}^{\Sigma} . \quad (45)$$

Умова правильності розрахованого балансу деревини з урахуванням (6) [2] і (45) має такий вигляд

$$\Sigma V = V_{\text{к}} . \quad (46)$$

3. Проведення числового експерименту

Задавши необхідні початкові дані та провівши потрібні обчислення з використанням наведеної вище методики, можна отримати дані для розрахунку балансу деревини в процесі розкрою колод хвойних порід на радіальні пиломатеріали розвальню-сегментно-кутовим способом. Пізніше для визначення правильності виконаних обчислень перевіримо дані, підставивши їх у співвідношення (45). Розглянемо конкретний приклад.

Приклад. Нехай задано колоди хвойних порід, діаметр верхнього торця яких становить $d'' = 26-50$ см, довжини 3,0 і 4,5 м, а коефіцієнт еліптичності $k^e = 0.95 \div 1.05$, кривизна осі ≤ 1 %.

Колоди розпилюють розвальню-сегментно-кутовим способом на радіальні пиломатеріали, товщина яких становить 25 і 32 мм, а товщина пропилу – 2.8 мм. Необхідно розрахувати баланс деревини – отриманої пилопродукції та відповідних відходів.

Результати виконаних розрахунків зведемо у відповідну таблицю.

Табл. Баланс деревини внаслідок розкрою колод хвойних порід на радіальні пиломатеріали розвальню-сегментно-кутовим способом

d_k , см		L_k , м	V_k , м ³	Орієнтація дошки відносно осей OY і OX , м ³				$\Sigma V_{дв}$, %	$\Sigma V_{пр}$, %	$\Sigma V_{до}$		ΣV , м ³
d_x	d_y			$\Sigma V_{Yд}$	$\Sigma V_{Yпр}$	$\Sigma V_{Xд}$	$\Sigma V_{Xпр}$			м ³	%	
26,6	25,4	3,0	0,1624	0,0544	0,0063	0,0483	0,0038	63,24	6,22	0,0496	30,54	0,1624
25,4	26,6	4,5	0,2489	0,0852	0,0098	0,0675	0,0051	61,35	5,99	0,0812	32,62	0,2488
32,8	31,2	3,0	0,2476	0,1162	0,0119	0,0827	0,0078	80,33	7,96	0,0289	11,67	0,2475
31,2	32,8	4,5	0,3805	0,1838	0,0187	0,1154	0,0108	78,63	7,75	0,0518	13,61	0,3805
39,0	37,0	3,0	0,3508	0,1748	0,0118	0,1334	0,0125	87,86	6,93	0,0118	3,36	0,3443
37,0	39,0	4,5	0,5404	0,2786	0,0289	0,1867	0,0175	86,10	8,59	0,0287	5,31	0,5404
45,0	43,0	3,0	0,4717	0,2259	0,0223	0,1664	0,0161	83,17	8,14	0,041	8,69	0,4717
43,0	45,0	4,5	0,7277	0,3612	0,0355	0,2352	0,0228	81,96	8,01	0,073	10,03	0,7277
51,2	48,8	3,0	0,6100	0,3027	0,0305	0,2352	0,0225	88,18	8,69	0,0191	3,13	0,6100
48,8	51,2	4,5	0,9416	0,4859	0,0487	0,3332	0,0319	86,99	8,56	0,0419	4,45	0,9416

Проаналізувавши наведені у таблиці дані, можна зробити такі попередні висновки:

- з збільшенням діаметра колоди (з 26 до 50 см) зростає об'ємний вихід отриманої пилопродукції (з 61.35 до 88.18 %) при незначних змінах об'ємів витраченої деревини на виконання відповідних пропилів ($7.34^{+1.35}$) за рахунок зменшення відходів деревини – двобічних обаполів (з 32,62 до 3,13%);
- з використанням розвальню-сегментно-кутового способу розкрою для збільшення загального об'ємного виходу пилопродукції (до 1.51 %) необхідно колоди відносно схеми розкрою орієнтувати більшим діаметром горизонтально.

Висновки

1. Вперше розроблено методику розрахунку балансу деревини внаслідок розкрою колод на радіальні та напіврадіальні пиломатеріали розвальню-сегментно-кутовим способом. Основна її відмінність від наявних полягає в тому, що базується на таких концептуальних положеннях процесу розкрою: твірні поверхні колоди у вертикальному і горизонтальному напрямках описані відповідними кривими, які відтворюють будь-які форми колоди, випиляні з відземкової, центральної та верхівкової частин стовбура деревини; у поперечному перерізі будь-якої колоди впродовж усієї її довжини є еліпс; вісь колоди має одну, інколи дві хвилі кривизни у двох напрямках.
2. Випиляні з колоди пиломатеріали – необрізні з її розвальнюї частини та однібічно обрізні з сегментних її частин, а також відповідні пропили, необхідні для випилювання цих дошок, представлено у вигляді просторових фігур, у основі яких знаходяться прямокутні області, а зверху обмежені аналітичними функціями, які описують поверхню колоди.
3. Двобічні обаполи, отримані внаслідок розрізання сегментних частин колоди на пиломатеріали, представлено у вигляді просторових фігур, у основі яких знаходяться прямокутні області, один бік яких обмежено відповідними параметричними функціями, а зверху – аналітичними функціями, які описують поверхню колоди.

4. З огляду на представлення отриманої пилопродукції та відповідних відходів у основу розрахунку балансу деревини закладено числові методи інтегрування аналітично заданих функцій за допомогою формул середніх прямокутників або трапецій, що забезпечує достатню точність отриманих результатів, придатних як для виробничих потреб, так і наукових досліджень.

Як і у [2], так і у цій роботі досягнута основна мета – розроблено методику розрахунку балансу деревини під час розкрою колод хвойних порід розвальню-сегментним і розвальню-сегментно-кутовим способами на радіальні пиломатеріали. Однак відповіді на запитання, який з цих способів доцільніше застосувати, ми так і не отримали. Причина в тому, що в обох роботах ми змогли розрахувати тільки загальні об'єми виходу пиломатеріалів без поділу їх на радіальні та напіврадіальні. Проте з роботи [5] відомо, що їхній вид пиломатеріалів залежить від місцезнаходження у схемі розкрою. Тому наступним нашим кроком буде розроблення методики розрахунку не тільки об'ємного, але й по-видового виходу пиломатеріалів. Стежте за нашими публікаціями.

Література

1. Пижурич А.А., Розенблит М.С. Исследование процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.
2. Яцишин С.І., Грицюк Ю.І. Розрахунок балансу деревини внаслідок розкроювання колод на радіальні пиломатеріали розвальню-сегментним способом// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.3. – С. 137-149.
3. Яцишин С.І., Грицюк Ю.І. Методика визначення та аналіз оптимальних схем розкрою колод на радіальні пиломатеріали// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.1. – С. 137-149.
4. Оптимизация раскроя бревен. Автоматизация распиловки. <http://www.dekosoftware.ru/avtom/index.htm> (станом на 21.05.2007).
5. Миськів Є.М., Маєвський В.О., Максимі В.М. Особливості методики визначення виду розпилювання пиломатеріалів// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.3. – С. 137-140.

УДК 658.527.011.56

Доц. Р.Я. Оріховський, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

НАДІЙНІСТЬ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ У ГАЛУЗІ ДЕРЕВООБРОБЛЕННЯ

Розглядаються питання застосування сучасних методів визначення надійності устаткування для вирішення завдань підвищення ефективності функціонування автоматизованих виробничих систем на підприємствах лісопромислового комплексу.

Assoc. prof. R.Ya. Orikhovsky – NUFWT of Ukraine, L'viv

Reliability of the automated manufacturing systems of woodworking production

The problems of usage of modern methods of definition of reliability of the equipment for the sanction of problems of increase of efficiency of operation of the automated manufacturing systems on firms of a timber industry complex are esteemed.