4. Лабай В.Й. Залежність ексергетичного ККД split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі// Наук.-техн. зб. КНУБА: Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – К.: КНУБА. – 2006, вип. 10. – С. 80…88.

5. Лабай В.Й., Омельчук О.В. Залежність температурного режиму split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі// Вісник НУ "Львівська політехніка": Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація. Львів: НУ "Львівська політехніка". – 2006, № 561. – С. 20…25.

6. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник, изд. 3-е. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

7. Sanyo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.

УДК 674.09

Аспір. С.І. Коширець[1]; доц. Ю.І. Грицюк, канд. техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

ВРАХУВАННЯ ЗМІЩЕННЯ ВЕРХНЬОГО ТОРЦЯ КОЛОДИ ВІДНОСНО СХЕМИ РОЗКРОЮ ПІДЧАС ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ВИПИЛЯНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Запропоновано методику обчислення значень кутів радіальності пиломатеріалів у будь-якій точці впродовж ширин їх торців внаслідок розкрою колод хвойних порід розвально-сегментним способом. Ця методика відрізняється від наявних тим, що у ній враховано еліптичність поперечного перерізу колоди упродовж усієї її довжини, а також зміщення верхнього торця колоди відносно осей координат схеми розкрою.

Post-graduate S.I. Koshyrets; assoc. prof. Yu.I. Gryciuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

In process will cut out calculation balance of wood logs on radial saw-timbers for the cleave-segment method

The method of calculation of value of corners of radialness of saw-timbers is offered in any point during widths of their butt ends as a result of will cut out logs of coniferous breeds by a open-segment method. It differs from present that in it is taken into account elliptic cross-section of log during all of its length, and also in relation to the axes of coordinates of chart will cut out displacement of overhead butt end of log.

1. Актуальність роботи

У роботі [1] запропоновано методику обчислення значень кутів радіальності пиломатеріалів у будь-якій точці впродовж ширини їх торців внаслідок розкрою колод хвойних порід розвально-сегментним способом, яка відрізняється від наявних тим, що у ній враховано еліптичність поперечного перерізу верхнього торця колоди. Однак на кожній дільниці розкрою, незалежно від якості використовуваного обладнання та точності його роботи часто трапляються ситуації, коли торці колод подають у площину різального інструменту з деяким зміщенням (горизонтальним і вертикальним) відносно відповідних осей схеми розкрою. Для менших діаметрів колод (до 32 см) таке зміщення є незначним (за нашими даними 5÷15 мм), а для більших діаметрів (>32 см) – інколи відчутними (20÷40 мм). Особливо це стосується колод, які випиляно з відземкових частин стовбурів деревини, у яких часто трапляються до двох хвиль кривизни поздовжньої осі – інколи у різних напрямках. Окрім того, складна форма твірної поверхні колоди, більша від звичайної еліптич-

[1] До заміжжя – С.І. Яцишин

ність їх поперечного перерізу, а також наявність товстого шару кори – ці та багато інших факторів не дають змоги рамникам чи операторам стрічкопилкового обладнання точно позиціювати торці колод відносно осей координат схеми розкрою. Усе це в сукупності призводить до зниження об'ємного та якісного виходу отриманої пилопродукції, в тому числі і радіальних пиломатеріалів. Стосовно зменшення об'ємного виходу пиломатеріалів, то це твердження можна прийняти як аксіому, а відносно зменшення їх якісного виходу, зокрема радіальних пиломатеріалів підчас розкрою колод хвойних порід розвально-сегментним способом, то якраз це та багато інших питань спробуємо з'ясувати у цій роботі.

Таким чином, базуючись на результатах роботи [1], у даній роботі продовжимо розгляд методики визначення виду пиломатеріалів, отриманих внаслідок розкрою колод хвойних порід розвально-сегментним способом з врахуванням зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей координат схеми розкрою. Для кожної з частин колоди, з яких випилюють пиломатеріали, наведемо відповідні розрахункові схеми, математичні формулювання та конкретні результати розрахунку. Як і у попередній роботі, розглянемо загальний випадок, згідно з яким еліпс – одна з найпоширеніших форм поперечного перерізу будь-яких колод хвойних порід[1]. Розгляд усіх цих питань має важливе наукове значення, насамперед, для виявлення згодом недоліків механізму подачі колод у площину різального інструменту та розроблення автоматизованої системи позиціювання торця колоди відносно відповідних осей схеми розкрою. Окрім того, це питання має практичне значення, тобто результати його вивчення дадуть змогу прогнозувати частку зменшення об'ємного та якісного виходу очікуваної пилопродукції. У сукупності ці питання є актуальними як для сьогоденних потреб виробництва, так і для проведення подальших наукових досліджень.

2. Методика визначення виду випиляних пиломатеріалів

У процесі виведення відповідних математичних співвідношень ми прийняли такі основні допущення, які стосуються теоретичних положень процесу розрахунку схем розкрою колод на пиломатеріали [3, ст. 195]: у поперечному перерізі будь-якої колоди впродовж усієї її довжини є еліпс; площини пропилів є паралельними координатним осям відносно верхнього торця колоди; присутнє горизонтальне і вертикальне зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей координат схеми розкрою; вісь довжини колоди є паралельною відповідній осі системи координат.

2.1. Розрахункові схеми розкрою колоди на пиломатеріали

Внаслідок розкрою колод хвойних порід на радіальні пиломатеріали розвально-сегментним способом з врахуванням горизонтального і вертикального зміщень верхнього торця колоди відносно відповідних осей координат схеми розкрою отримані необрізні дошки представимо у виглядів рис. 1, а

[1] Це твердження є справедливим для будь-яких стовбурів деревини хвойних порід, починаючи з висоти 1.3 м від поверхні землі і вище. Нижче від цієї висоти еліптичність поперечного перерізу може бути порушена за рахунок продовження потужної кореневої системи.

однобічно обрізні дошки – рис. 2. На цих рисунках наведено позначення відповідних математичних функцій, які описують прийняті нами допущення. З урахуванням цих функцій та відповідних позначень процес визначення виду пиломатеріалів, випиляних з розвальної та сегментних частин колоди, зводиться до обчислення значення кута β між дотичною до річного кільця та прямою, паралельною пластям дошки.

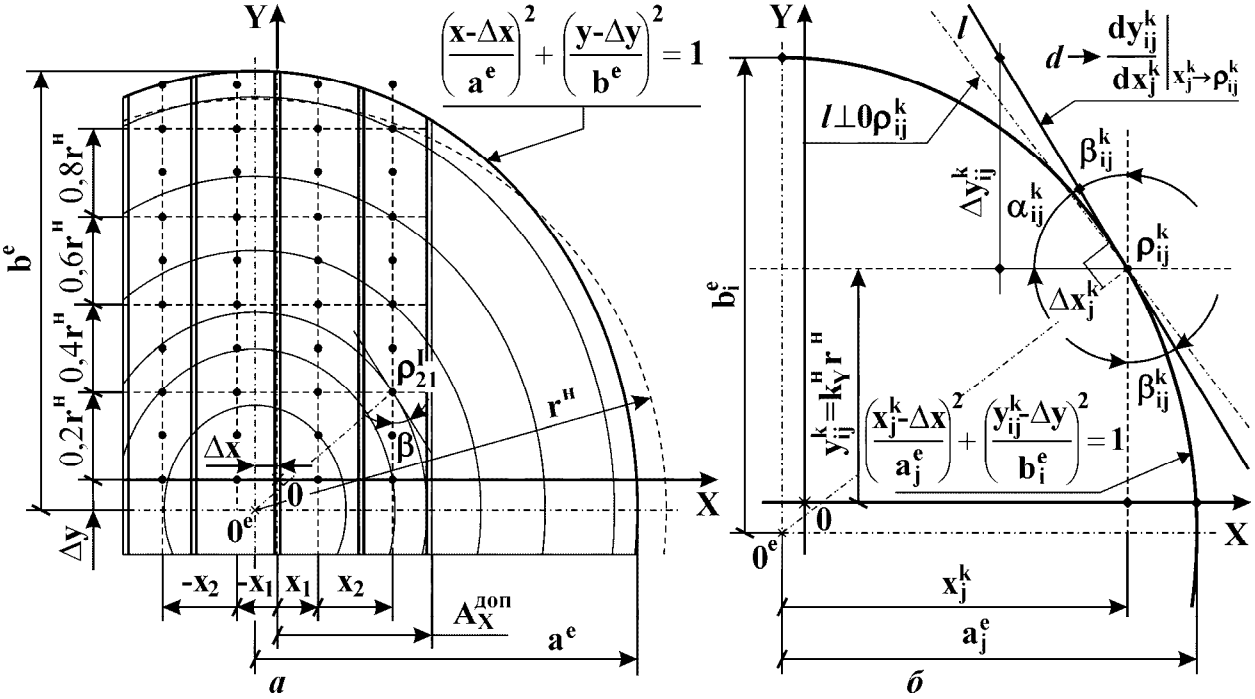

Рис. 1. Розрахункова схема для визначення виду пиломатеріалів, випиляних з розвальної частини колоди, з врахуванням зміщення торця колоди відносно осей схеми розкрою: *а – загальний вигляд; б – обчислення значення кута β між дотичною до річного кільця та прямою, паралельною пластям дошки*

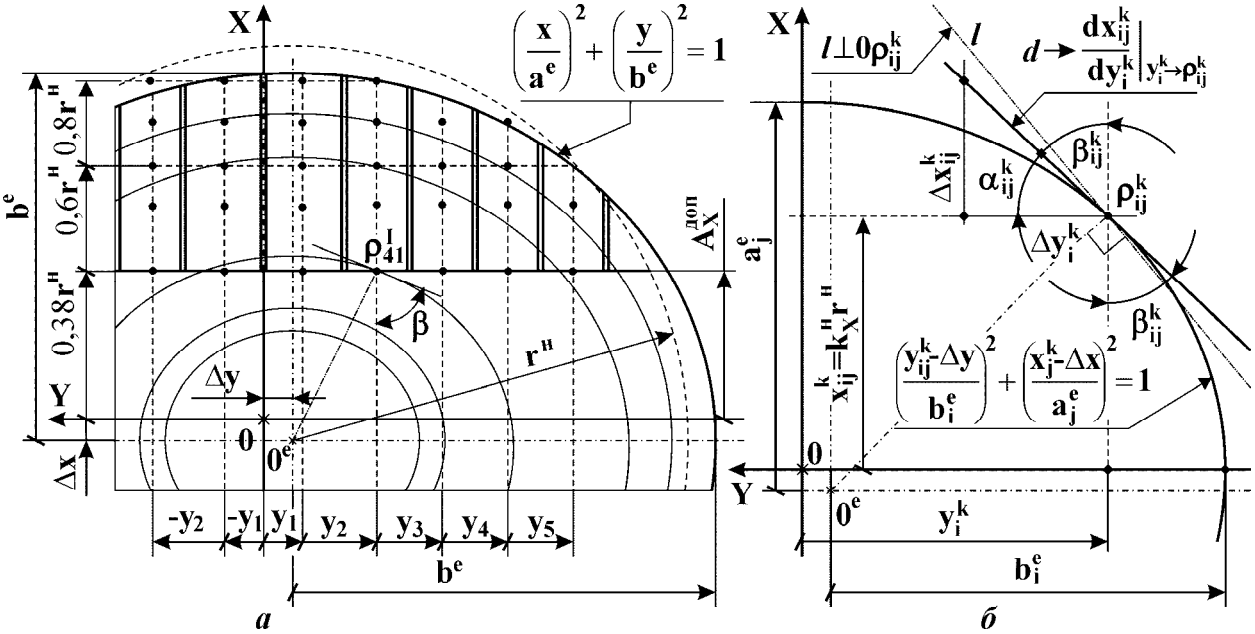

Рис. 2. Розрахункова схема для визначення виду пиломатеріалів, випиляних з сегментних частин колоди, з врахуванням зміщення торця колоди відносно осей схеми розкрою: *а – загальний вигляд; б – обчислення значення кута β між дотичною до річного кільця та прямою, паралельною пластям дошки*

Для виконання відповідних розрахунків за твірну зовнішнього контура поперечного перерізу колоди упродовж усієї її довжини приймемо еліпс, який з врахуванням його горизонтального і вертикального зміщення відносно осей координат схеми розкрою у загальному випадку описується таким канонічним рівнянням

$$\left(\frac{\mathbf{x}-\Delta\mathbf{x}}{\mathbf{a}^{\mathbf{e}}}\right)^2+\left(\frac{\mathbf{y}-\Delta\mathbf{y}}{\mathbf{b}^{\mathbf{e}}}\right)^2=\mathbf{1}, \qquad (1)$$

де: $\mathbf{a}^{\mathbf{e}}$, $\mathbf{b}^{\mathbf{e}}$ – відповідно горизонтальна і вертикальна півосі еліпса; $\mathbf{x}$, $\mathbf{y}$ – поточні значення відповідних координат; $\Delta\mathbf{x}$, $\Delta\mathbf{y}$ – горизонтальне і вертикальне зміщення торця колоди відносно відповідних осей схеми розкрою.

2.2. Розкрій розвальної частини колоди на необрізні пиломатеріали

Як і у попередній роботі [1], спробуємо перевірити гіпотезу про те, що горизонтальне і вертикальне зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей схеми розкрою зменшує вихід радіальних пиломатеріалів не тільки для колод хвойних порід, у поперечному перерізі яких є коло, але й еліпс з різними коефіцієнтами еліптичності.

Для обчислення значення кута радіальності дошки у будь-якій точці посередині їх торця, випиляної з розвальної частини колоди, уважно розглянемо рис. 1, *а*. Оскільки річне кільце будь-якого поперечного перерізу колоди – це зменшена твірна зовнішнього його контура, то у загальному випадку будь-яке кільце (рис. 1, *б*) можна описати канонічним рівнянням еліпса

$$\left(\frac{\mathbf{x}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{k}}-\Delta\mathbf{x}}{\mathbf{a}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{e}}}\right)^2+\left(\frac{\mathbf{y}_{\mathbf{ij}}^{\mathbf{k}}-\Delta\mathbf{y}}{\mathbf{b}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{e}}}\right)^2=\mathbf{1},\ \mathbf{i}\in\mathbf{m}_{\mathbf{Y,j}}^{\mathbf{p,k}};\ \mathbf{j}\in\mathbf{n}_{\mathbf{X}}^{\mathbf{p,k}};\ \mathbf{k}=\{\mathbf{I}\div\mathbf{IV}\}, \qquad (2)$$

де: $\mathbf{a}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{e}}$, $\mathbf{b}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{e}}$ – відповідно $\mathbf{j}$-та горизонтальна та $\mathbf{i}$-та вертикальна півосі річного кільця; $\mathbf{x}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{k}}$, $\mathbf{y}_{\mathbf{ij}}^{\mathbf{k}}$ – конкретні значення координат точки визначення кута радіальності дошки у $\mathbf{k}$-му квадранті системи координат; $\mathbf{m}_{\mathbf{Y,j}}^{\mathbf{p,k}}$, $\mathbf{n}_{\mathbf{X}}^{\mathbf{p,k}}$ – кількість розрахункових точок відповідно по осях координат $\mathbf{0X}$ і $\mathbf{0Y}$, які стосуються розвальної частини колоди, у $\mathbf{k}$-му квадранті системи координат.

З рис. 1, *б* видно, що значення горизонтальної півосі річного кільця з урахуванням (2) можна обчислити за такою формулою, мм

$$\mathbf{a}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{e}}=\pm\frac{\mathbf{x}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{k}}-\Delta\mathbf{x}}{\sqrt{\mathbf{1}-\left(\frac{\mathbf{y}_{\mathbf{ij}}^{\mathbf{k}}-\Delta\mathbf{y}}{\mathbf{b}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{e}}}\right)^2}},\ \mathbf{i}\in\mathbf{m}_{\mathbf{Y,j}}^{\mathbf{p,k}};\ \mathbf{j}\in\mathbf{n}_{\mathbf{X}}^{\mathbf{p,k}};\ \mathbf{k}=\{\mathbf{I}\div\mathbf{IV}\}. \qquad (3)$$

Оскільки $\mathbf{b}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{e}}=\mathbf{a}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{e}}\cdot\mathbf{k}^{\mathbf{e}}$, то, підставивши його у (3), отримаємо, мм

$$\mathbf{a}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{e}}=\pm\sqrt{\left(\mathbf{x}_{\mathbf{j}}^{\mathbf{k}}-\Delta\mathbf{x}\right)^2+\left(\frac{\mathbf{y}_{\mathbf{ij}}^{\mathbf{k}}-\Delta\mathbf{y}}{\mathbf{k}^{\mathbf{e}}}\right)^2},\ \mathbf{i}\in\mathbf{m}_{\mathbf{Y,j}}^{\mathbf{p,k}};\ \mathbf{j}\in\mathbf{n}_{\mathbf{X}}^{\mathbf{p,k}};\ \mathbf{k}=\{\mathbf{I}\div\mathbf{IV}\}. \qquad (4)$$

Зв'язок між **i**-им значенням вертикальної координати y_{ij}^{k} у точці ρ_{ij}^{k}, для якої визначаємо кут радіальності дошки, та параметрами річного кільця (2), має такий вигляд

$$y_{ij}^{k} = \Delta y \pm b_i^e \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x_j^k - \Delta x}{a_j^e}\right)^2},\ i \in m_{Y,j}^{p,k};\ j \in n_X^{p,k};\ k = \{I \div IV\}. \qquad (5)$$

З рис. 1, *б* видно, що пряма $d \neq l$ є дотичною до поверхні річного кільця поперечного перерізу колоди у точці ρ_{ij}^{k}, тобто похідною dy_{ij}^{k} / dx_j^k у ній, яку з урахуванням (5) можна визначити за такою формулою

$$\left.\frac{dy_{ij}^{k}}{dx_j^k}\right|_{x_j^k \to \rho_{ij}^k} = -\frac{b_i^e}{\left(a_j^e\right)^2} \cdot \frac{x_j^k - \Delta x}{\sqrt{1 - \left(\frac{x_j^k - \Delta x}{a_j^e}\right)^2}},\ i \in m_{Y,j}^{p,k};\ j \in n_X^{p,k};\ k = \{I \div IV\}. \qquad (6)$$

Підставивши у виразі (6) замість b_i^e значення $a_j^e \cdot k^e$, отримаємо

$$\left.\frac{dy_{ij}^{k}}{dx_j^k}\right|_{x_j^k \to \rho_{ij}^k} = -\frac{k^e}{a_j^e} \cdot \frac{x_j^k - \Delta x}{\sqrt{1 - \left(\frac{x_j^k - \Delta x}{a_j^e}\right)^2}},\ i \in m_{Y,j}^{p,k};\ j \in n_X^{p,k};\ k = \{I \div IV\}. \qquad (7)$$

Тепер, маючи значення похідної у точці ρ_{ij}^{k}, можна обчислити кут між дотичною до річного кільця та прямою, проведеною через цю точку паралельно пластям дошки, за такою формулою, град.

$$\beta_{ij}^{k} = 90^\circ - \left|\alpha_{ij}^{k}\right| = 90^\circ - \left|arctg\left(\frac{dy_{ij}^{k}}{dx_j^k}\right)\right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi},\ i \in m_{Y,j}^{p,k};\ j \in n_X^{p,k};\ k = \{I \div IV\}. \qquad (8)$$

Розглянемо конкретний приклад.

Приклад 1. Номінальний діаметр верхнього торця колоди становить $d^н$ = 440 мм. Колоду розпилюють розвально-сегментним способом на радіальні пиломатеріали, товщина яких становить 40 і 32 мм, товщина пропилу – 2.8 мм. Горизонтальне зміщення верхнього торця колоди відносно вертикальної осі становить Δx = -12 мм, а її вертикальне зміщення відносно горизонтальної осі – Δy = -16 мм. Необхідно обчислити значення кутів радіальності для кожного з торців дощок у точках, які знаходяться на прямих, проведених посередині їх товщини впродовж ширини з кроком $\Delta d^н = 0.1 \cdot d^н/2$.

У наведених нижче таблицях відображено результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди, для різних квадрантів системи координат та значень коефіцієнта еліптичності: k^e=1.15 – табл. 1; k^e=1.00 – табл. 2; k^e=0.85 – табл. 3.

Проаналізувавши дані цих таблиць, а також їх графічне представлення (рис. 3), можна зробити такі попередні висновки:

- розроблено методику обчислення значень кутів радіальності необрізних пиломатеріалів, випиляних з розвальної частини колоди, яка враховує горизон-

тальне і вертикальне зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей схеми розкрою, а також еліптичність поперечного перерізу колоди;

- значення кутів радіальності пиломатеріалів, випиляних з розвальної частини колоди, є меншими для діаметрів колод, еліптичність яких $\mathbf{k^e}>1$, і більшими – при $\mathbf{k^e}<1$.

Табл. 1. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди:
$r^н$=220 мм; k^e=1.15; a^e=204.65 мм; b^e=235.35 мм; Δx = –12 мм; Δy = –16 мм

Значення по осі ординат, мм		Значення координат точок ρ_{ij}^k по осі абсцис, мм							
		x_1^I=22.4	x_2^I=63.0	x_1^{IV}=22.4	x_2^{IV}=63.0	x_1^{II}=-22.4	x_2^{II}=-63.0	x_1^{III}=-22.4	x_2^{III}=-63.0
частка	$\pm y_i$	град.	град.	град.	град.	град.	град.	град.	град.
$0{,}0\cdot r^н$	0,0	19,38	9,16	19,38	9,16	49,32	13,35	49,32	13,35
$0{,}1\cdot r^н$	22,0	39,87	20,96	-7,51	-3,46	70,10	29,40	-23,57	-5,08
$0{,}2\cdot r^н$	44,0	52,83	31,17	-31,61	-15,76	77,09	41,66	-63,84	-22,55
$0{,}3\cdot r^н$	66,0	60,98	39,58	-47,70	-26,75	80,48	50,56	-74,62	-36,55
$0{,}4\cdot r^н$	88,0	66,37	46,36	-57,71	-35,98	82,47	57,04	-79,19	-46,87
$0{,}5\cdot r^н$	110,0	70,15	51,79	-64,17	-43,46	83,77	61,84	-81,68	-54,34
$0{,}6\cdot r^н$	132,0	72,91	56,17	-68,59	-49,47	84,69	65,50	-83,24	-59,82
$0{,}7\cdot r^н$	154,0	75,02	59,74	-71,75	-54,29	85,37	68,36	-84,31	-63,95
$0{,}8\cdot r^н$	176,0	76,67	62,68	-74,13	-58,20	85,90	70,64	-85,09	-67,14
$0{,}9\cdot r^н$	198,0	78,00	65,13	-75,97	-61,41	86,32	72,51	-85,68	-69,67
$1{,}0\cdot r^н$	220,0	---	---	-77,43	-64,07	---	---	-86,14	-71,70
$1{,}1\cdot r^н$	242,0	---	---	-78,62	---	---	---	-86,52	-73,38

Табл. 2. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди:
$r^н$=220 мм; k^e=1.00; a^e=220.00 мм; b^e=220.00 мм; Δx = –12 мм; Δy = –16 мм

Значення по осі ординат		Значення координат точок ρ_{ij}^k по осі абсцис, мм							
		x_1^I=22.4	x_2^I=63.0	x_1^{IV}=22.4	x_2^{IV}=63.0	x_1^{II}=-22.4	x_2^{II}=-63.0	x_1^{III}=-22.4	x_2^{III}=-63.0
частка	$\pm y_i$	град.	град.	град.	град.	град.	град.	град.	град.
$0{,}0\cdot r^н$	0,0	24,94	12,04	24,94	12,04	56,98	17,42	56,98	17,42
$0{,}1\cdot r^н$	22,0	47,85	26,87	-9,89	-4,57	74,69	36,69	-29,98	-6,71
$0{,}2\cdot r^н$	44,0	60,17	38,66	-39,14	-20,47	80,17	49,64	-69,62	-28,77
$0{,}3\cdot r^н$	66,0	67,24	47,55	-55,47	-33,69	82,77	58,12	-78,25	-44,43
$0{,}4\cdot r^н$	88,0	71,70	54,20	-64,46	-43,83	84,29	63,88	-81,78	-54,69
$0{,}5\cdot r^н$	110,0	74,73	59,24	-69,90	-51,41	85,28	67,96	-83,69	-61,52
$0{,}6\cdot r^н$	132,0	76,91	63,13	-73,48	-57,12	85,98	70,99	-84,88	-66,27
$0{,}7\cdot r^н$	154,0	78,56	66,19	-76,00	-61,48	86,50	73,30	-85,69	-69,72
$0{,}8\cdot r^н$	176,0	79,84	68,66	-77,87	-64,89	86,90	75,12	-86,28	-72,32
$0{,}9\cdot r^н$	198,0	80,87	---	-79,30	-67,60	87,22	76,60	-86,73	-74,35
$1{,}0\cdot r^н$	220,0	---	---	-80,43	-69,81	---	---	-87,08	-75,96

Примітка: $\beta_{22} = arctg((44{,}0 - \Delta y)/(63{,}0 - \Delta x))\cdot 180°/\pi = 38.66°$;
$\beta_{51} = arctg((110{,}0 - \Delta y)/(22{,}4 - \Delta x))\cdot 180°/\pi = 74.73°$.

Наведені на рис. 3 графіки придатні не тільки для встановлення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, але й для визначення фактичних розмірів радіальних пиломатеріалів, тобто для яких $\beta \geq 60°$. Наприклад, з рис. 3,*а* видно, що від необрізної дошки, випи-

ляної з III і IV квадрантів (при $x_1^{II} = x_1^{III} = -22.4$ мм), необхідно відрізати ≈10 мм від осі 0X вверх (точка h_1^{II}), а також ≈40 мм від осі **0X** вниз (точка h_1^{III}), внаслідок чого отримаємо дві однобічно обрізні повністю радіальні дошки.

Табл. 3. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди:
$r^н$=220 мм; k^e=0.85; a^e=237.84 мм; b^e=202.16 мм; Δx = –12 мм; Δy = –16 мм

Значення по осі ординат		Значення координат точок ρ_{ij}^k по осі абсцис, мм							
		x_1^I=22.4	x_2^I=63.0	x_1^{IV}=22.4	x_2^{IV}=63.0	x_1^{II}=-22.4	x_2^{II}=-63.0	x_1^{III}=-22.4	x_2^{III}=-63.0
частка	$\pm y_i$	град.	град.	град.	град.	град.	град.	град.	град.
0,0·$r^н$	0,0	32,77	16,45	32,77	16,45	64,84	23,47	64,84	23,47
0,1·$r^н$	22,0	56,81	35,04	-13,57	-6,32	78,81	45,88	-38,61	-9,25
0,2·$r^н$	44,0	67,50	47,91	-48,41	-27,33	82,86	58,44	-74,98	-37,23
0,3·$r^н$	66,0	73,14	56,54	-63,57	-42,70	84,76	65,80	-81,45	-53,61
0,4·$r^н$	88,0	76,56	62,48	-70,96	-53,03	85,87	70,49	-84,04	-62,90
0,5·$r^н$	110,0	78,84	66,73	-75,19	-60,04	86,59	73,70	-85,43	-68,60
0,6·$r^н$	132,0	80,47	69,89	-77,91	-64,96	87,09	76,02	-86,29	-72,38
0,7·$r^н$	154,0	81,68	72,32	-79,79	-68,56	87,47	77,77	-86,88	-75,05
0,8·$r^н$	176,0	82,62	---	-81,17	-71,29	87,76	79,14	-87,31	-77,03
0,9·$r^н$	198,0	---	---	-82,22	-73,42	---	---	-87,64	-78,55

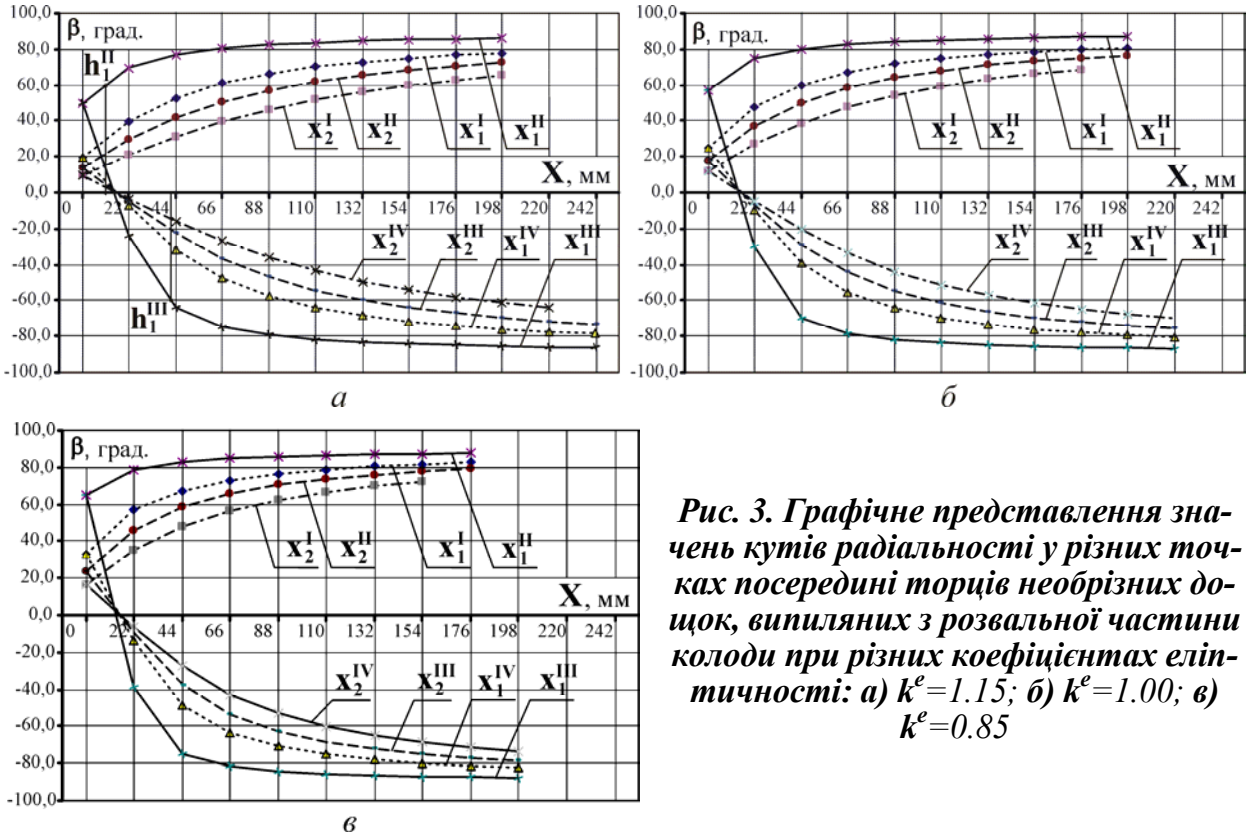

Рис. 3. Графічне представлення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди при різних коефіцієнтах еліптичності: а) k^e=1.15; б) k^e=1.00; в) k^e=0.85

Стосовно методики визначення конкретної ширини однобічно обрізної дошки, про яку згадувалося вище, то тут необхідно виходити з таких міркувань. Якщо для конкретної **j**-ої необрізної дошки задано деяке мінімальне значення кута радіальності β_{ij}^{min}, то, маючи рівняння (8), можна обчислити

значення y_{ij}^{k} координати точки ρ_{ij}^{k}, у якій значення кута радіальності буде дорівнювати заданому, за допомогою такого співвідношення

$$90^\circ - \left| arctg\left(\frac{dy_{ij}^{k}}{dx_{j}^{k}}\right)\right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \beta_{ij}^{min} \Rightarrow 90^\circ - \left| arctg\left(\frac{dy_{ij}^{k}}{dx_{j}^{k}}\right)\right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi} - \beta_{ij}^{min} = 0.0^\circ . \qquad (9)$$

Приклад 2. Нехай для 1-ої дошки при $x_1^k = \pm 22{,}4$ мм задано мінімальне значення кута радіальності β_{i1}^{min} = 60,0°. Необхідно обчислити значення y_{ij}^{k} координати точки ρ_{i1}^{k} ($k = \overline{I,IV}$), значення кута радіальності у якій буде дорівнювати заданому при різних значеннях еліптичності поперечного перерізу торця колоди. Потрібно також обчислити відповідні ширини однобічно обрізних дощок.

Шукане значення y_{ij}^{k} координати точки ρ_{i1}^{k}, у якій значення кута радіальності буде дорівнювати заданому, можна визначити з допомогою співвідношення (9), а саме

$$90^\circ - \left| arctg\left(\frac{dy_{i1}^{k}}{dx_{1}^{k}}\right)\right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi} - \beta_{ij}^{min} = 0.0^\circ \Rightarrow 30^\circ - \left| arctg\left(\frac{dy_{i1}^{k}}{dx_{1}^{k}}\right)\right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0.0^\circ,\ k = \overline{I,IV} .$$

Для розв'язання цього нелінійного рівняння доцільно використати числові методи, які у процесі розв'язання не використовують похідних, наприклад метод дихотомії, метод золотого перерізу **[2**, ст. 196**]** та ін.

Внаслідок розв'язання цього нелінійного рівняння встановлено, що при заданому мінімальному значенні кута радіальності β_{i1}^{min} = 60,0° шукані вертикальні координати набувають такі значення:

№ п/п	Квадрант **k**	Абсциса x_1, мм	Ордината y_{i1} при		
			k^e = 1.15	k^e = 1.00	k^e = 0.85
1	**I**	22.4	62.80	43.58	27.05
2	**IV**	22.4	-94.80	-75.58	-59.05
3	**II**	-22.4	7.82	2.01	-2.99
4	**III**	-22.4	-39.82	-34.01	-29.01

Як бачимо, чим менше значення еліптичності поперечного перерізу торця колоди, тим менше значення y_{i1}^{k} координати точки ρ_{i1}^{k}, мінімальне значення кута радіальності у якій буде дорівнювати заданому.

Тепер, маючи конкретні значення y_{i1}^{k} та обчисливши за формулою (5) значення половини ширини необрізної дошки, можна визначити ширину однобічно обрізної дошки, для якої усі значення кутів радіальності будуть більшими від 60°. Зрозуміло, чим менше значення еліптичності поперечного перерізу торця колоди, тим менше значення y_{i1}^{k} координати точки ρ_{i1}^{k}, мінімальне значення кута радіальності у якій дорівнює заданому, тим ширшими будуть однобічно обрізні дошки.

2.3. Розкрій сегментних частин колоди на однобічно обрізні пиломатеріали

Для обчислення значення кута радіальності дошки у будь-якій точці посередині її торця, випиляної з сегментних частин колоди, уважно розглянемо рис. 2, *а*. Як і для розвальної частини колоди річне кільце будь-якого її по-

перечного перерізу (рис. 2, *б*) у загальному випадку можна описати канонічним рівнянням еліпса

$$\left(\frac{y_i^k-\Delta y}{b_i^e}\right)^2+\left(\frac{x_{ij}^k-\Delta x}{a_j^e}\right)^2=1,\ j\in n_{X,i}^{c,k};\ i\in m_Y^{c,k};\ k=\{I\div IV\},\qquad(10)$$

де: b_i^e, a_j^e – відповідно **i**-та горизонтальна та **j**-та вертикальна півосі річного кільця; y_i^k, x_{ij}^k – конкретні значення координат точки визначення кута радіальності дошки у **k**-му квадранті системи координат; $n_{X,i}^{c,k}$, $m_Y^{c,k}$ – кількість розрахункових точок відповідно по осях координат **0Y** і **0X**, які стосуються сегментних частин колоди, у **k**-му квадранті системи координат.

З рис. 2, *б* видно, що значення горизонтальної півосі річного кільця з урахуванням (10) можна обчислити за такою формулою, мм

$$b_i^e=\pm\frac{y_i^k-\Delta y}{\sqrt{1-\left(\frac{x_{ij}^k-\Delta x}{a_j^e}\right)^2}},\ j\in n_{X,i}^{c,k};\ i\in m_Y^{c,k};\ k=\{I\div IV\}.\qquad(11)$$

Оскільки $a_j^e=b_i^e/k^e$, то, підставивши його у (11), отримаємо, мм

$$b_i^e=\pm\sqrt{\left(k^e\cdot\left(x_{ij}^k-\Delta x\right)\right)^2+\left(y_i^k-\Delta y\right)^2},\ j\in n_{X,i}^{c,k};\ i\in m_Y^{c,k};\ k=\{I\div IV\}.\qquad(12)$$

Зв'язок між **j**-им значенням вертикальної координати x_{ij}^k у точці ρ_{ij}^k, для якої визначається кут радіальності дошки, та параметрами річного кільця (10), має такий вигляд

$$x_{ij}^k=\Delta x\pm a_j^e\cdot\sqrt{1-\left(\frac{y_i^k-\Delta y}{b_i^e}\right)^2},\ j\in n_{X,i}^{c,k};\ i\in m_Y^{c,k};\ k=\{I\div IV\}.\qquad(13)$$

З рис. 2, *б* видно, що пряма $d\neq l$ є дотичною до поверхні річного кільця поперечного перерізу колоди у точці ρ_{ij}^k, тобто є похідною dx_{ij}^k/dy_i^k у ній, яку з урахуванням (13) можна визначити за такою формулою

$$\left.\frac{dx_{ij}^k}{dy_i^k}\right|_{y_i^k\to\rho_{ij}^k}=-\frac{a_j^e}{\left(b_i^e\right)^2}\cdot\frac{y_i^k-\Delta y}{\sqrt{1-\left(\frac{y_i^k-\Delta y}{b_i^e}\right)^2}},\ j\in n_{X,i}^{c,k};\ i\in m_Y^{c,k};\ k=\{I\div IV\}.\qquad(14)$$

Підставивши у виразі (14) замість a_j^e значення b_i^e/k^e, отримаємо

$$\left.\frac{dx_{ij}^k}{dy_i^k}\right|_{y_i^k\to\rho_{ij}^k}=-\frac{1}{k^e\cdot b_i^e}\cdot\frac{y_i^k-\Delta y}{\sqrt{1-\left(\frac{y_i^k-\Delta y}{b_i^e}\right)^2}},\ j\in n_{X,i}^{c,k};\ i\in m_Y^{c,k};\ k=\{I\div IV\}.\qquad(15)$$

Тепер, маючи значення похідної у точці ρ_{ij}^{k}, можна обчислити кут між дотичною до річного кільця та прямою, проведеною через цю точку та паралельно пластям дошки, за такою формулою, град.

$$\beta_{ij}^{k} = 90^\circ - \left|\alpha_{ij}^{k}\right| = 90^\circ - \left|arctg\left(\frac{dx_{ij}^{k}}{dy_{i}^{k}}\right)\right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi},\ j \in n_{X,i}^{c,k};\ i \in m_{Y}^{c,k};\ k = \{I \div IV\}. \qquad (16)$$

Розглянемо конкретний приклад. Для обчислення використаємо початкові дані з попереднього прикладу.

У наведених нижче таблицях відображено результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців однобічно обрізних дощок, випиляних з сегментних частин колоди, для різних квадрантів системи координат та значень коефіцієнта еліптичності: $\mathbf{k^e}$=1.15 – табл. 4; $\mathbf{k^e}$=1.00 – табл. 5; $\mathbf{k^e}$=0.85 – табл. 6.

Табл. 4. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців однобічно обрізних дощок, випиляних з сегментних частин колоди: $r^н$ = 220 *мм*; k^e = 1.15; a^e = 204.65 *мм*; b^e = 235.35 *мм*; Δx = -12 *мм*; Δy = -16 *мм*; $A_X^{доп}$ = 82.60 *мм*

Значення по осі абсцис		Значення координат точок ρ_{ij}^{k} по осі ординат, мм											
		y_{1j} =±22,4		y_{2j} =±63,0		y_{3j} =±99,4		y_{4j} =±135,8		y_{5j} =±172,2		y_{6j} =±208,6	
частка	x_j, мм	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °
0,38·$r^н$	82,6	72,94	67,64	57,73	49,77	47,31	38,98	39,49	31,59	33,61	26,39	---	---
0,5·$r^н$	110,0	76,61	73,50	63,91	58,64	54,43	48,32	46,75	40,49	40,61	34,55	---	---
0,6·$r^н$	132,0	78,60	76,40	67,47	63,54	58,79	53,98	51,44	46,27	---	---	---	---
0,7·$r^н$	154,0	80,08	78,44	70,21	67,18	62,27	58,43	---	---	---	---	---	---
0,8·$r^н$	176,0	81,22	79,96	72,37	69,99	---	---	---	---	---	---	---	---
0,9·$r^н$	198,0	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
частка	x_j, мм	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °
-0,38·$r^н$	-82,6	87,07	86,08	69,41	63,28	56,31	48,23	46,24	37,93	38,69	30,87	33,01	25,86
-0,5·$r^н$	-110,0	87,73	87,17	73,76	70,07	62,67	57,24	53,41	47,25	45,93	39,68	39,95	33,94
-0,6·$r^н$	-132,0	88,08	87,69	76,14	73,50	66,35	62,28	57,83	52,95	50,64	45,45	---	---
-0,7·$r^н$	-154,0	88,33	88,05	77,92	75,95	69,20	66,05	61,38	57,46	54,57	50,25	---	---
-0,8·$r^н$	-176,0	88,53	88,31	79,30	77,77	71,46	68,97	64,27	61,09	---	---	---	---
-0,9·$r^н$	-198,0	88,68	88,51	80,39	79,18	73,29	71,27	---	---	---	---	---	---

Проаналізувавши дані цих таблиць, а також їх графічне представлення (рис. 4), можна зробити такі попередні висновки:

- розроблено методику обчислення значень кутів радіальності однобічно обрізних пиломатеріалів, випиляних з сегментних частин колоди, яка враховує горизонтальне і вертикальне зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей координат схеми розкрою, а також враховує еліптичність поперечного перерізу колоди;
- значення кутів радіальності пиломатеріалів, випиляних з сегментних частин колоди, є більшими для діаметрів колод, еліптичність яких $\mathbf{k^e}$>1, і меншими – при $\mathbf{k^e}$<1.

Табл. 5. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців однобічно обрізних дощок, випиляних з сегментних частин колоди: $r^н = 220$ *мм*; $k^e = 1.00$; $a^e = 220.00$ *мм*; $b^e = 220.00$ *мм*; $\Delta x = -12$ *мм*; $\Delta y = -16$ *мм*; $A_X^{доп} = 82.60$ *мм*

Значення по осі абсцис		Значення координат точок ρ_{ij}^k по осі ординат, мм											
		y_{1i} =±22,4		y_{2i} =±63,0		y_{3i} =±99,4		y_{4i} =±135,8		y_{5i} =±172,2		y_{6i} =±208,6	
частка	x_j, мм	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °
0,38·$r^н$	82,6	67,91	61,46	50,13	41,79	39,34	31,46	31,93	24,94	26,69	20,56	---	---
0,5·$r^н$	110,0	72,53	68,60	57,08	51,13	46,59	40,34	38,79	32,85	---	---	---	---
0,6·$r^н$	132,0	75,07	72,26	61,25	56,64	51,29	46,12	43,49	38,33	---	---	---	---
0,7·$r^н$	154,0	76,98	74,87	64,55	60,91	55,19	50,90	---	---	---	---	---	---
0,8·$r^н$	176,0	78,46	76,82	67,21	64,28	---	---	---	---	---	---	---	---
0,9·$r^н$	198,0	79,64	78,34	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
частка	x_j, мм	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °
-0,38·$r^н$	-82,6	86,13	84,82	63,58	56,35	48,60	40,25	38,30	30,51	31,20	24,32	26,16	20,13
-0,5·$r^н$	-110,0	87,00	86,26	68,93	64,38	55,64	49,60	45,52	39,28	37,99	32,10	32,35	26,97
-0,6·$r^н$	-132,0	87,46	86,95	71,92	68,61	59,92	55,20	50,24	45,05	42,67	37,53	---	---
-0,7·$r^н$	-154,0	87,79	87,42	74,19	71,69	63,32	59,57	54,18	49,85	46,74	42,27	---	---
-0,8·$r^н$	-176,0	88,05	87,77	75,96	74,01	66,08	63,04	57,49	53,85	---	---	---	---
-0,9·$r^н$	-198,0	88,25	88,03	77,38	75,82	68,34	65,85	---	---	---	---	---	---
-1,0·$r^н$	-220,0	88,42	88,24	78,55	77,27	---	---	---	---	---	---	---	---

Примітка: $\beta_{52} = arctg((110,0 - \Delta x)/(63,0 - \Delta y))\cdot 180°/\pi = 57.08°$;
$\beta_{83} = arctg((154,0 - \Delta x)/(99,4 - \Delta y))\cdot 180°/\pi = 55.19°$.

Табл. 6. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців однобічно обрізних дощок, випиляних з сегментних частин колоди: $r^н = 220$ *мм*; $k^e = 0.85$; $a^e = 237.84$ *мм*; $b^e = 202.16$ *мм*; $\Delta x = -12$ *мм*; $\Delta y = -16$ *мм*; $A_X^{доп} = 82.60$ *мм*

Значення по осі абсцис		Значення координат точок ρ_{ij}^k по осі ординат, мм											
		y_{1i} =±22,4		y_{2i} =±63,0		y_{3i} =±99,4		y_{4i} =±135,8		y_{5i} =±172,2		y_{6i} =±208,6	
частка	x_j, мм	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °	I, °	IV, °
0,38·$r^н$	82,6	60,67	53,03	40,87	32,85	30,64	23,85	24,24	18,57	---	---	---	---
0,5·$r^н$	110,0	66,46	61,53	48,13	41,87	37,37	31,53	30,14	25,01	---	---	---	---
0,6·$r^н$	132,0	69,74	66,11	52,79	47,66	42,04	36,92	34,43	29,73	---	---	---	---
0,7·$r^н$	154,0	72,25	69,48	56,63	52,40	46,10	41,64	---	---	---	---	---	---
0,8·$r^н$	176,0	74,21	72,04	59,82	56,31	49,65	45,76	---	---	---	---	---	---
0,9·$r^н$	198,0	75,80	74,05	62,49	59,55	---	---	---	---	---	---	---	---
1,0·$r^н$	220,0	77,10	75,67	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
частка	x_j, мм	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °	II, °	III, °
-0,38·$r^н$	-82,6	84,65	82,85	55,49	47,34	39,34	31,45	29,71	23,06	23,63	18,08	19,54	14,83
-0,5·$r^н$	-110,0	85,85	84,84	61,93	56,42	46,58	40,33	36,34	30,58	29,44	24,38	---	---
-0,6·$r^н$	-132,0	86,48	85,78	65,69	61,54	51,28	46,11	40,97	35,89	33,67	29,03	---	---
-0,7·$r^н$	-154,0	86,95	86,43	68,60	65,39	55,19	50,89	45,03	40,58	37,52	33,30	---	---
-0,8·$r^н$	-176,0	87,30	86,91	70,91	68,36	58,45	54,86	48,59	44,68	---	---	---	---
-0,9·$r^н$	-198,0	87,58	87,27	72,79	70,72	61,20	58,18	51,71	48,28	---	---	---	---
-1,0·$r^н$	-220,0	87,81	87,56	74,34	72,63	63,55	60,97	---	---	---	---	---	---
-1,1·$r^н$	-242,0	---	87,79	---	74,21	---	---	---	---	---	---	---	---

Тепер спробуємо проаналізувати отримані результати розкрою сегментних частин колоди при наявності горизонтального і вертикального зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей схеми розкрою за даними табл. 4-6 і порівняти їх з результатами, отриманими в роботі [1]. Результати порівняння відобразимо на відповідних діаграмах (рис. 4).

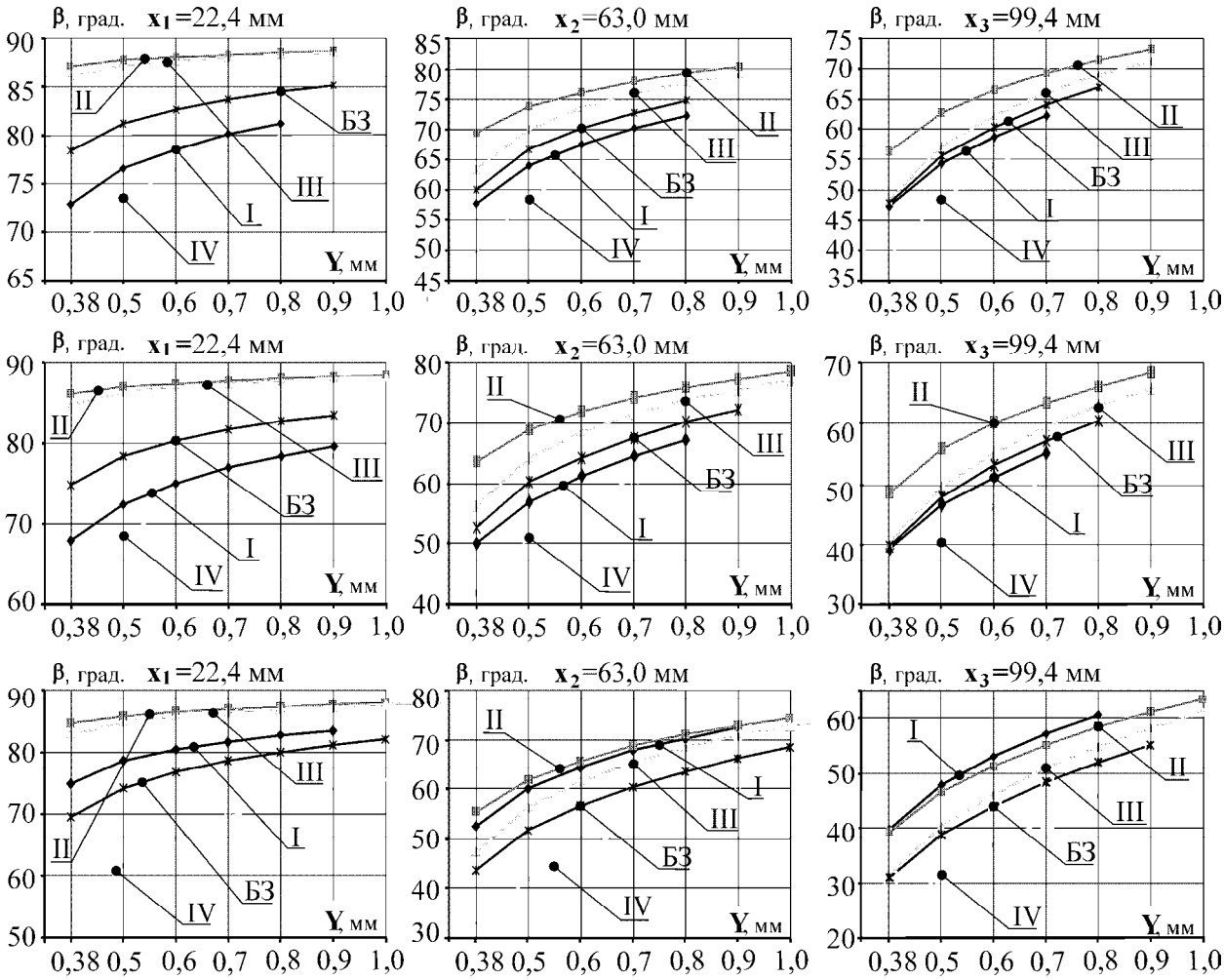

Рис. 4. Діаграми порівняння результатів розкрою сегментної частини колоди при наявності горизонтального і вертикального зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей схеми розкрою і без нього при різних коефіцієнтах еліптичності: *а)* $k^e = 1.15$; *б)* $k^e = 1.00$; *в)* $k^e = 0.85$ (***I-IV*** *– відповідні координатні четверті,* ***БЗ*** *– без зміщення*)

З рис. 4 видно, що зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей схеми розкрою для сегментних частин колоди значно впливає на зміну значень кутів радіальності дощок, розташованих ближче до осей схеми розкрою, і навпаки, мало впливає, коли розташовані дальше від них.

Висновки

1. Розроблено методику обчислення значень кутів радіальності пиломатеріалів у будь-якій точці впродовж ширини їх торців внаслідок розкрою колод хвойних порід розвально-сегментним способом. Основна її відмінність від наявних полягає в тому, що базується на таких теоретичних положеннях процесу розрахунку схем розкрою: у поперечному перерізі будь-якої колоди впродовж усієї її довжини є еліпс; площини пропилів є паралельними координатним осям відносно верхнього торця колоди; присутнє горизонтальне і

вертикальне зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей координат схеми розкрою; вісь довжини колоди є паралельною відповідній осі системи координат.

2. Розроблено методику визначення конкретної ширини дошки, у якій мінімальне значення кута радіальності буде не менше заданого (нормативного), яка враховує горизонтального і вертикального зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей координат схеми розкрою. Ця методика дає змогу для будь-якого пиломатеріалу, випиляного з довільного місця розвальної чи сегментної частини колоди, з достатньою точністю встановити його вид – радіальний, радіально-тангентальний чи тангентальний, а також обчислити інтегральне значення відповідного кута.

Література

1. **Грицюк Ю.І., Яцишин С.І.** Щодо методики визначення виду випиляних пиломатеріалів// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.5. – С. 88-101.
2. **Калиткин Н.Н.** Численные методы. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. – 512 с.
3. **Пижурин А.А., Розенблит М.С.** Исследование процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.

УДК 681.5

Доц. Р.Я. Оріховський, канд. техн. наук; ст. викл. М.М. Мисик; студ. Б.В. Чикалюк – НЛТУ України, м. Львів

СИНТЕЗ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИМ РОБОТОМ

Розглядаються питання застосування сучасних методів синтезу програмно-апаратного забезпечення систем керування промисловими роботами з метою підвищення ефективності функціонування автоматизованих виробничих систем на підприємствах лісопромислового комплексу.

Assoc. prof. R.Ya. Orikhovsky; M.M. Mysyk; stud. B.V. Chykaliuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

Synthesis software and apparatus of computer control systems of the industrial robot

The problems of usage of modern methods of synthesis software and apparatus of computer control systems of the industrial robot for increase of efficiency of the automated manufacturing systems on firms of a timber industry complex are esteemed.

Абсолютно нові можливості у лісопромисловому комплексі відкрили гнучкі автоматизовані системи і робототехнічні комплекси, призначені для роботи в умовах динамічного серійного та дрібносерійного виробництва. Застосування промислових роботів, технологічного обладнання з числовим програмним керуванням та ПЕОМ дає змогу вирішити проблему комплексної автоматизації багато номенклатурного виробництва в умовах ринкової економіки. Промислові роботи у складі виробничих систем виконують такі операції: встановлення заготовок у робочій зоні гнучких виробничих модулів; знімання оброблених деталей з укладанням їх на транспортер або нагромаджу-