

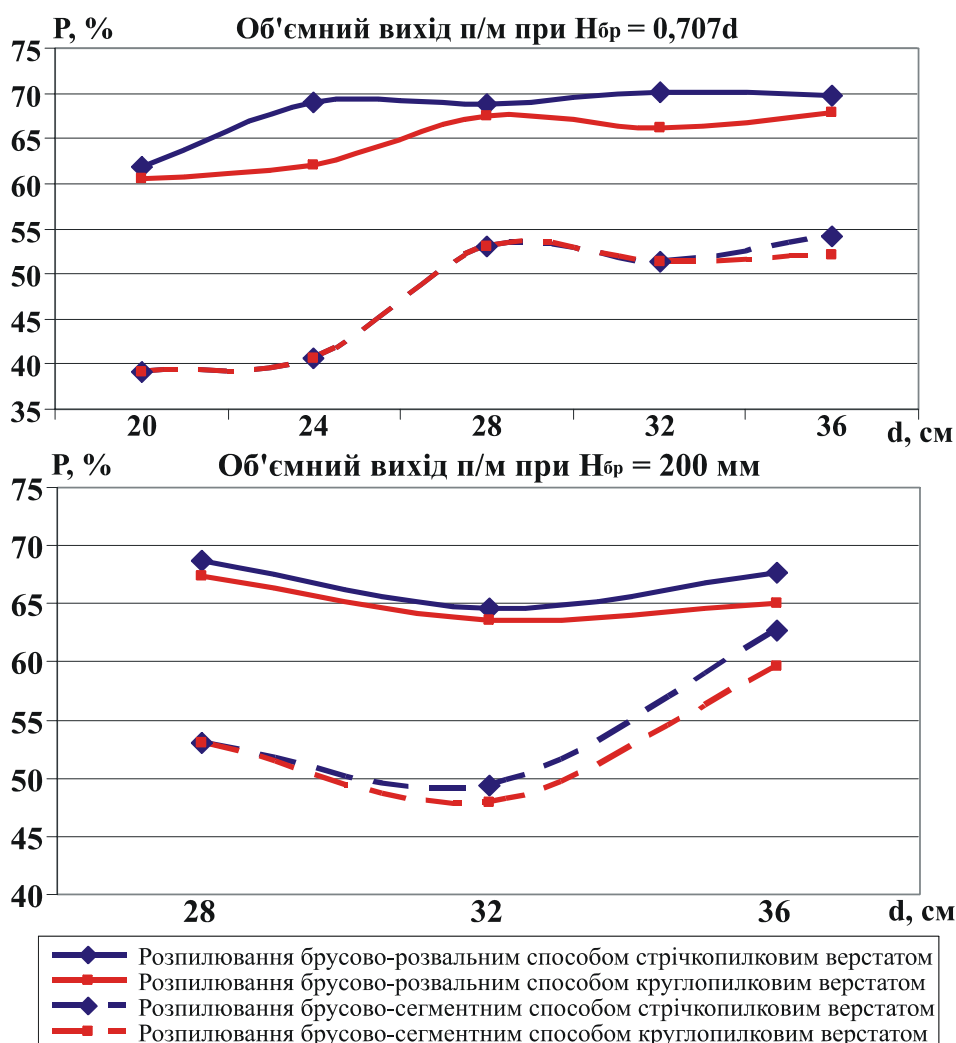


*Рис. 3.
Залежність
об'ємного виходу
пилопродукції
від діаметра і
способу розкрою
колоди та
колодо-
пиляльного
обладнання*

- Розпилювання пилової сировини на радіальну пилопродукцію – ріфт – з випилюванням бруса ($H = 0,707d$) брусом-сегментним способом необхідно починати з $d = 36$ см, тому що при менших діаметрах з бокових зон не можливо отримати радіальну продукцію стандартних розмірів.
- Випилювати брус, призначений на будівництво котеджів для постійного проживання, необхідно з колод $d \geq 28$ см.

Література

1. Аксенов П.П. Теоретические основы раскря пиловочного сырья. – М.: Гослесбумиздат, 1960. – 216 с.
2. Выбор и эксплуатация распиловочного оборудования. – Кировоград: Астра, 2003. – 88 с.
3. www.stankomir.ru (станом на 24.07.2007).
4. www.ntboat.com (станом на 24.07.2007).

УДК 674.09

Доц. Ю.І. Грицюк, канд. техн. наук;
аспір. С.І. Яцишин – НЛТУ України, м. Львів

ЩОДО МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВИДУ ВИПИЛЯНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Запропоновано методику обчислення значення кутів радіальності пиломатеріалів у будь-якій точці впродовж ширин їх торців внаслідок розкрою колод хвойних порід розвальню-сегментним способом, яка відрізняється від наявних тим, що у ній враховано еліптичність поперечного перерізу колоди упродовж усієї її довжини.

*Assist. prof. Yu.I. Gryciuk; postgraduate S.I. Yacyshyn –
NUFWT of Ukraine, L'viv*

In relation to method of determination to the type of cut outing saw-timbers

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.

1. Стан питання

Відомо [6, ст. 3], за видом випилювання пиломатеріали поділяють на радіальні, напіврадіальні (напівтангентальні) та тангентальні, різниця між якими полягає тільки у їх властивостях. Зокрема, радіальні пиломатеріали мають високі резонансні властивості та малу здатність до короблення, водночас як тангентальні – чудові оздоблювальні якості, насамперед, декоративну текстуру. Позаяк різні види виробництв використовують пиломатеріали певних властивостей, то основне їхнє завдання полягає у підвищенні їх об'ємного виходу з одиниці розкросеного об'єму сировини. В умовах дефіциту деревини та зростання її обсягів використання це питання є актуальним, має важливе як науково-технічне, так і народногосподарське значення.

У роботі [2] розглянуто особливості методики визначення виду пиломатеріалів, отриманих внаслідок розкрою колод хвойних порід розвальним способом. Авторами запропоновано нові способи визначення радіальності пиломатеріалів, зокрема, за заданою часткою радіальності, а також за кутом між дотичною до річних кілець на середині товщини внутрішньої крайки відземкового торця та площиною пиломатеріалу. Як на наш погляд, ця робота має суто практичне значення, позаяк наведені способи стосуються переважно потреб реального виробництва. Відносно наукового плану, то тут наведено відому з [4, ст. 38] методику вимірювання кута радіальності пиломатеріалів посередині товщини та ширини торця дошки, яка стосується колод хвойних порід з колом у поперечному перерізі, що є одним з її недоліків.

Таким чином, базуючись на отриманих результатах дослідження [2], у цій роботі пропонуємо деякі наукові доробки, які продовжують дослідження у цій області знань. А саме, загалом розглянемо методику визначення виду пиломатеріалів, отриманих внаслідок розкрою колод хвойних порід розвально-сегментним способом. Для кожної з частин колоди, з яких випилюють необрізні та однобічно обрізні пиломатеріали, наведемо відповідні розрахункові схеми, математичні формулювання та конкретні результати розрахунку. У цій методиці на відміну від прийнятого традиційного допущення, що у поперечному перерізі будь-якої колоди упродовж її довжини є коло, розглянемо загальний випадок, згідно з яким еліпс – одна з найпоширеніших форм її поперечного перерізу. Пізніше зупинимось також на випадку зміщення осей торця колоди відносно осей схеми розкрою, що також часто трапляється у виробничій практиці. Розгляд усіх цих питань має важливе значення, насамперед, для проведення теоретичних досліджень з метою розроблення рекомендацій виробництву щодо прогнозування об'ємного виходу того чи іншого виду пиломатеріалів. Окрім того, згодом за результатами числових експери-

ментів, а також статистичного їх оброблення, необхідно розробити пропозиції щодо внесення деяких змін у наявні нормативні документи, насамперед ті, які стосуються об'ємного виходу пиломатеріалів певного виду, а також нормування їх витрат. Тобто це питання є актуальним як для сьогоденних потреб виробництва, так і для проведення подальших наукових досліджень.

2. Методика визначення виду выпиляних 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; відсутнє 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

Поділ пиломатеріалів за видом выпилювання залежить від розміщення їх площин відносно річних кілець. Наприклад, у радіальних пиломатеріалів площини розміщені переважно паралельно радіусам річних кілець, або перпендикулярно дотичним до них. Якщо ж площини розміщено паралельно дотичним до річних кілець, або перпендикулярно їх радіусам, то такі пиломатеріали є тангентальними. З роботи [4] відомо, що кут радіальності пиломатеріалів ($60 \div 90^\circ$) визначають між дотичною до річних кілець на середині товщини торця дошки та прямою, яку проводять посередині її ширини. Кут між дотичною до крайнього річного кільця, яку проводять на крайці відземкового торця дошки, та внутрішньою її площиною, називають кутом тангентальності пиломатеріалів ($0 \div 30^\circ$). З цих позицій ми і будемо виходити під час обчислення значень відповідних показників

Внаслідок розкрою колод хвойних порід на радіальні пиломатеріали розвальню-сегментним способом отримані необрізні дошки представимо у вигляді рис. 1, а однобічно обрізні дошки – рис. 2. На цих рисунках наведено позначення відповідних функцій, які описують прийняті нами допущення. З урахуванням цих функцій та відповідних позначень процес визначення виду пиломатеріалів, выпиляних відповідно з розвальної та сегментних частин колоди, зводиться до обчислення у певному місці значення кута β між дотичною до річного кільця та прямою, паралельною площинам дошки.

Для виконання відповідних розрахунків за твірну зовнішнього контура поперечного перерізу колоди упродовж усієї її довжини приймемо еліпс, який у загальному випадку описується таким канонічним рівнянням

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

де: a^e , b^e – відповідно горизонтальна і вертикальна півосі еліпса; x , y – поточні значення відповідних координат. Цю особливість зовнішнього контура поперечного перерізу колоди збережемо в усіх подальших розрахунках, бо за-

мість еліпса можна підставити будь-яку іншу криву, наприклад, описану квадратичними чи кубічними сплайнами [5], а методика обчислення значення кута радіальності залишиться тією ж самою.

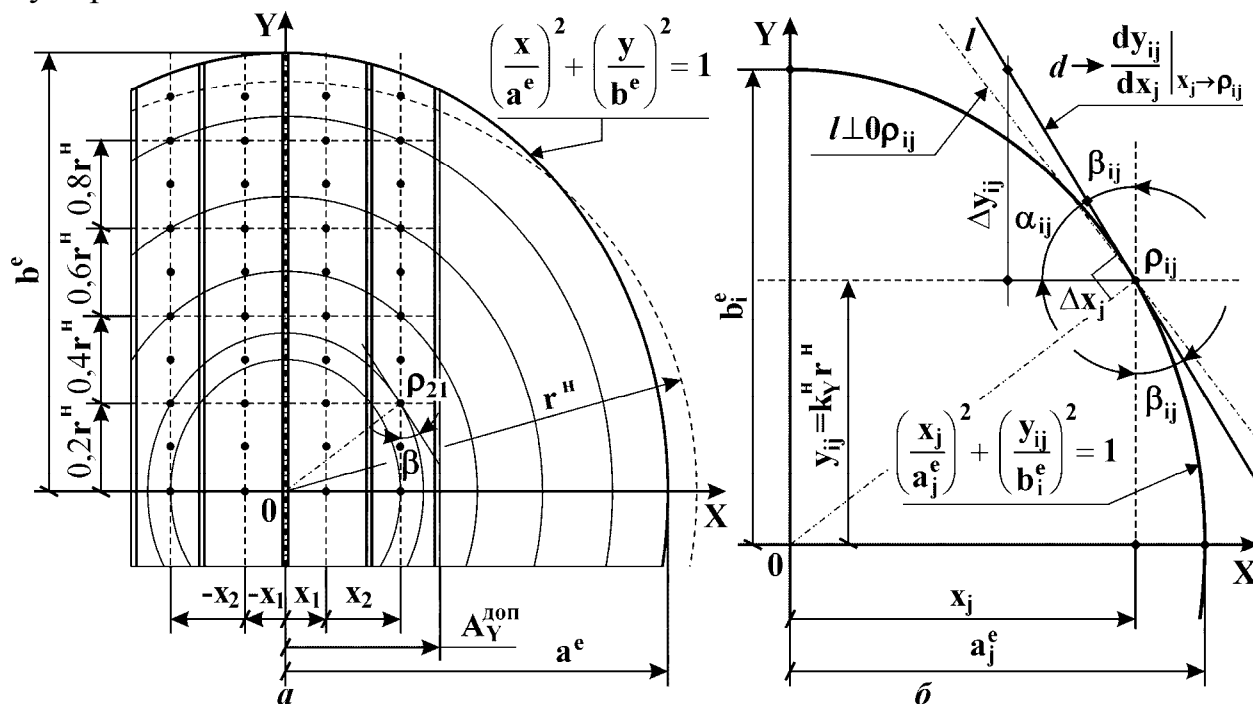


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення виду пиломатеріалів, випиляних з розвальної частини колоди: а – загальний вигляд; б – обчислення значення кута β між дотичною до річного кільця та прямою, паралельною площинам дошки

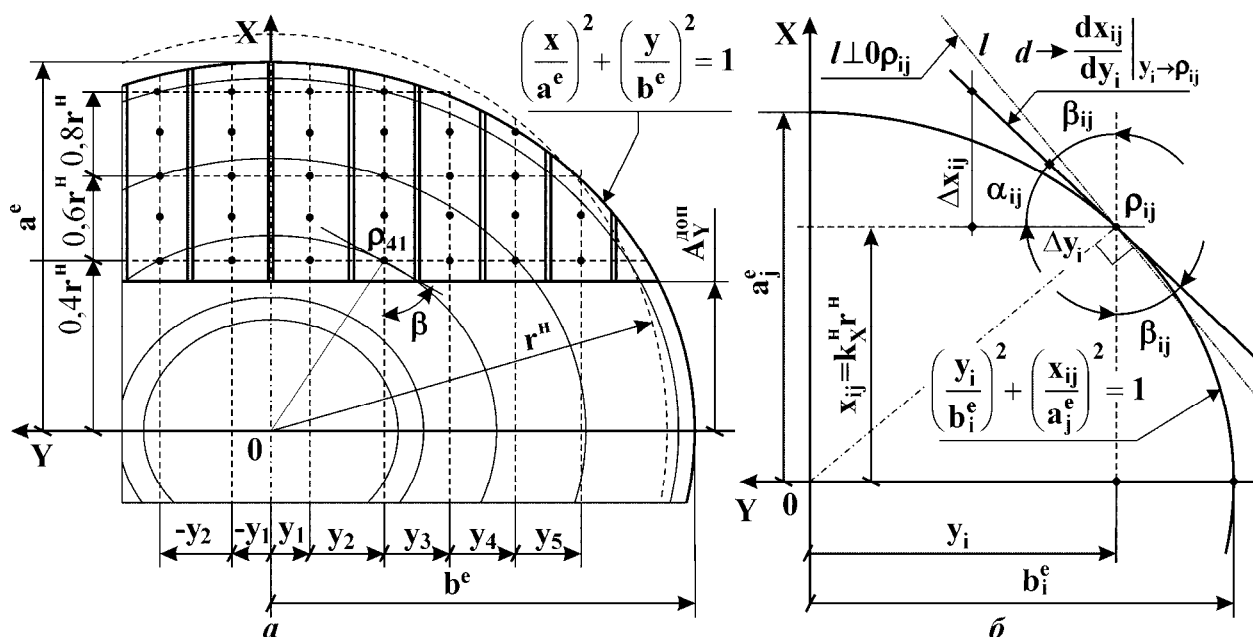


Рис. 2. Розрахункова схема для визначення виду пиломатеріалів, випиляних із сегментних частин колоди: а – загальний вигляд; б – обчислення значення кута β між дотичною до річного кільця та прямою, паралельною площинам дошки

Необхідно зазначити, що, згідно з теорією розкрою колод на пиломатеріали розвальним чи брусово-розвальним способом, для збільшення ширин необрізних дощок (випиляних з розвальної частини колоди) чи кількості обрізних дощок (випиляних з брусової частини колоди), колоди в лісопильне обладнання подають більшим діаметром вертикально. Проте, під час вико-

ристання розвальню-сегментного способу розкрою, навпаки, колоди в лісо-
пильне обладнання необхідно подавати більшим діаметром горизонтально.

Під час виконання проектних чи перевірних розрахунків переважно за-
дають номінальний діаметр верхнього торця колоди (d^n) і коефіцієнт еліптич-
ності ($k^e = b^e/a^e$) її поперечного перерізу, значення якого змінюється у межах
від 0.85 до 1.15. Хоча за даними багатьох дослідників [7], для колод хвойних
порід така еліптичність трапляється надзвичайно рідко, проте, з метою наоч-
ності, саме ці значення ми використаємо у подальших наших розрахунках. От-
же, якщо задано діаметр колоди і коефіцієнт її еліптичності, то значення гори-
зонтальної та вертикальної півосей еліпса визначають за такими формулами:

$$a^e = \frac{d^n}{2} \cdot k_X; \quad b^e = \frac{d^n}{2} \cdot k_Y, \quad (2)$$

де $k_Y = \frac{2 \cdot k^e}{1 + k^e}$ і $k_X = 2 - k_Y$ – перетворювальні коефіцієнти по осях координат.

Наприклад, якщо задано $d^n = 440$ мм, $k^e = 1.15$, то $a^e = 204.65$ мм, а $b^e =$
235.35 мм. Водночас, якщо $k^e = 0.85$, то $a^e = 237.84$ мм, а $b^e = 202.16$ мм, що
дещо відрізняється від попереднього результату (а мало б збігатися ?...).

2.2. Розкрій розвальню частини колоди на необрізні пиломатеріали

Як уже зазначалось вище, радіальність випиляних пиломатеріалів виз-
начається шляхом вимірювання кута між дотичною до річних кілець та пря-
мою, яку проводять посередині товщини та ширини торця дошки паралельно її
площинам. Однак таке визначення, як показано у роботі [2], є суперечливим,
особливо це стосується розвальню частини колоди, оскільки отримані з неї не-
обрізні пиломатеріали переважно є змішаного випилювання. Авторами цієї ро-
боти також доказано, що кут між дотичною до річного кільця та прямою, яка
проходить на середині товщини дошки, змінюється від зовнішньої до внут-
рішньої її крайки впродовж усієї ширини. Зазвичай на зовнішній крайці кут
буде близьким до 90° , а на внутрішній – дорівнюватиме 0° . Спробуємо переві-
рити достовірність цього твердження для колод хвойних порід, у поперечному
перерізі яких є коло та еліпс з різними коефіцієнтами еліптичності.

Виходячи з того, що ми проводимо не натурні експерименти, а тільки
підготовку до їх виконання, то для обчислення значення кута радіальності
пиломатеріалів у будь-якій точці посередині їх торців, випиляних з розваль-
ню частини колоди, уважно розглянемо рис. 1, а. Оскільки річне кільце будь-
якого поперечного перерізу колоди – це не що інше як зменшена твірна зов-
нішнього його контура, то у загальному випадку будь-яке річне кільце (рис. 1, б)
можна описати канонічним рівнянням еліпса

$$\left(\frac{x_j}{a_j^e} \right)^2 + \left(\frac{y_{ij}}{b_i^e} \right)^2 = 1, \quad i \in m_{Y,j}^p; \quad j \in n_X^p, \quad (3)$$

де: a_j^e , b_i^e – відповідно j -та горизонтальна та i -та вертикальна півосі річного
кільця; x_j , y_{ij} – конкретні значення координат точки, у якій обчислюють зна-

чення кута радіальності дошки; $m_{Y,j}^p$, n_X^p – кількість розрахункових точок відповідно по осях координат OX і OY , які стосуються розвальної частини колоди.

З рис. 1, б видно, що значення горизонтальної півосі річного кільця з урахуванням (3) можна обчислити за такою формулою, мм

$$a_j^e = \pm \frac{x_j}{\sqrt{1 - \left(\frac{y_{ij}}{b_i^e}\right)^2}}, i \in m_{Y,j}^p; j \in n_X^p. \quad (4)$$

Оскільки $b_i^e = a_j^e \cdot k^e$, то, підставивши його у (4), отримаємо, мм

$$a_j^e = \pm \sqrt{x_j^2 + \left(\frac{y_{ij}}{k^e}\right)^2}, i \in m_{Y,j}^p; j \in n_X^p. \quad (5)$$

Зв'язок між i -им значенням вертикальної координати y_{ij} у точці p_{ij} , для якої визначають кут радіальності дошки, та параметрами річного кільця (3), має такий вигляд

$$y_{ij} = \pm b_i^e \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x_j}{a_j^e}\right)^2}, i \in m_{Y,j}^p; j \in n_X^p. \quad (6)$$

З рис. 1, б видно, що пряма $d \neq l$, тобто вона є не що інше, як дотична до поверхні річного кільця поперечного перерізу колоди у точці p_{ij} , тобто значенням $\tan \alpha_{ij} = \Delta y_{ij} / \Delta x_j$ у цій точці, або похідною dy_{ij} / dx_j у ній, яку з урахуванням (6) можна визначити за такою формулою

$$\left. \frac{dy_{ij}}{dx_j} \right|_{x_j \rightarrow p_{ij}} = - \frac{b_i^e}{(a_j^e)^2} \cdot \frac{x_j}{\sqrt{1 - \left(\frac{x_j}{a_j^e}\right)^2}}, i \in m_{Y,j}^p; j \in n_X^p. \quad (7)$$

Підставивши у виразі (7) замість b_i^e значення $a_j^e \cdot k^e$, отримаємо

$$\left. \frac{dy_{ij}}{dx_j} \right|_{x_j \rightarrow p_{ij}} = - \frac{k^e}{a_j^e} \cdot \frac{x_j}{\sqrt{1 - \left(\frac{x_j}{a_j^e}\right)^2}}, i \in m_{Y,j}^p; j \in n_X^p. \quad (8)$$

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

$$\beta_{ij} = 90^\circ - |\alpha_{ij}| = 90^\circ - \left| \arctg \left(\frac{dy_{ij}}{dx_j} \right) \right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi}, i \in m_{Y,j}^p; j \in n_X^p. \quad (9)$$

Розглянемо конкретний приклад.

Приклад 1. Діаметр верхнього торця колоди становить $d^n = 440$ мм. Колоду розпилюють розвальню-сегментним способом на радіальні пиломатеріали, товщина

яких становить 40 і 32 мм, товщина пропилу – 2.8 мм. Необхідно обчислити значення кутів радіальності для торців кожної з дощок у точках, які знаходяться на прямих, проведених посередині їх товщини впродовж ширини з кроком $\Delta d'' = 0.1 \cdot d''/2$.

У наведених нижче таблицях і відповідних графіках відображено результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди, для різних значень коефіцієнта еліптичності колоди: $k^e=1.15$ – табл. 1; $k^e=1.00$ – табл. 2; $k^e=0.85$ – табл. 3. У цих таблицях значення координат точок p_{ij} по осі абсцис становлять:

$$x_1 = (1.4 + 43.4)/2 = 22.4 \text{ мм, де: } 1.4 = 0 + 2.8/2 \text{ мм; } 43.4 = 1.4 + 40.0 + 2.0 \text{ мм;}$$

$$x_2 = (46.2 + 79.8)/2 = 63.0 \text{ мм, де: } 46.2 = 43.4 + 2.8 \text{ мм; } 79.8 = 46.2 + 32.0 + 1.6 \text{ мм.}$$

Табл. 1. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди: $d''=440$ мм; $k^e=1.15$; $a^e=204.65$ мм; $b^e=235.35$ мм

Значення по осі ординат		Значення координат точок p_{ij} по осі абсцис							
		$-x_2 = -63,0$ мм		$-x_1 = -22,4$ мм		$x_1 = 22,4$ мм		$x_2 = 63,0$ мм	
частка	y_i , мм	град.	dy_{i2}/dx_2	град.	dy_{i1}/dx_1	dy_{i1}/dx_1	град.	dy_{i2}/dx_2	град.
0,0· $d''/2$	0,0	0,00	∞	0,00	∞	$-\infty$	0,00	$-\infty$	0,00
0,1· $d''/2$	22,0	14,79	3,79	36,60	1,35	1,35	36,60	3,79	14,79
0,2· $d''/2$	44,0	27,84	1,89	56,05	0,67	0,67	56,05	1,89	27,84
0,3· $d''/2$	66,0	38,38	1,26	65,83	0,45	0,45	65,83	1,26	38,38
0,4· $d''/2$	88,0	46,57	0,95	71,39	0,34	0,34	71,39	0,95	46,57
0,5· $d''/2$	110,0	52,86	0,76	74,93	0,27	0,27	74,93	0,76	52,86
0,6· $d''/2$	132,0	57,74	0,63	77,35	0,22	0,22	77,35	0,63	57,74
0,7· $d''/2$	154,0	61,59	0,54	79,11	0,19	0,19	79,11	0,54	61,59
0,8· $d''/2$	176,0	64,67	0,47	80,45	0,17	0,17	80,45	0,47	64,67
0,9· $d''/2$	198,0	67,18	0,42	81,49	0,15	0,15	81,49	0,42	67,18

Табл. 2. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди: $d''=440$ мм; $k^e=1.00$; $a^e=220.00$ мм; $b^e=220.00$ мм

Значення по осі ординат		Значення координат точок p_{ij} по осі абсцис							
		$-x_2 = -63,0$ мм		$-x_1 = -22,4$ мм		$x_1 = 22,4$ мм		$x_2 = 63,0$ мм	
частка	y_i , мм	град.	dy_{i2}/dx_2	град.	dy_{i1}/dx_1	dy_{i1}/dx_1	град.	dy_{i2}/dx_2	град.
0,0· $d''/2$	0,0	0,00	∞	0,00	∞	$-\infty$	0,00	$-\infty$	0,00
0,1· $d''/2$	22,0	19,25	2,86	44,48	1,02	1,02	44,48	2,86	19,25
0,2· $d''/2$	44,0	34,93	1,43	63,02	0,51	0,51	63,02	1,43	34,93
0,3· $d''/2$	66,0	46,33	0,95	71,25	0,34	0,34	71,25	0,95	46,33
0,4· $d''/2$	88,0	54,40	0,72	75,72	0,25	0,25	75,72	0,72	54,40
0,5· $d''/2$	110,0	60,20	0,57	78,49	0,20	0,20	78,49	0,57	60,20
0,6· $d''/2$	132,0	64,49	0,48	80,37	0,17	0,17	80,37	0,48	64,49
0,7· $d''/2$	154,0	67,75	0,41	81,72	0,15	0,15	81,72	0,41	67,75
0,8· $d''/2$	176,0	70,30	0,36	82,75	0,13	0,13	82,75	0,36	70,30
0,9· $d''/2$	198,0	72,35	0,32	83,55	0,11	0,11	83,55	0,32	72,35

Примітка: згідно з (1) [1]: $\beta_{22} = \arctg(44,0/63,0) \cdot 180^\circ/\pi = 34.93^\circ$;
 $\beta_{51} = \arctg(110,0/22,4) \cdot 180^\circ/\pi = 78.49^\circ$.

Табл. 3. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди:
 $d''=440$ мм; $k^e=0.85$; $a^e=237.84$ мм; $b^e=202.16$ мм

Значення по осі ординат		Значення координат точок p_{ij} по осі абсцис							
		$-x_2 = -63,0$ мм		$-x_1 = -22,4$ мм		$x_1 = 22,4$ мм		$x_2 = 63,0$ мм	
частка	y_i , мм	град.	dy_{i2}/dx_2	град.	dy_{i1}/dx_1	dy_{i1}/dx_1	град.	dy_{i2}/dx_2	град.
$0,0 \cdot d''/2$	0,0	0,00	∞	0,00	∞	$-\infty$	0,00	$-\infty$	0,00
$0,1 \cdot d''/2$	22,0	25,80	2,07	53,66	0,74	0,74	53,66	2,07	25,80
$0,2 \cdot d''/2$	44,0	44,03	1,03	69,81	0,37	0,37	69,81	1,03	44,03
$0,3 \cdot d''/2$	66,0	55,41	0,69	76,22	0,25	0,25	76,22	0,69	55,41
$0,4 \cdot d''/2$	88,0	62,65	0,52	79,58	0,18	0,18	79,58	0,52	62,65
$0,5 \cdot d''/2$	110,0	67,52	0,41	81,63	0,15	0,15	81,63	0,41	67,52
$0,6 \cdot d''/2$	132,0	70,97	0,34	83,01	0,12	0,12	83,01	0,34	70,97
$0,7 \cdot d''/2$	154,0	73,53	0,30	84,00	0,11	0,11	84,00	0,30	73,53
$0,8 \cdot d''/2$	176,0	75,50	0,26	84,75	0,09	0,09	84,75	0,26	75,50
$0,9 \cdot d''/2$	198,0	77,05	0,23	85,33	0,08	0,08	85,33	0,23	77,05

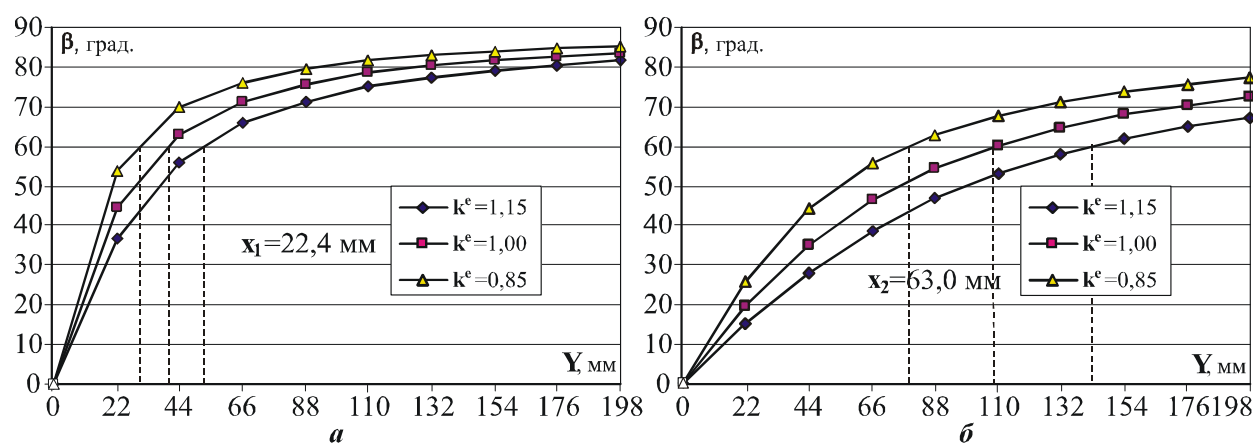


Рис. 3. Графічне подання значень кутів радіальності у різних точках посередині торців необрізних дощок, випиляних з розвальної частини колоди при різних значеннях коефіцієнта її еліптичності

Проаналізувавши дані цих таблиць та відповідних графіків, можна зробити такі попередні висновки:

- розроблено методику обчислення значень кутів радіальності необрізних пиломатеріалів, випиляних з розвальної частини колоди, яка враховує еліптичність її поперечного перерізу;
- значення кутів радіальності пиломатеріалів, випиляних з розвальної частини колоди, є меншими для діаметрів колод, еліптичність яких $k^e > 1$, і більшими – при $k^e < 1$;
- для колод хвойних порід, у поперечному перерізі яких є еліпс з різним коефіцієнтом еліптичності, кут між дотичною до річного кільця та прямою, яка проходить на середині товщини дошки, змінюється від внутрішньої до зовнішньої її крайки впродовж усієї ширини від 0° до 90° за експоненціальною залежністю з різним ступенем кривизни

$$\beta = 90^\circ - a \cdot e^{-b \cdot y + c \cdot k^e}, \text{ град.}$$

де a , b , c – відповідні емпіричні коефіцієнти.

Продовжуючи хід цих думок, можна було б стверджувати, що позаяк необрізні пиломатеріали, отримані з розвальної частини колоди, належать до

змішаного виду випилювання, то говорити про їх радіальність немає сенсу. Якщо б їх порізати хоча на одnobічно обрізні дошки певних ширин, то вже для них можна було б робити деякі висновки щодо їх радіальності. Однак такий хід думок є хибним, бо тут спостерігаються деякі цікаві закономірності зміни значень кута радіальності пиломатеріалів, які не зауважили автори роботи [2]. Для цього дещо уважніше проаналізуємо дані наведених вище таблиць, зокрема зміну значень кутів радіальності для дошки товщиною 40 мм при $x_1 = 22.4$ мм (рис. 3, а).

На відстані $0.2 \cdot d^H/2$, тобто 44.0 мм від центра торця колоди при $k^e = 1.00$ значення кута $\beta_{21} = 63.02^\circ$ з подальшим зростанням до 90° . Це значення є дещо меншим ($\beta_{21} = 56.05^\circ$) при $k^e = 1.15$ і дещо більшим ($\beta_{21} = 69.81^\circ$) при $k^e = 0.85$. Якщо з цієї першої необрізної дошки вирізати серцевину, ширина якої має бути не більшою від її товщини, то отримані вже одnobічно обрізні дошки можна було б назвати повністю радіальними пиломатеріалами, а не змішаного випилювання, як це зазначено у роботі [2].

Якщо ж уважно проаналізувати зміну значень кутів радіальності для другої дошки (рис. 3, б), тобто товщиною 32 мм, то при $x_2 = 63.0$ мм на відстані $0.5 \cdot d^H/2$ (що становить 110.0 мм) від центра торця колоди при $k^e = 1.00$, значення кута $\beta_{52} = 60.20^\circ$ з подальшим зростанням до 90° . Це значення є меншим ($\beta_{52} = 52.86^\circ$) при $k^e = 1.15$ і більшим ($\beta_{52} = 67.52^\circ$) при $k^e = 0.85$. Як бачимо, тут робити висновок про повну радіальність другої дошки, насправді, передчасно. Проте, напрошується запитання: для чого ж другу дошку випилювати з розвальної частини колоди, тобто паралельно попередній дошці? Доцільніше було б її розвернути перпендикулярно до першої дошки і випиляти першою, але вже із сегментної частини колоди. У цьому випадку цю одnobічно обрізну дошку, як і попередню, можна назвати повністю радіальним пиломатеріалом.

Тепер наступну, тобто третю, дошку треба випиляти перпендикулярно попередній, тобто паралельно першій дошці, але вже з секторної частини колоди. Потім четверту дошку треба випилювати перпендикулярно третій або паралельно другій і т.д. Зрозуміло, чим далі від центра, тим значення кута радіальності випиляних пиломатеріалів буде поступово зменшуватися. Таким чином, таке вертикально-горизонтально-вертикальне розміщення ширин дощок є не чим іншим як розвально-сегментно-кутовою схемою розкрою. Однак, щоб підтвердити гіпотезу про те, що за такою схемою розкрою можна отримати більший об'ємний вихід радіальних пиломатеріалів, необхідно, насамперед, розробити методику обчислення значень кутів радіальності пиломатеріалів, випиляних із сегментних частин колоди на одnobічно обрізні дошки, а вже потім розробити методику обчислення значень кутів радіальності пиломатеріалів для розвально-сегментно-кутової схеми розкрою.

Стосовно методики визначення конкретної ширини дошки, про яку згадувалося вище, то тут необхідно виходити з таких міркувань. Якщо для конкретної j -ої дошки задано деякий мінімальний кут радіальності $\beta_{ij}^{\min}$, то, маючи рівняння (9), можна обчислити значення y_{ij} координати точки p_{ij} , кут радіальності у якій буде дорівнювати заданому, за допомогою такого співвідношення

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

Приклад 2. Нехай для 1-ої дошки при $x_1 = 22,4$ мм задано мінімальний кут радіальності $\beta_{i1}^{\min} = 60,0^\circ$. Необхідно обчислити значення y_{i1} координати точки p_{i1} , кут радіальності у якій буде дорівнювати заданому при різних коефіцієнтах еліптичності поперечного перерізу колоди. Потрібно також обчислити відповідні ширини однобічно обрізних дощок.

Шукане значення y_{i1} координати точки p_{i1} , у якій значення кута радіальності буде дорівнювати заданому, можна визначити за допомогою такого співвідношення

$$90^\circ - \left| \arctg \left(\frac{dy_{i1}}{dx_1} \right) \right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi} - \beta_{ij}^{\min} = 0.0^\circ \Rightarrow 30^\circ - \left| \arctg \left(\frac{dy_{i1}}{dx_1} \right) \right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = 0.0^\circ.$$

Для розв'язання цього нелінійного рівняння доцільно використати числові методи [1], які у процесі розв'язання не використовують похідних, наприклад метод дихотомії, метод з використанням послідовності чисел Фібоначчі, метод золотого перерізу та ін.

Внаслідок розв'язання цього нелінійного рівняння з'ясовано, що при заданому мінімальному значенні кута радіальності $\beta_{i1}^{\min} = 60,0^\circ$ і $k^e = 1,15$ шукане значення $y_{i1} = 51.31$ мм, при $k^e = 1,0$ значення $y_{i1} = 38.80$ мм, а при $k^e = 0,85$ значення $y_{i1} = 28.03$ мм (рис. 3, а). Як бачимо, чим менша еліптичність поперечного перерізу колоди, тим менше значення y_{i1} координати точки p_{i1} , мінімальний кут радіальності у якій буде дорівнювати заданому. Аналогічно можна провести розрахунки і для 2-ої дошки при $x_2 = 63.0$ мм (рис. 3, б).

Тепер, маючи конкретні значення y_{i1} та обчисливши за формулою (6) половину ширини необрізної дошки, можна визначити ширину однобічно обрізної дошки, для якої усі значення кутів радіальності будуть більшими від 60° . Зрозуміло, чим менша еліптичність поперечного перерізу колоди, тим менше значення y_{i1} координати точки p_{i1} , мінімальний кут радіальності у якій дорівнюватиме заданому, тим ширшими будуть однобічно обрізні дошки.

З цього твердження напрошується така гіпотеза. Як на нашу думку, наведене у роботі [4] правило вимірювання кута радіальності є не зовсім вірним, бо його значення визначають тільки у одній точці, тобто воно є диференціальним показником. Проводити замір кута радіальності тільки у одній точці не можна, бо його значення, як показано на рис. 3, впродовж ширини дошки змінюється не рівномірно, а за експоненціальною залежністю.

Ми вважаємо, що доцільно значення кута радіальності обчислювати як інтегральний показник. Тобто впродовж ширини дошки, нехай на середині її товщини, потрібно вибрати декілька точок з деяким рівномірним кроком (наприклад, через 10 мм, якщо ширина дошки до 100 мм, і через 20 мм – більше 100 мм), починаючи від центра колоди чи з обрізної кромки. У цих точках необхідно обчислити відповідні значення кутів радіальності та знайти середнє їх значення. Якщо ж використати нерівномірні кроки (цьому мають бути відповідні пояснення) – то усереднене значення кута радіальності. Вва-

жаємо, що такий інтегральний показник більш адекватно відображатиме вид випилюваного пиломатеріалу.

2.3. Розкрій сегментних частин колоди на односторонньо обрізні пиломатеріали

Для обчислення значення кута радіальності пиломатеріалів у будь-якій точці посередині їх торця, випиляних із сегментних частин колоди, уважно розглянемо рис. 2, а. Як і для розвальної частини колоди, так і для сегментних частин річне кільце будь-якого її поперечного перерізу (рис. 2, б) у загальному випадку можна описати канонічним рівнянням еліпса

$$\left(\frac{y_i}{b_i^e}\right)^2 + \left(\frac{x_{ij}}{a_j^e}\right)^2 = 1, j \in n_{X,i}^e; i \in m_Y^e, \quad (10)$$

де: b_i^e , a_j^e – відповідно i -та горизонтальна та j -та вертикальна півосі річного кільця; y_i , x_{ij} – конкретні значення координат точки, у якій обчислюють значення кута радіальності дошки; m_Y^e , $n_{X,i}^e$ – кількість розрахункових точок відповідно по осях координат OY і OX , які стосуються сегментних частин колоди.

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

$$b_i^e = \pm \frac{y_i}{\sqrt{1 - \left(\frac{x_{ij}}{a_j^e}\right)^2}}, j \in n_{X,i}^e; i \in m_Y^e. \quad (11)$$

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

$$b_i^e = \pm \sqrt{(k^e \cdot x_{ij})^2 + y_i^2}, j \in n_{X,i}^e; i \in m_Y^e. \quad (12)$$

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

$$x_{ij} = \pm a_j^e \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{y_i}{b_i^e}\right)^2}, j \in n_{X,i}^e; i \in m_Y^e. \quad (13)$$

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

$$\left. \frac{dx_{ij}}{dy_i} \right|_{y_i \rightarrow p_{ij}} = - \frac{a_j^e}{(b_i^e)^2} \cdot \frac{y_i}{\sqrt{1 - \left(\frac{y_i}{b_i^e}\right)^2}}, j \in n_{X,i}^e; i \in m_Y^e. \quad (14)$$

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

$$\left. \frac{dx_{ij}}{dy_i} \right|_{y_i \rightarrow p_{ij}} = -\frac{1}{k^e \cdot b_i^e} \cdot \frac{y_i}{\sqrt{1 - \left(\frac{y_i}{b_i^e} \right)^2}}, j \in n_{X,i}^e; i \in m_Y^e. \quad (15)$$

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

$$\beta_{ij} = 90^\circ - |\alpha_{ij}| = 90^\circ - \left| \arctg \left(\frac{dx_{ij}}{dy_i} \right) \right| \cdot \frac{180^\circ}{\pi}, j \in n_{X,i}^e; i \in m_Y^e. \quad (16)$$

Розглянемо конкретний приклад.

Приклад 3. Діаметр верхнього торця колоди становить $d^H = 440$ мм. Колоду розпилюють розвальню-сегментним способом на радіальні пиломатеріали, товщина яких становить 40 і 32 мм, товщина пропилу – 2.8 мм. Необхідно обчислити значення кутів радіальності для торців кожної з дощок у точках, які знаходяться на прямих, проведених посередині їх товщини впродовж ширини з кроком $\Delta d^H = 0.1 \cdot d^H / 2$.

У наведених нижче таблицях і відповідних графіках відображено результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців однобічно обрізних дощок, випиляних із сегментних частин колоди, для різних значень коефіцієнта еліптичності: $k^e=1.15$ – табл. 4; $k^e=1.00$ – табл. 5; $k^e=0.85$ – табл. 6.

Табл. 4. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців однобічно обрізних дощок, випиляних із сегментних частин колоди: $r^H=220$ мм; $k^e=1.15$; $a^e=204.65$ мм; $b^e=235.35$ мм; $A_Y^{don}=82.60$ мм

Значення по осі абсцис		Значення координат точок p_{ij} по осі ординат, мм											
		$y_1 = 22,4$		$y_2 = 63,0$		$y_3 = 99,4$		$y_4 = 135,8$		$y_5 = 172,2$		$y_6 = 208,6$	
частка	x_j , мм	$\frac{dx_{1j}}{dy_1}$	град.	$\frac{dx_{2j}}{dy_2}$	град.	$\frac{dx_{3j}}{dy_3}$	град.	$\frac{dx_{4j}}{dy_4}$	град.	$\frac{dx_{5j}}{dy_5}$	град.	$\frac{dx_{6j}}{dy_6}$	град.
$0,38 \cdot r^H$	82,6	-0,21	78,41	-0,58	60,03	-0,91	47,70	-1,24	38,81	-1,58	32,39	-1,91	27,64
$0,5 \cdot r^H$	110,0	-0,15	81,25	-0,43	66,58	-0,68	55,66	-0,93	46,97	-1,18	40,19	---	---
$0,6 \cdot r^H$	132,0	-0,13	82,69	-0,36	70,16	-0,57	60,34	-0,78	52,12	-0,99	45,39	---	---
$0,7 \cdot r^H$	154,0	-0,11	83,72	-0,31	72,81	-0,49	63,99	-0,67	56,31	---	---	---	---
$0,8 \cdot r^H$	176,0	-0,10	84,50	-0,27	74,85	-0,43	66,88	---	---	---	---	---	---
$0,9 \cdot r^H$	198,0	-0,09	85,11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Проаналізувавши дані цих таблиць та відповідних графіків, можна зробити такі попередні висновки:

- розроблено методику обчислення значень кутів радіальності однобічно обрізних пиломатеріалів, випиляних із сегментних частин колоди, яка враховує еліптичність її поперечного перерізу;
- значення кутів радіальності пиломатеріалів, випиляних із сегментних частин колоди, є більшими для діаметрів колод, еліптичність яких $k^e > 1$, і меншими – при $k^e < 1$;
- для колод хвойних порід, у поперечному перерізі яких є еліпс з різним коефіцієнтом еліптичності, кут між дотичною до річного кільця та прямою, яка проходить на середині товщини дошки, змінюється від внутрішньої до зовнішньої її крайки впродовж усієї ширини від 40° до 90° за експоненціальною залежністю з різним ступенем кривизни.

Табл. 5. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців однобічно обрізних дощок, випиляних із сегментних частин колоди: $r^H=220$ мм; $k^e=1.00$; $a^e=220.00$ мм; $b^e=220.00$ мм; $A_Y^{don}=82.60$ мм

Значення по осі абсцис		Значення координат точок p_{ij} по осі ординат, мм											
		$y_1 = 22,4$		$y_2 = 63,0$		$y_3 = 99,4$		$y_4 = 135,8$		$y_5 = 172,2$		$y_6 = 208,6$	
частка	x_j , мм	$\frac{dx_{1j}}{dy_1}$	град.	$\frac{dx_{2j}}{dy_2}$	град.	$\frac{dx_{3j}}{dy_3}$	град.	$\frac{dx_{4j}}{dy_4}$	град.	$\frac{dx_{5j}}{dy_5}$	град.	$\frac{dx_{6j}}{dy_6}$	град.
$0,38 \cdot r^H$	82,6	-0,27	74,83	-0,76	52,67	-1,20	39,73	-1,64	31,31	-2,08	25,63	---	---
$0,5 \cdot r^H$	110,0	-0,20	78,49	-0,57	60,20	-0,90	47,90	-1,23	39,01	-1,57	32,57	---	---
$0,6 \cdot r^H$	132,0	-0,17	80,37	-0,48	64,49	-0,75	53,02	-1,03	44,19	-1,30	37,47	---	---
$0,7 \cdot r^H$	154,0	-0,15	81,72	-0,41	67,75	-0,65	57,16	-0,88	48,59	---	---	---	---
$0,8 \cdot r^H$	176,0	-0,13	82,75	-0,36	70,30	-0,56	60,54	---	---	---	---	---	---
$0,9 \cdot r^H$	198,0	-0,11	83,55	-0,32	72,35	---	---	---	---	---	---	---	---

Примітка: згідно з (1) [1]: $\beta_{52} = \arctg(110,0/63,0) \cdot 180^\circ/\pi = 60.20^\circ$;
 $\beta_{83} = \arctg(176,0/99,4) \cdot 180^\circ/\pi = 60.54^\circ$.

Табл. 6. Результати обчислення значень кутів радіальності у різних точках посередині торців однобічно обрізних дощок, випиляних із сегментних частин колоди: $r^H=220$ мм; $k^e=0.85$; $a^e=237.84$ мм; $b^e=202.16$ мм; $A_Y^{don}=82.60$ мм

Значення по осі абсцис		Значення координат точок p_{ij} по осі ординат, мм											
		$y_1 = 22,4$		$y_2 = 63,0$		$y_3 = 99,4$		$y_4 = 135,8$		$y_5 = 172,2$		$y_6 = 208,6$	
частка	x_j , мм	$\frac{dx_{1j}}{dy_1}$	град.	$\frac{dx_{2j}}{dy_2}$	град.	$\frac{dx_{3j}}{dy_3}$	град.	$\frac{dx_{4j}}{dy_4}$	град.	$\frac{dx_{5j}}{dy_5}$	град.	$\frac{dx_{6j}}{dy_6}$	град.
$0,38 \cdot r^H$	82,6	-0,38	69,43	-1,06	43,45	-1,67	30,98	-2,28	23,72	-2,86	19,11	---	---
$0,5 \cdot r^H$	110,0	-0,28	74,26	-0,79	51,60	-1,25	38,64	-1,71	30,34	-2,17	24,77	---	---
$0,6 \cdot r^H$	132,0	-0,23	76,78	-0,66	56,55	-1,04	43,81	-1,42	35,08	---	---	---	---
$0,7 \cdot r^H$	154,0	-0,20	78,62	-0,57	60,48	-0,89	48,22	-1,22	39,33	---	---	---	---
$0,8 \cdot r^H$	176,0	-0,18	80,01	-0,50	63,64	-0,78	51,99	-1,07	43,12	---	---	---	---
$0,9 \cdot r^H$	198,0	-0,16	81,10	-0,44	66,23	-0,69	55,21	---	---	---	---	---	---

Висновки

1. Розроблено методику обчислення значень кутів радіальності пиломатеріалів у будь-якій точці впродовж ширини їх торців внаслідок розкрою колод хвойних порід розвальню-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; відсутнє горизонтальне і вертикальне зміщення верхнього торця колоди відносно відповідних осей координат схеми розкрою; вісь довжини колоди є паралельною відповідній осі системи координат.

2. Розроблена методика визначення конкретної ширини дошки, у якій мінімальне значення кута радіальності буде не менше заданого (нормативного), дає змогу для будь-якого пиломатеріалу, випиляного з довільного місця розвальню чи сегментної частини колоди, з достатньою точністю встановити його вид, а також обчислити інтегральне значення кута радіальності.

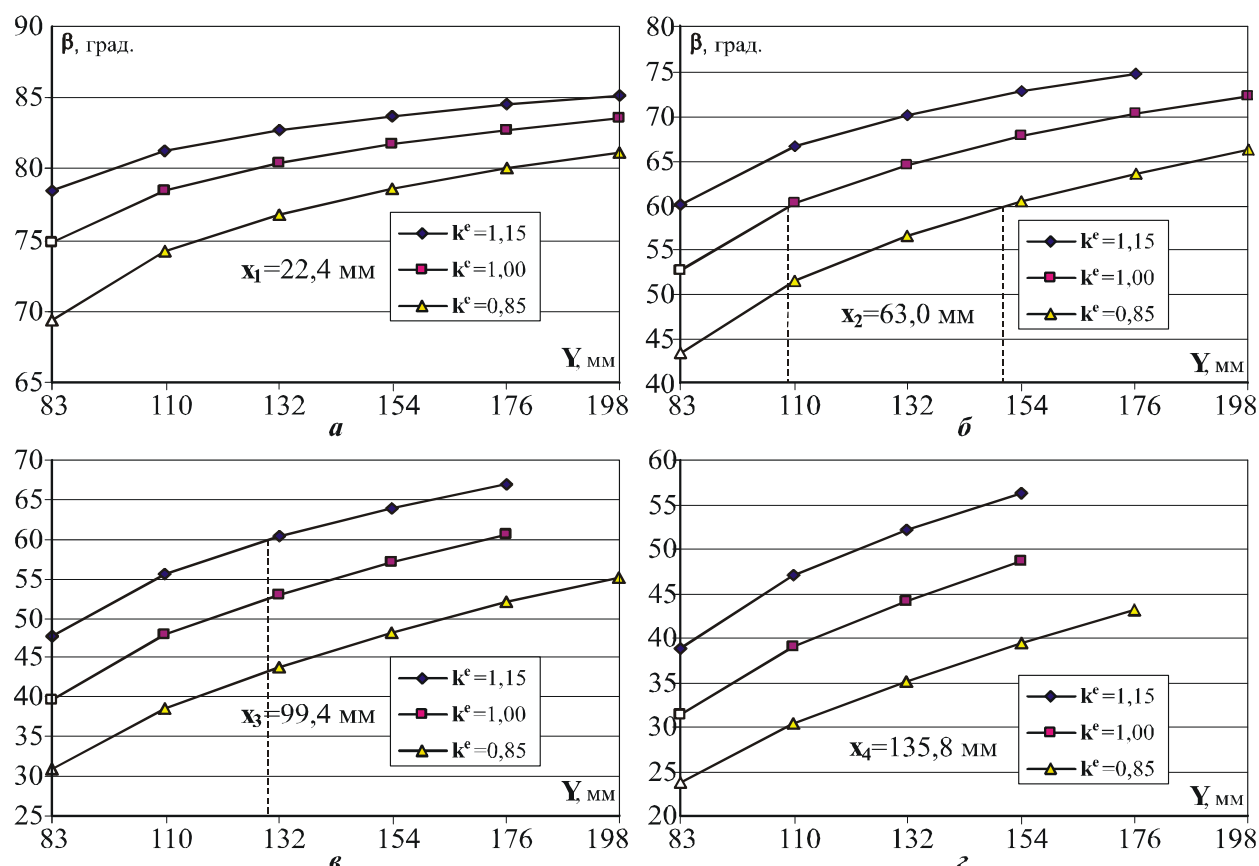


Рис. 4. Графічне подання значень кутів радіальності/тангентальності у різних точках посередині торців односторонньо обрізаних дощок, випиляних із сегментних частин колоди при різних значеннях коефіцієнта її еліптичності

3. Запропоновано новий спосіб обчислення значення кута радіальності пиломатеріалів, який відрізняється від наявного тим, що є показником інтегральним – середнім чи усередненим значенням, а не диференціальним, тобто точковим. Причина в тому, що значення кутів радіальності впродовж ширини дошки змінюється не рівномірно, а параболічній кривій з різним кутом кривизни. Інтегральний показник більш адекватно відображає вид випилюваного пиломатеріалу.

Література

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – 13-е изд., испр. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 544 с.
2. Миськів Є.М., Маєвський В.О., Максимів В.М. Особливості методики визначення виду розпилювання пиломатеріалів// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.3. – С. 116-121.
3. Пижурич А.А., Розенблит М.С. Исследование процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.
4. Справочник по лесопилению/ Варфоломеев Ю.А., Дружинин И.С., Дьячков В.П. и др./ Под ред. А.М. Копейкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Экология, 1991. – 496 с.
5. Яковлев М.К. Совершенствование учёта и раскря круглых лесоматериалов на основе метода индивидуальных моделей: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.21.05/ Белор. гос. технол. ун-тет. – Минск, 1995. – 19 с.
6. ДСТУ EN 844-3:2004 Лісоматеріали круглі та пиломатеріали. Терміни та визначення понять. Частина 3. Загальні поняття щодо пиломатеріалів. (EN 844-3:1995, IDT). – 12 с.
7. Генсірук С.А., Нижник М.С., Копій Л.І. Ліси західного регіону України. – Львів: УкрДЛТУ, 1998. – 407 с.