

Ефименко Л.И., Тиханский М.П., Маринич И.А. Диагностика технического состояния основных узлов ленточного конвейера

Применение надежных и высокоэффективных мероприятий технической диагностики может значительно повысить эффективность работы ленточного конвейера. Поэтому назрела необходимость создания и модернизации моделей диагностики, которые совмещают существующие методы определения технического состояния основных узлов и конвейера в целом. В связи с этим в работе рассмотрены существующие ныне методы диагностики технического состояния основных элементов ленточных конвейеров, особенно – метод диагностики технического состояния трансмиссии с приводным двигателем основанный на анализе вибропараметров. Определено, какие недостатки и положительные факторы имеются у каждого из методов, предложены наиболее оптимальные из вибрационных параметров.

Ключевые слова: техническая диагностика, ленточный конвейер, виброанализ, система управления.

Yefimenko L.I., Tyhtanskyi M.P., Marynych I.A. The Diagnostics of the Technical State of the Basic Knots of a Band Conveyor

The use of robust and reliable measures of technical diagnostics can greatly improve the efficiency of the conveyor belt. It is necessary to build and modernize diagnostic model combining existing methods for determining the technical state of the main components and the assembly line as a whole. In this work the existing diagnostic methods of technical state of the main elements of belt conveyors. The particular method of diagnosis of the technical state of the transmission drive motor is based on an analysis of vibration parameters. The advantages and disadvantages of each method are identified. The most optimal methods are offered.

Key words: technical diagnostics, belt conveyor, vibration analysis, control system.

УДК 691.11:674.8:531.717.8

Аспір. І.О. Кійко¹ – НЛТУ України, м. Львів

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ЛІНІЙНИХ РОЗМІРІВ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МЕБЛЕВОГО ЩИТА НА ВІДХИЛЕННЯ У НАПРЯМКАХ ВЗДОВЖ І ПОПЕРЕК ВОЛОКОН

У процесі досліджень отримано регресійні моделі з визначення відхилень від площинності у напрямках А (вздовж волокон) і Б (поперек волокон) залежно від лінійних розмірів структурних елементів.

Побудовано математичну модель, що дає змогу встановити раціональні розміри структурних елементів меблевого щита, при яких можна досягнути мінімальної різниці величини відхилень від площинності, визначених у напрямках вздовж і поперек волокон. Здійснено порівняння випадкових величин відхилень від площинності, визначених у напрямку А і напрямку Б шляхом перевірки статистичних гіпотез про однорідність дисперсій та однорідність середніх та встановлення наявності кореляційного зв'язку.

Ключові слова: меблевий щит із відходів деревини; відхилення від площинності, визначені в напрямках вздовж і поперек волокон; лінійні розміри структурних елементів.

Стан питання. Запропоновано конструкцію і технологічний процес виготовлення меблевого щита з кускових відходів деревини вільхи, накопичених у процесі деревооброблення [1-3].

Попередніми дослідженнями також встановлено [3], що зміна величини лінійних розмірів структурних елементів меблевого щита здійснює істотний вплив на величину відхилення такого щита від площинності, причому згідно з

результатами експериментальних досліджень існують певні відмінності щодо величини відхилень від площинності, визначені у двох різних напрямках – вздовж (напрямок А) і поперек (напрямок Б) волокон.

Завданнями досліджень, що представлені у цій роботі, були такі:

1. Отримати регресійні моделі з визначення відхилень від площинності в напрямках А і Б залежно від лінійних розмірів структурних елементів та проаналізувати їх, встановивши певні закономірності та здійснивши оптимізацію.
2. Побудувати математичну модель, що дасть змогу встановити раціональні розміри структурних елементів меблевого щита, при яких можна досягнути мінімальної різниці величини відхилень від площинності, визначених у напрямках вздовж і поперек волокон.
3. Порівняти випадкові величини відхилень від площинності, визначених у напрямку А і напрямку Б шляхом перевірки статистичних гіпотез про однорідність дисперсій та однорідність середніх та встановлення наявності кореляційного зв'язку.

Методика досліджень. У процесі досліджень реалізовано три різних експерименти у вигляді В-планів, доповнених додатковими дослідженнями у центрі плану:

- експеримент із вивчення впливу довжини і ширини структурних елементів меблевого щита, виготовленого з кускових відходів деревини вільхи на відхилення від площинності, визначене в напрямку вздовж волокон (табл. 1);
- експеримент із вивчення впливу довжини і ширини структурних елементів меблевого щита, виготовленого з кускових відходів деревини вільхи на відхилення від площинності, визначене у напрямку поперек волокон (табл. 2);
- експеримент із вивчення впливу довжини і ширини структурних елементів меблевого щита, виготовленого з кускових відходів деревини вільхи на різницю відхилень від площинності, визначених у напрямку вздовж і поперек волокон (табл. 3).

Табл. 1. Матриця планування експериментальних досліджень із вивчення впливу довжини і ширини структурних елементів меблевих щитів, виготовлених із кускових відходів на відхилення від площинності, визначене в напрямку вздовж волокон

№ з/п	Вхідні фактори				Функція мети	
	нормалізовані значення		натуральні значення		експериментальне значення $Y_{\text{експ}}$	розрахункове значення $Y_{\text{розрах}}$
	X_1	X_2	L , мм	B , мм		
1	2	3	4	5	6	7
1	-	+	40	60	0,297	0,315
2	-	-	40	40	0,144	0,135
3	+	-	60	40	0,102	0,099
4	+	+	60	60	0,011	0,035
5	0	-	50	40	0,127	0,139
6	0	+	50	60	0,239	0,197
7	-	0	40	50	0,226	0,216
8	+	0	60	50	0,079	0,058
9	0	0	50	50	0,128	0,158

З метою реалізації експериментальних досліджень виготовлено дев'ять типорозмірів експериментальних зразків меблевих щитів із відходів масивної вільхи.

3. Технологія та устаткування лісовиробничого комплексу

¹ Наук. керівник: проф. В.М. Максимів, д-р техн. наук

деревини вільхи (табл. 1-3) розміром 300×300 мм. Вимірювання відхилення від площинності здійснювалось за допомогою числового індикатора ИЧЦ (3)-25-0,01 (точність вимірювання 0,001 мм). Дані зчитувались за допомогою програмного забезпечення фірми МІКРОТЕХ (Україна) типу УИС-Р1-СОМ та передавались у середовище Microsoft Excel для запису й оброблення. Заміри знімались з експериментальних зразків меблевих щитів у двох напрямках (напрямок вздовж волокон – напрямок А; напрямок поперек волокон – напрямок Б). У кожному з напрямків меблевого щита вимірювання проводились за 6-ма умовними лініями. Внаслідок вимірювань на кожній лінії фіксувалось від 300 до 360 точок. Таким чином за результатами одного вимірювання отримувалась вибірка сукупність обсягом від 1800 до 2160 (6×(300-360)). За експериментальне значення відхилення від площинності приймалось середнє значення цієї вибіркової сукупності.

Табл. 2. Матриця планування експериментальних досліджень із вивчення впливу довжини і ширини структурних елементів меблевих щитів, виготовлених із кускових відходів на відхилення від площинності, визначене в напрямку поперек волокон

№ з/п	Вхідні фактори				Функція мети	
	нормалізовані значення		натуральні значення		експериментальне значення $Y_{експ}$	розрахункове значення $Y_{розн}$
	X_1	X_2	L , мм	B , мм		
1	2	3	4	5	6	7
1	-	+	40	60	0,368	0,356
2	-	-	40	40	0,373	0,379
3	+	-	60	40	0,152	0,157
4	+	+	60	60	0,334	0,322
5	0	-	50	40	0,076	0,065
6	0	+	50	60	0,113	0,136
7	-	0	40	50	0,261	0,267
8	+	0	60	50	0,132	0,139
9	0	0	50	50	0,014	0,0003

Табл. 3. Матриця планування експериментальних досліджень із вивчення впливу довжини і ширини структурних елементів меблевих щитів, виготовлених із кускових відходів на різницю відхилень від площинності, визначених у напрямку вздовж і поперек волокон

№ з/п	Вхідні фактори				Функція мети	
	нормалізовані значення		натуральні значення		експериментальне значення $Y_{експ}$	розрахункове значення $Y_{розн}$
	X_1	X_2	L , мм	B , мм		
1	2	3	4	5	6	7
1	-	+	40	60	0,071	0,043
2	-	-	40	40	0,229	0,195
3	+	-	60	40	0,050	0,062
4	+	+	60	60	0,324	0,343
5	0	-	50	40	0,050	0,072
6	0	+	50	60	0,126	0,136
7	-	0	40	50	0,034	0,096
8	+	0	60	50	0,211	0,180
9	0	0	50	50	0,114	0,082

Експериментальне значення функції відгуку (табл. 1, 2) отримано як різницю середніх значень вибірок, отриманих за результатами першого і останнього вимірювання (за абсолютною величиною), причому перше вимірювання здійснювалось орієнтовно після двох тижнів від моменту виготовлення експериментального зразка меблевого щита, а останнє вимірювання визначалось незмінністю стріли прогину (вимірювання стріли прогину не продовжувалось у випадку, якщо величина стріли прогину останнього вимірювання відрізнялась від попереднього не більше ніж на 5 %). У здійсненому експерименті проведено чотири серії вимірювань і значення стріли прогину (табл. 1, 2), визначене як різниця між першим і четвертим дослідом. Дані стовпця 6 у табл. 3 отримано як різницю даних аналогічних стовпців табл. 1 і 2, взятих за абсолютною величиною.

У процесі досліджень також перевірялись статистичні гіпотези про однорідність дисперсій і однорідність середніх двох вибірових сукупностей – відхилення від площинності, визначене в напрямку вздовж волокон (вибірка 1) та поперек волокон (вибірка 2). Вибіркові сукупності отримано усередненням результатів шести умовних ліній кожного з напрямків.

Перевірку статистичної гіпотези про однорідність двох дисперсій здійснено у такому порядку. Для двох вибірок обсягами N_1 та N_2 обчислено їхні дисперсії S_1^2 та S_2^2 ($N_1 = N_2 = 355$). Обчислено розрахункове значення критерію Фішера як відношення більшої дисперсії до меншої:

$$F_{розн} = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \text{ якщо } S_1^2 > S_2^2. \quad (1)$$

Із таблиць розподілу Фішера за вибраними рівнем значущості q і числом ступенів волі f_1 та f_2 знайдено табличне значення критерію $F_{табл}$.

Порівняно величини розрахункового і табличного критеріїв. Якщо $F_{розн} < F_{табл}$, то вибіркові дисперсії S_1^2 та S_2^2 потрібно вважати однорідними, а в іншому випадку – різницю між дисперсіями можна вважати значущою.

Перевірка однорідності середніх проводилась таким чином:

Обчислено середні значення вибірок $\bar{y}_1$ та $\bar{y}_2$ і їхні дисперсії S_1^2 та S_2^2 .

Обчислено розрахункове значення критерію Стюдента:

$$t_{розн} = \frac{|\bar{y}_1 - \bar{y}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2}{N_1} + \frac{S_2^2}{N_2}}}. \quad (2)$$

Із таблиць розподілу Стюдента за прийнятим рівнем значущості q і числом ступенів волі $f=N_1+N_2-2$ знайдено табличне значення критерію $t_{табл}$.

Порівняно величини розрахункового і табличного критеріїв. Якщо $t_{розн} < t_{табл}$, то приймалась гіпотеза про однорідність середніх. В іншому випадку – зроблено висновок про значущу різницю між середніми двома вибірками.

Встановлено також наявність кореляційного зв'язку між величиною відхилення від площинності, визначеного у двох напрямках: вздовж і поперек волокон. Наявність цього зв'язку встановлено за допомогою коефіцієнта кореляції. Вибірковий коефіцієнт кореляції r розраховано з виразу (3), попередньо обчисливши середні значення вибірок $\bar{y}_1$ ($y_1=S_1$) та $\bar{y}_2$ ($y_2=S_2$), їхні дисперсії S_1^2 та S_2^2 та середні квадратичні відхилення S_1 та S_2 .

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{1i} - \bar{y}_1) \cdot (y_{2i} - \bar{y}_2)}{(N-1) \cdot S_1 \cdot S_2} \quad (3)$$

Для встановлення факту некорельованості величин обчислено значення розрахункового критерію Стюдента:

$$t_{розр} = |r| \cdot \sqrt{\frac{N-2}{1-r^2}} \quad (4)$$

Обчислене значення $t_{розр}$ порівняно з табличним значенням критерію Стюдента $t_{табл}$, яке вибрано для рівня значущості q і числа ступенів волі $f=N-2$. Якщо $t_{розр} < t_{табл}$, то приймалась гіпотеза про некорельованість випадкових величин. Якщо ж $t_{розр} > t_{табл}$, то потрібно вважати, що вибірковий коефіцієнт кореляції значущо відрізняється від нуля, тобто між двома випадковими величинами існує лінійний статистичний зв'язок.

Результати досліджень. Внаслідок оброблення даних експерименту отримано два рівняння регресії другого порядку для визначення відхилення від площинності, визначеного у напрямку вздовж (5) і поперек волокон (6) залежно від лінійних розмірів структурних елементів:

$$S_l = -1,420 + 0,0439 \cdot L + 0,024 \cdot B - 0,0006 \cdot L \cdot B - 0,0002 \cdot L^2 + 0,00009 \cdot B^2 \quad (5)$$

$$S_b = -8,902 - 0,233 \cdot L - 0,120 \cdot B + 0,0004 \cdot L \cdot B + 0,002 \cdot L^2 + 0,001 \cdot B^2 \quad (6)$$

Графічну інтерпретацію отриманих регресійних залежностей представлено на рис. 1-6.

Як видно з рис. 1, збільшення довжини структурного елемента призводить до зменшення відхилення, що визначене в напрямку вздовж волокон. Характер впливу довжини структурного елемента на відхилення від площинності меблевого щита, визначеного в напрямку поперек волокон, дає змогу констатувати наявність нелінійної залежності (рис. 4), причому збільшення довжини структурного елемента від 40 до 50 мм спричиняє зростання величини S_b , а подальше збільшення величини L від 50 до 60 мм – навпаки, призводить до зменшення цього відхилення (рис. 4). У процесі попередніх досліджень встановлено залежність впливу довжини структурного елемента L на усереднене відхилення меблевого щита від площинності S , визначене як середнє значення відхилень від площинності в напрямку вздовж (S_l) і поперек (S_b) волокон [3]. Згідно із цим дослідженням, залежність $S = f(L)$ можна характеризувати деякою нелінійністю (незначне збільшення величини S у процесі збільшення L від 56 до 60 мм), але загалом, з певною імовірністю, простежується результуюча наявність зменшення величини S у процесі збільшення величини L . Отже, логічно, що характер залежності $S = f(L)$ є результатом сумісного впливу залежностей $S_l = f(L)$ та $S_b = f(L)$, причому перша з них спричиняє результуючу обернену залежність, а друга – незначну нелінійність. Загалом можна констатувати, що характер залежності усередненого відхилення від довжини структурного елемента ($S = f(L)$) переважно визначається видом залежності $S_l = f(L)$, тобто домінуючим можна вважати вплив довжини структурного елемента на відхилення меблевого щита від площинності саме в напрямку вздовж волокон.

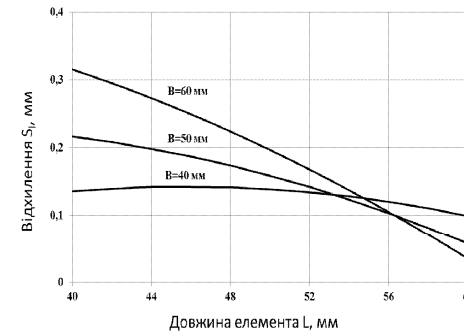


Рис. 1. Залежність відхилення вздовж волокон S_l (від площинності) меблевого щита від довжини структурного елемента L

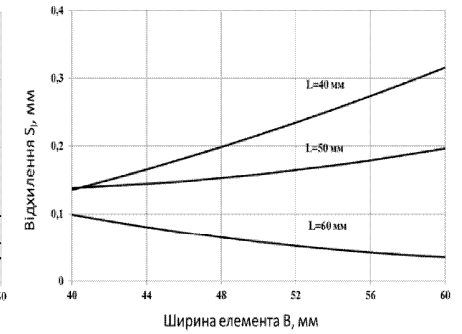


Рис. 2. Залежність відхилення вздовж волокон S_l (від площинності) меблевого щита від ширини структурного елемента B

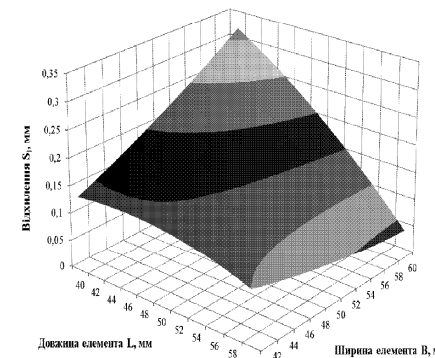


Рис. 3. Залежність відхилення вздовж волокон S_l (від площинності) меблевого щита від лінійних розмірів структурного елемента

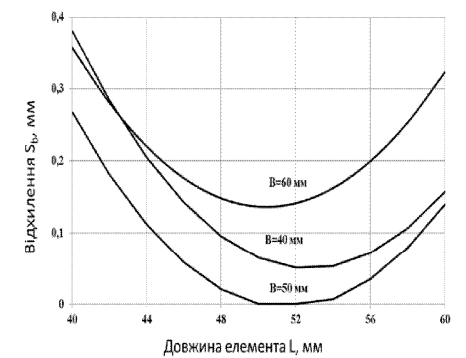


Рис. 4. Залежність відхилення поперек волокон S_b (від площинності) меблевого щита від довжини структурного елемента L

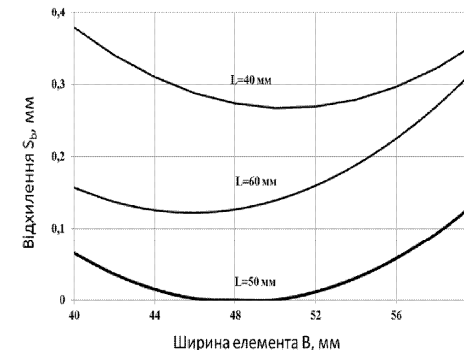


Рис. 5. Залежність відхилення поперек волокон S_b (від площинності) меблевого щита від ширини структурного елемента B

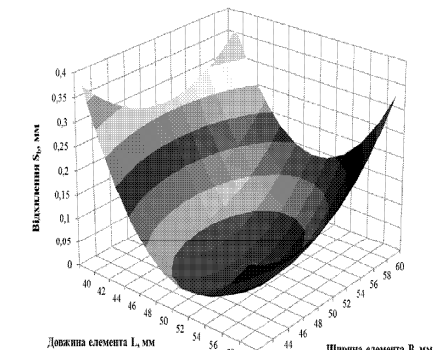


Рис. 6. Залежність відхилення поперек волокон S_b (від площинності) меблевого щита від лінійних розмірів структурного елемента

Залежності впливу ширини структурного елемента на відхилення меблевого щита від площинності в напрямку вздовж і поперек волокон представлено на рис. 2 та 5. Як видно з рис. 2, збільшення ширини структурного елемента меблевого щита призводить до збільшення відхилення від площинності, визначеного в напрямку вздовж волокон тільки для певних значень довжини структурного елемента ($L = 40$ мм та $L = 50$ мм). При $L = 60$ мм спостерігається зворотна залежність.

Залежність впливу ширини структурного елемента на величину відхилення від площинності, визначеного в напрямку поперек волокон, також є нелінійною (рис. 5), причому збільшення величини B в інтервалі від 40 до 48 (50) мм призводить до зменшення величини S_b , а подальше збільшення ширини до 60 мм – навпаки, спричиняє збільшення величини відхилення меблевого щита від площинності, визначеного в напрямку поперек волокон (рис. 5).

Якщо брати до уваги проведені раніше дослідження із встановлення характеру залежності усередненого відхилення від площинності меблевого щита залежно від ширини структурного елемента [3], то можна зробити такий висновок – характер залежності $S = f(B)$ є результатом сумісного впливу залежностей $S_l = f(B)$ та $S_b = f(B)$, але домінуючим у цьому випадку можна вважати вплив ширини структурного елемента на відхилення меблевого щита від площинності саме в напрямку поперек волокон. Отже, для залежності $S = f(L)$ вирішальною є залежність $S_l = f(L)$, тоді як для залежності $S = f(B)$ – залежність $S_b = f(B)$, або іншими словами: зміна довжини структурного елемента здебільшого впливає на відхилення від площинності, визначене в напрямку вздовж волокон, а зміна ширини цього елемента – на відхилення від площинності, визначене в напрямку поперек волокон.

За результатами експерименту також здійснено оптимізацію за допомогою градієнтного методу, внаслідок якої виявлено, що мінімальне значення стріли прогину $S_{lmin} = 0,04$ мм, взятє за абсолютною величиною, можна отримати, зафіксувавши розмірні параметри структурного елемента меблевого щита таким чином: $L = 60$ мм; $B = 60$ мм (рис. 3). Для визначення відхилення від площинності поперек волокон: мінімальне значення стріли прогину $S_{bmin} = 0,009$ мм, взятє за абсолютною величиною, можна отримати, зафіксувавши розмірні параметри структурного елемента меблевого щита таким чином: $L = 52$ мм; $B = 48$ мм (рис. 6).

У процесі досліджень припущено, що різниця величин відхилень від площинності в напрямку вздовж і поперек волокон, взята за абсолютною величиною ($\Delta S = |S_l - S_b|$), деякою мірою, визначатиме формостійкість меблевого щита, виготовленого з кускових відходів, оскільки, наприклад, значна величина такої різниці призводить до появи істотних відхилень форми меблевого щита. Внаслідок експериментальних досліджень реалізовано B -план (табл. 3) і отримано рівняння регресії для визначення величини ΔS залежно від лінійних розмірів структурного елемента (7):

$$\Delta S = 4,395 - 0,106 \cdot L - 0,073 \cdot B + 0,0010 \cdot L \cdot B + 0,0005 \cdot L^2 + 0,0002 \cdot B^2. \quad (7)$$

Графічну інтерпретацію цих досліджень представлено на рис. 7-9.

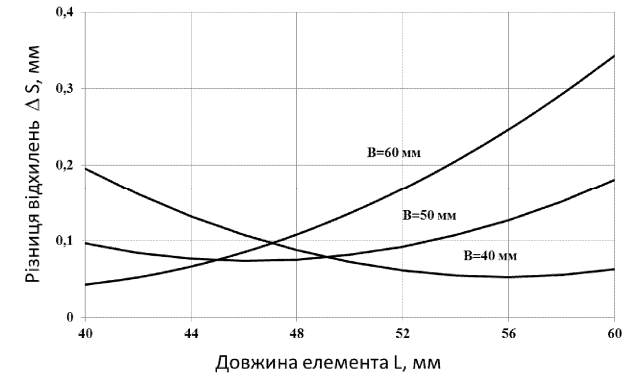


Рис. 7. Залежність різниці відхилень від площинності ΔS ($\Delta S = |S_l - S_b|$) меблевого щита від довжини структурного елемента L

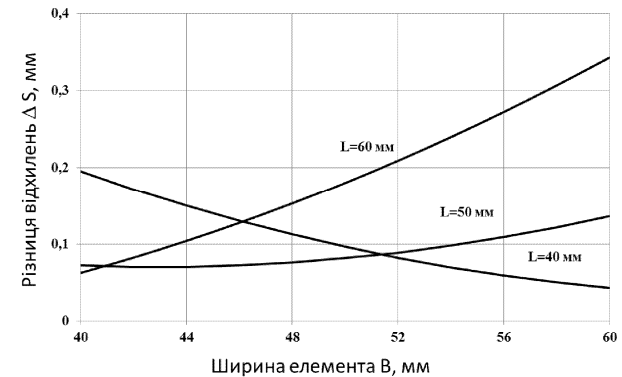


Рис. 8. Залежність різниці відхилень від площинності ΔS ($\Delta S = |S_l - S_b|$) меблевого щита від ширини структурного елемента B

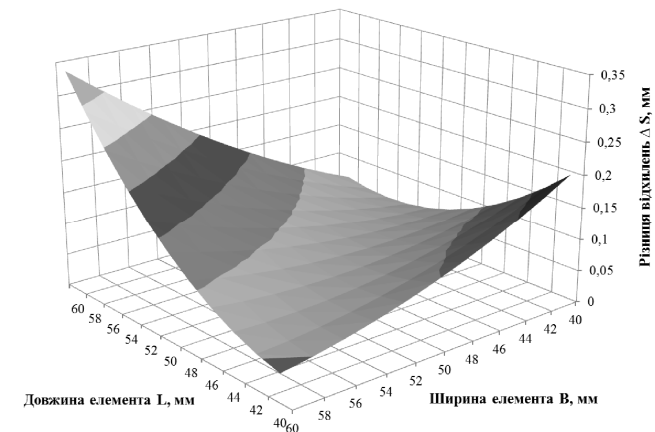


Рис. 9. Залежність різниці відхилень від площинності ΔS ($\Delta S = |S_l - S_b|$) меблевого щита від лінійних розмірів структурного елемента

Як видно з рис. 7, вплив зміни довжини структурного елемента на різницю відхилень від площинності залежить від значення ширини структурного елемента. Так, при ширині $B = 40$ мм (нижня границя інтервалу варіювання), збільшення довжини структурного елемента спричиняє зменшення величини різниці відхилень ΔS ; при $B = 50$ мм (середина інтервалу варіювання), збільшення довжини структурного елемента не призводить до істотних змін величини різниці відхилень ΔS ; при $B = 60$ мм (верхня границя інтервалу варіювання), збільшення довжини структурного елемента спричиняє також збільшення величини різниці відхилень ΔS (рис. 7).

Характер зміни величини різниці відхилень ΔS залежно від ширини структурного елемента є подібним до попереднього випадку, оскільки визначається величиною довжини структурного елемента L . Так, при довжині $L = 40$ мм, збільшення ширини структурного елемента спричиняє зменшення величини різниці відхилень ΔS ; при $L = 50$ мм, збільшення ширини структурного елемента не призводить до істотних змін величини різниці відхилень ΔS ; при $L = 60$ мм, збільшення ширини структурного елемента спричиняє також збільшення величини різниці відхилень ΔS (рис. 8).

За результатами експерименту також здійснено оптимізацію за допомогою градієнтного методу, внаслідок якої виявлено, що мінімальне значення різниці відхилень $\Delta S_{\min} = 0,004$ мм, взяте за абсолютною величиною, можна отримати, зафіксувавши розмірні параметри структурного елемента меблевого щита таким чином: $L = 40$ мм; $B = 60$ мм (рис. 9).

Логічно припустити, що відхилення від площинності меблевих щитів із кускових деревних відходів, визначені як у напрямку вздовж волокон, так і в напрямку поперек волокон, можна вважати випадковими величинами, оскільки значення цих величин неможливо передбачити. У цьому випадку важливо здійснити статистичне порівняння цих двох випадкових величин.

На рис. 10 представлено відхилення від площинності меблевих щитів, виготовлених із кускових відходів деревини вільхи, причому такі відхилення визначено у двох напрямках: напрямку А (вздовж волокон) та напрямку Б (поперек волокон). Порівняння здійснено для дев'яти типорозмірів меблевих щитів згідно з матрицею планування (табл. 1-3). Як видно з рис. 10, для зразків №1, 2, 3, 4, 5 та 9 відхилення від площинності, визначене в напрямку поперек волокон, за абсолютною величиною є більшим за аналогічне відхилення, визначене вздовж волокон. Натомість, для експериментальних зразків № 6, 7 та 8 спостерігається зворотна картина – відхилення від площинності вздовж волокон є більшими за відхилення поперек волокон.

Різниця між усередненими значеннями відхилень від площинності, визначеними в напрямках вздовж та поперек волокон змінюється залежно від лінійних розмірів структурних елементів меблевих щитів (табл. 3 та рис. 10). Так, наприклад, максимальне значення різниці відхилень у процесі експериментальних досліджень зафіксовано для зразка № 4, а мінімальне – для експериментального зразка № 7.

Результати перевірки статистичної гіпотези про однорідність середніх двох випадкових величин (відхилення від площинності, визначені в напрямку А і напрямку Б), для яких отримано дві вибіркові сукупності, представлені у табл. 4.

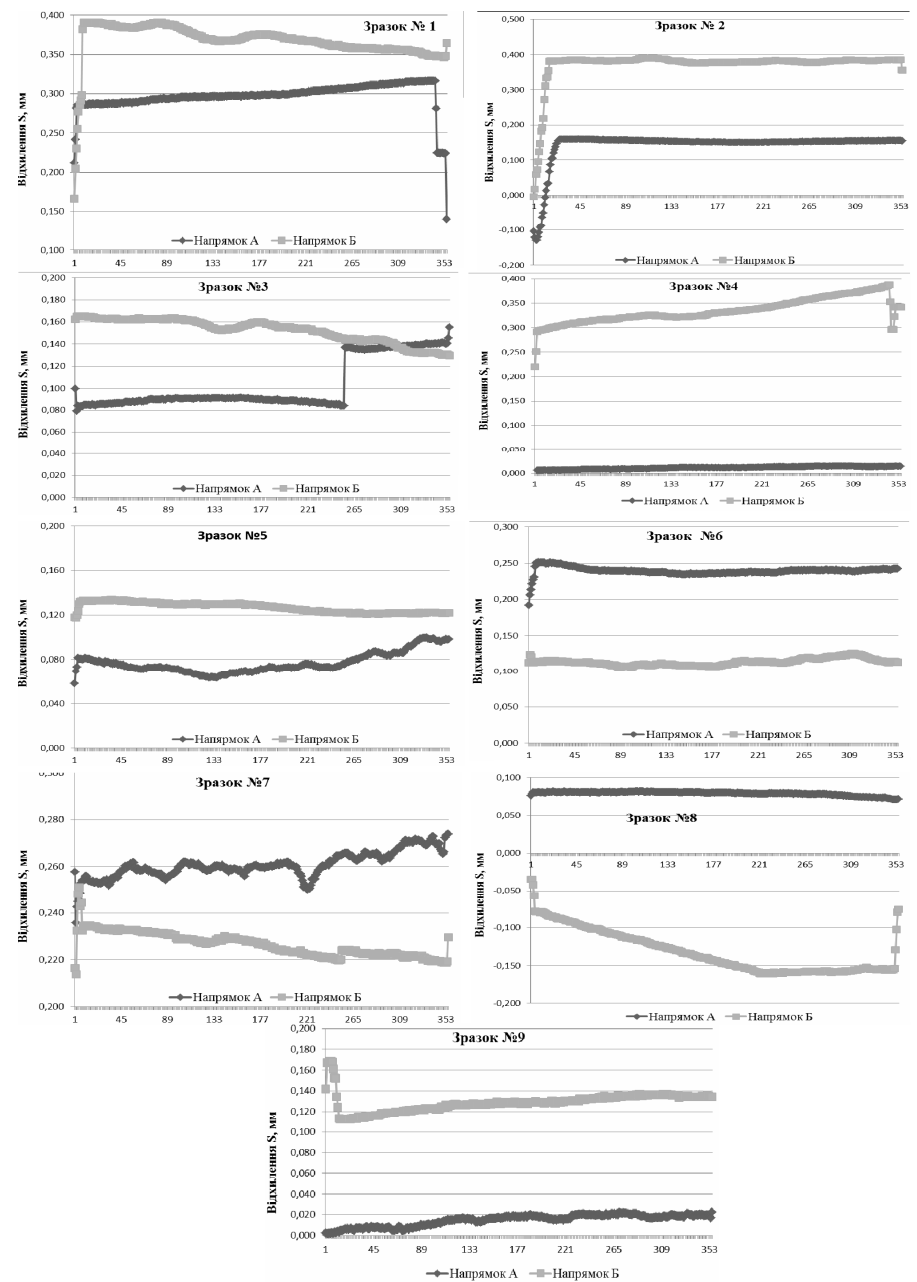


Рис. 10. Стріли прогину (відхилення S) дев'яти експериментальних зразків у напрямках: вздовж (напрямок А) і поперек (напрямок Б) волокон

Оскільки у всіх випадках розрахункове значення критерію Стюдента є більшим за табличне значення цього критерію, зроблено висновок про те, що розходження між середніми значеннями цих двох випадкових величин відхилені від площинності є значущим і ці середні значення не можна вважати однорідними. Результати перевірки статистичної гіпотези про однорідність дисперсій (табл. 5) засвідчили, що різниця між вибірковими середніми двох випадкових величинами відхилені від площинності в різних напрямках є значуща.

Табл. 4. Результати перевірки гіпотези про однорідність середніх двох вибірок (відхилення у поздовжньому S_L і поперечному напрямках S_B)

№ досл. зраз- ка мебл. щита	Розміри струк- турних елемен- тів мебл. щита		Середнє значення від- хилення від площин- ності S , мм		Перевірка гіпотези про однорідність серед- ніх двох вибірок (відхилення у поздовжньо- му S_l і поперечному напрямках S_b)		висновок про однорідність двох середніх
	L , мм	B , мм	у напр. вздовж воло- кон (напр. А), S_b , мм	у напр. по- перек воло- кон (напр. Б), S_b , мм	розрахункове і та- бличне значення кри- теріїв Стюдента		
					$t_{розр}$	$t_{табл}$	
1	40	60	0,297	0,368	46,2	1,96	розходження між се- редніми є значуще
2	40	40	0,144	0,373	65,5	1,96	розходження між се- редніми є значуще
3	60	40	0,102	0,152	40,0	1,96	розходження між се- редніми є значуще
4	60	60	0,011	0,334	244,5	1,96	розходження між се- редніми є значуще
5	50	40	0,127	0,076	91,3	1,96	розходження між се- редніми є значуще
6	50	60	0,239	0,113	342,0	1,96	розходження між се- редніми є значиме
7	40	50	0,226	0,261	85,9	1,96	розходження між се- редніми є значуще
8	60	50	0,079	0,132	142,1	1,96	розходження між се- редніми є значуще
9	50	50	0,128	0,014	203,0	1,96	розходження між се- редніми є значуще

Табл. 5. Результати перевірки гіпотези про однорідність дисперсій двох вибірок (відхилення у поздовжньому S_L і поперечному напрямках S_B)

№ досл. зразка мебл. щита	Розміри структурних елементів мебл. щита		Середнє значення дисперсії відхилення від площинності		Перевірка гіпотези про однорідність дисперсій двох вибірок (відхилення у поздовжньому і поперечному напрямках)		
	L, мм	B, мм	у напр. вздовж волокон (напр. А)	у напр. поперек волокон (напр. Б)	розрахункове і табличне значення критеріїв Фішера		висновок про однорідність двох дисперсій
					$F_{розр}$	$F_{табл}$	
1	40	60	0,00030	0,00050	1,63	1,00	неоднорідні
2	40	40	0,00210	0,00220	1,06	1,00	неоднорідні
3	60	40	0,00050	0,00010	4,60	1,00	неоднорідні
4	60	60	0,00001	0,00060	57,90	1,00	неоднорідні
5	50	40	0,00009	0,00002	4,40	1,00	неоднорідні
6	50	60	0,00003	0,00002	1,33	1,00	неоднорідні
7	40	50	0,00003	0,00002	1,14	1,00	неоднорідні
8	60	50	0,00001	0,00008	116,9	1,00	неоднорідні
9	50	50	0,00003	0,00010	2,60	1,00	неоднорідні

Отже, дві вибіркові сукупності (для відхилення S_L та для відхилення S_B) не належать одній генеральній сукупності й різницю між двома вибірковими середніми та двома вибірковими дисперсіями не можна пояснити наявністю випадкових помилок. Очевидно, що описана вище різниця пов'язана з впливом певних невідповідних факторів. Логічно припустити, що відхилення від площинності в напрямку вздовж волокон і відхилення від площинності в напрямку поперек волокон – це дві різних випадкові величини, що відрізняються різними характером і причинами виникнення.

Незважаючи на таку різницю, між цими двома величинами існує певний статистичний зв'язок (табл. 6), тобто за умови зміни однієї випадкової величини змінюється розподіл іншої. Як видно з табл. 6, для експериментальних зразків № 3, 5 та 7 імовірно припустити наявність лінійного зв'язку оберненого характеру (від'ємне значення вибіркового коефіцієнта кореляції) між величиною відхилення від площинності, визначеному в напрямку вздовж волокон і аналогічному відхиленню, визначеному в напрямку поперек волокон. Для інших шести експериментальних зразків можна припустити наявність прямого лінійного зв'язку, скільки значення коефіцієнта вибіркової кореляції є додатним.

Табл. 6. Результати перевірки гіпотези про наявність статистичного (кореляційного) зв'язку між двома випадковими величинами (відхиленням у поздовжньому S_L і поперечному напрямках S_B)

№ досл. зразка мебл. щита	Розміри структурних елементів мебл. щита		Значення вибіркового коефіцієнта кореляції r для двох випадкових ве- личин: відхилення від площинності в напр. вздовж волокон (напр. А) та в напр. поперек волокон (напр. Б)	Перевірка гіпотези про наявність статистич- ного (кореляційного) зв'язку між двома ви- падковими величинами (відхиленням у поз- довжньому S_j і поперечному напрямках S_b)		
	L, мм	B, мм		розрахункове і таб- личне значення кри- теріїв Стюдента		висновок про наяв- ність статистичного (кореляційного) зв'язку
				$t_{розр}$	$t_{табл}$	
1	40	60	0,10	2,00	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок
2	40	40	0,94	53,2	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок
3	60	40	-0,87	33,8	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок
4	60	60	0,85	30,2	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок
5	50	40	-0,57	13,2	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок
6	50	60	0,16	3,08	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок
7	40	50	-0,64	15,5	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок
8	60	50	0,48	10,3	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок
9	50	50	0,40	8,3	1,96	існує лінійний ста- тистичний зв'язок

Висновки:

- Отримано регресійні моделі з визначення відхилені від площинності в напрямках А (вздовж волокон) і Б (поперек волокон) залежно від лінійних розмірів структурних елементів.

2. Побудовано математичну модель, що дає змогу встановити раціональні розміри структурних елементів меблевого щита, при яких можна досягнути мінімальної різниці величини відхилень від площинності, визначених у напрямках вздовж і поперек волокон.
3. Здійснено порівняння випадкових величин відхилень від площинності, визначених у напрямку А і напрямку В шляхом перевірки статистичних гіпотез про однорідність дисперсій та однорідність середніх та встановлення наявності кореляційного зв'язку.

Література

1. Кійко І.О. Визначення ролі деревини та деревних матеріалів в меблевому виробництві на основі соціологічного дослідження / І.О. Кійко // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2013. – Вип. 39.1. – С. 113-117.
2. Kiyko I.O. Possibilities of the woodworking industry's wastes using for manufacturing of the furniture boards with improved aesthetic properties / I.O. Kiyko // Pokroky vo vyrobe a poziti lepidiel v drevopriemysle (adhesives in woodworking industry). Technical University in Zvolen (Slovakia). Proceedings of the XXI symposium. Vydavatelstvo TU Zvolen. – 2013. – С. 107-112.
3. Кійко І.О. Вплив розмірів структурних елементів клеєних щитів на їх формостійкість / І.О. Кійко // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 22.12. – С. 349-357.

Кійко І.О. Закономерности влияния линейных размеров структурных элементов мебельного щита на отклонение в направлениях вдоль и поперек волокон

В процессе исследований получены регрессионные модели по определению отклонений от плоскостности в направлениях А (вдоль волокон) и Б (поперек волокон) в зависимости от линейных размеров структурных элементов.

Построена математическая модель, которая дает возможность определить рациональные размеры структурных элементов мебельных щитов, при которых можно достичь минимальной разницы величины отклонений от плоскостности, определенных в направлениях вдоль и поперек волокон.

Проведено сравнение случайных величин отклонений от плоскостности, определенных в направлении А и направлении В путем проверки статистических гипотез об однородности дисперсий и однородности средних и установления наличия корреляционной связи.

Ключевые слова: мебельный щит из отходов древесины; отклонения от плоскостности, определены в направлениях вдоль и поперек волокон; линейные размеры структурных элементов.

Kiyko I.O. Some Regularities of the Impact of Linear Dimensions of the Structural Elements of Furniture Board on Deviation Along and Across Fibers

Regression models for determining the deviations from flatness in the direction А (along the fiber) and В (across the fiber) depending on the linear dimensions of the structural elements are obtained as the result of the research. The mathematical model that allows establishing rational dimensions of structural elements of the furniture board is designed. This model enables to achieve a minimum difference of deviations from flatness specified in the directions along and across the fibers. The comparison of random deviations from flatness is made. The deviations are defined in direction А and В direction by testing statistical hypotheses about the homogeneity of variances and homogeneity of the medium and establish the presence of correlation relations.

Key words: furniture made of solid wood waste; deviation from flatness specified in the directions along and across the grain; sizes of the structural elements.

УДК 674.023.0

Доц. М.М. Копанський, канд. техн. наук;
доц. О.О. Шепелюк, канд. техн. наук;
ст. викл. Р.Г. Салдан, канд. техн. наук. – НЛТУ України, м. Львів

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИННО-КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РІПАКОВОЇ СИРОВИНИ

Наведено результати досліджень впливу основних параметрів процесу виготовлення деревинних композиційних матеріалів із використанням відходів ріпаку на їх фізичні властивості. Показано залежності фізичних показників матеріалу від вмісту ріпаківих частинок і від вмісту клею. Проаналізовано вплив цих чинників на процес формування матеріалу. Визначено раціональну величину питомого вмісту сировини з ріпаку у вихідній композиції. Доведено можливість використання ріпаккової сировини, як альтернативної, у виробництві деревинних композиційних матеріалів, що є надзвичайно важливим для малолісних регіонів України.

Ключові слова: деревинні композиційні матеріали, стружкові плити, рослинна сировина, фізичні властивості, стебла ріпаку.

Вступ. Одним із перспективних видів рослинної сировини для виготовлення деревинних композиційних матеріалів є стебла ріпаку. Ріпак – надзвичайно цінна олійна культура, але він також може бути й одним з елементів сировинної бази у виробництві зазначених матеріалів. За хімічним складом ріпак соломка подібна до пшеничної, але має певні особливості.

Проведений аналіз останніх досліджень з використання відходів сільськогосподарського виробництва для виготовлення продукції целюлозно-паперового виробництва та виробництва ДКМ дає підстави зробити висновок про те, що, окрім пшеничної та житньої соломи, є доцільним використання з цією метою і стебел ріпаку. Із соломи ріпаку (2-6 т з гектара) можна виготовляти папір, целюлозу, картон. З одного гектара ріпаківого поля можна виготовити до 2 т паперу. Такі технології успішно застосовуються у Великобританії, Угорщині, Іспанії, Португалії. Із недеревної сировини у світі виробляють вже близько 10 % целюлози. Кількість ріпаківого соломи у 2013 р. сягає близько 5-6 млн т.

Стебла ріпаку відрізняються від соломи різних злаків підвищеною товщиною і жорсткістю, через що не набули застосування для традиційних сільськогосподарських потреб.

Об'єкт і методика досліджень. Проведено дослідження впливу основних параметрів процесу виготовлення деревинних композиційних матеріалів на їх фізичні властивості. Для плитних матеріалів визначають переважно такі фізичні властивості: водопоглинання, набрякання за товщиною і лінійне розширення із зміною вологості.

Для виконання досліджень використовувались такі матеріали:

- деревинні частинки, які використовуються у промисловому виготовленні стружкових плит;
- відходи ріпаківого сировини, виготовлені шляхом подрібнення на лопатевій дробарці, яка застосовується для подрібнення органічних матеріалів;
- смола КФ-МТ-15 (ТУ 6-06-12-88);
- затверджувач – амоній хлористий (ГОСТ 3773-72);
- вода питна (ГОСТ 2874-82);