МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО, ЛІСОВА, ПАПЕРОВА І ДЕРЕВООБРОБНА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry

МІЖВІДОМЧИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК

Виходить з 1964 р.

ВИПУСК 48

Львів – 2022

УДК 691.11. **Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість** : міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів: НЛТУ України. – 2022, вип. 48. – 88 с.

Підготовлено НЛТУ України та рекомендовано до друку Вченою Радою (протокол №11 від 29.12.22 р.).

У збірнику наукових праць «Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість» опубліковано результати наукових досліджень, в яких **висвітлено** наукові досягнення в царині лісівництва та лісознавства, лісової та паперової промисловості, їхні актуальні проблеми сьогодення, **наведено** результати досліджень у сфері екології, відтворення та покращення стану лісових ресурсів, захисту лісів, проблеми раціонального природокористування, **висвітлено** нові аспекти лісової інженерії, ресурсоощадних та екологобезпечних деревообробних та меблевих технологій. Науково-технічний збірник **призначений** для наукових працівників, викладачів закладів освіти, широкого кола фахівців у сфері деревообробних та меблевих технологій, лісівництва, економіки галузі та екології лісу, лісової інженерії та лісопромислового комплексу.

Адреса НЛТУ України: 79057, м. Львів-57, вул. Ген. Чупринки, 103
Адреса редакції: 79057, м. Львів-57, вул. Залізняка, 11
тел. : (032) 238-44-96, 238-45-04; моб. : 067-79-12-522; факс : (032) 238-44-96
e-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ; volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua
http://forest-woodworking.nltu.edu.ua/index.php/journal

Голова редакційної колегії : В.О. Маєвський, д.т.н., проф.
Заступники голови редакційної колегії :
В.В. Лавний, д.с.-г.н., проф., **С.В. Гайда**, д.т.н., проф.
Склад редколегії : В.М. Атаманюк, д.т.н., проф., **Б.Я. Бакай**, к.т.н., доц., **П.А. Бехта**, д.т.н., проф., **С.А. Гаврилюк**, к.с.-г.н., доц., **Я.В. Геник**, д.с.-г.н., проф., **І.Г. Грабар**, д.т.н., проф., **І.І. Делеган**, к.с.-г.н., доц., **С.В. Зібцев**, д.с.-г.н., проф., **О.В. Мокрицька**, к.т.н., доц., **О.А. Кійко**, д.т.н., проф., **В.В. Ковальова**, к.б.н., доц., **Р.О. Козак**, д.т.н., проф., **М.М. Король**, к.с.-г.н., доц., **Л.І. Копій**, д.с.-г.н., проф., **Г.Т. Криницький**, д.б.н., проф., **І.М. Крошний**, к.т.н., доц., **В.В. Куриляк**, к.с.-г.н., доц., **Б.Я. Кшивецький**, д.т.н., проф., **І.П. Мацях**, д.б.н., асист., **С.І. Миклуш**, д.с.-г.н., проф., **Г.Є. Ортинська**, к.т.н., доц., **Л.С. Осадчук**, д.с.-г.н., проф., **О.О. Пінчевська**, д.т.н., проф., **Б.П. Поберейко**, д.т.н., проф., **І.М. Сопушинський**, д.с.-г.н., проф., **Ю.В. Цапко**, д.т.н., проф., **О.Г. Часковський**, к.с.-г.н., доц., **Л.А. Яремчук**, д.т.н., проф., **Ян Сідлячік**, д.габ., проф., (Словаччина), **Александер Пфрім**, д.габ., проф., (Німеччина), **Томаш Криштофіяк**, д.габ., проф., (Польща), **Петер Шпатгельф**, д.габ., проф., (Німеччина), **Єва Ратайчак**, д.габ., проф., (Польща), **Лілія Хогабом**, д.габ., проф., (США), **Ервін Гуссендьорфер**, д.габ., проф., (Німеччина).
Відповідальний секретар : С.В. Гайда, д.т.н., проф.
Технічні секретарі : О.Л. Сторожук, к.т.н., доц., **А.С. Кушпіт**, к.т.н., доц.
Технічний редактор : Р.Б. Щупаківський, к.т.н., доц.
Літературний редактор : В.В. Дудок
Англомовний редактор : В.В. Лентяков

© Національний лісотехнічний університет України, 2022

ЗМІСТ

1. WOODWORKING INDUSTRY // ДЕРЕВООБРОБНА ПРОМИСЛОВІСТЬ	**4**
М.І. Пилипчук, М.Р. Бурдяк, В.І. Тарас, А.Л. Кончанский // *M.I. Pylypchuk, M.R. Burdiak, V.I. Taras, A.L. Konchanskyy* **УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СИСТЕМИ БАЗУВАННЯ ПОЗДОВЖНЬО-ФРЕЗУВАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ //** *Improving the design of the locating system of peripheral-milling machines*	**4**
С.В. Гайда, Г.В. Сомар, І.А. Соколовський // *S.V. Gayda, G.V. Somar, I.A. Sokolovskyy* **ХІМІЧНА ПРИРОДА ЗАБРУДНЮВАЧІВ ЯК ОСНОВА КЛАСИФІКАЦІЇ ВИРОБІВ З ДЕРЕВИНИ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ УТИЛІЗАЦІЇ** // *The chemical nature of pollutants as a basis for the classification of wood products to be utilization*	**13**
С.В. Гайда, М.М. Ільків, Л.В. Салапак // *S.V.Gayda, M.M. Ilkiv, L.V. Salapak* **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ РОЗСУВНИХ ДВЕРЕЙ ПРИХОЖ** // *Comparative analysis of manufacturing processes of various designs of sliding doors in the hall*	**27**
Т.І. Подібка // *T.I. Podibka* **ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЙОК НА ФОРМОСТІЙКІСТЬ МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ ІЗ ДЕРЕВИНИ БУКА РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ //** *Establishing patterns of influence of an aggressive environment on the form of stability of furniture boards made of beech wood of various designs*	**40**
Т.І. Подібка // *T.I. Podibka* **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ БЕЗДЕФЕКТНИХ ВІДРІЗКІВ ДЛЯ ФОРМОСТІЙКИХ МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ** // Mathematical model for calculating the economic efficiency of the process of manufacturing defect-free sections for shape-resistant furniture panels	**57**
Л.Е. Лесів // *L.E. Lesiv* **Дослідження характеристик комбінованих столярних плит із вживаної деревини** // *Study of the characteristics of combined of blockboards made of post-consumer wood*	**69**

UDC 674.05 ***Prof. M.I. Pylypchuk[1], Doktor of Sciences; assoc. prof. M.R. Burdiak[2], Ph.D; eng. V.I. Taras[3], Ph.D; master's student A.L. Konchanskyy[4] – UNFU***
doi: https://doi.org/10.36930/42214801

IMPROVING THE DESIGN OF THE LOCATING SYSTEM OF PERIPHERAL-MILLING MACHINES

Based on the analysis of the designs of peripheral-milling machines, it was found that, according to the principle of operation, all the machines have a movable locating system, which is the dominant factor influencing the accuracy of machining and introduces an error of up to 60% of the total error of machining on these types of machine. As a result of theoretical studies on the influence of the structures of the locating systems, it was found that on a jointing machine, the greatest error is caused by the height of the rear plate placement, while on a thicknessing machine - the presence of rollers in the table plate. To improve the accuracy of machining on peripheral-milling machines, it is proposed to replace the movable locating system with the positional locating of workpieces on the feeding carriage. The design of a four-side peripheral-milling machine S20PK has been developed based on the principle of operation of a cyclo-through type with positional locating of blanks on a feeding carriage, which ensures the accuracy of machining a profiled bar measuring 4,000 x 200 x 200 mm within ±0.07–0.34, as well as the possibility of machine operation with the participation of one operator. As a result of experimental studies, a regression model of the dependence of machining accuracy on the S20PK machine on the feed rate and the thickness of the removed layer was obtained, which makes it possible to set rational milling modes to ensure machining accuracy in accordance with the requirements of current standards (± 0.1 mm).

Keywords: positional locating, feeding carriage, machining, error, regression model.

Relevance of the research topic. Today, each woodworking enterprise that manufactures products from solid wood requires the performance of technological operations for surface machining of blanks to give them the appropriate size and profile [1, 2]. To carry out these operations, peripheral-milling machines are used, designed to form longitudinal flat and profile surfaces on boards, bars and planks by the method of cut-up peripheral milling, to create base surfaces and machine them to size in thickness and width. At modern enterprises, three types of peripheral-milling machine are used: jointing machines, thicknessing machines, and four-side machines [3]. At small enterprises, operations of surface machining of blanks are carried out by machining each side of the bar blanks in turn on separate machines [4]: one or two base surfaces of the part are created on jointing machines; they are milled to size in thickness on thicknessing machines. At woodworking enterprises of Ukraine with a large volume of production,

[1] Пилипчук Марія Іванівна, канд. техн. наук, доцент, професор, кафедра деревообробного обладнання та інструментів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-04, +38-097-164-81-20. Email: m.pylyp@nltu.edu.ua ; https://orcid.org/0000-0002-7684-1821

[2] Бурдяк Михайло Романович, канд. техн. наук, асистент, кафедра деревообробного обладнання та інструментів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-04, +38-097-148-00-98. Email: m.burdiak@mail.ru

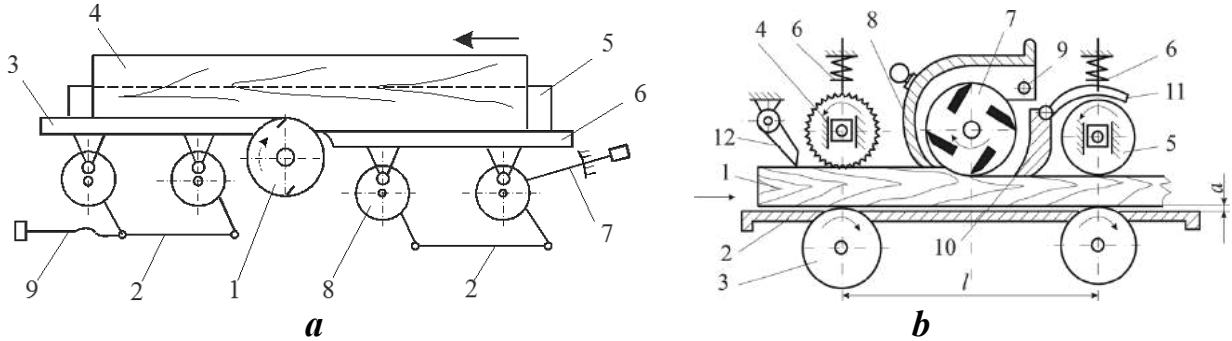
[3] Тарас Василь Іванович, провідний інженер, кафедра деревообробного обладнання та інструментів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-04, +38-098-972-82-10. Email: taras_ihl@ukr.net

[4] Кончанский А.Л. – магістрант кафедри деревообробного обладнання та інструментів. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-44-04.

four-side machines of the world's leading manufacturers are used for plane and profile peripheral milling of blanks simultaneously on four sides [5-7].

Customer's demands on the market regarding the design capabilities of peripheral-milling machines are constantly increasing, including requirements on the accuracy of manufactured parts in accordance with the requirements of current standards [8–10], which are ± 0.1–0.2 mm depending on the size of the parts. As a result of experimental studies of operations [11] on jointing machines, thicknessing, and four-side machines of different manufacturers in the production conditions of woodworking enterprises in Ukraine, it was found that the actual machining errors exceed the allowable values of ± 0.2 mm by 1.8-6.3 times. One of the major causes of low accuracy is that all available machines [3–7, 11] are of the *passing-through-type*, that is, they have a movable workpiece locating system, which leads to a decrease in the dimensional accuracy of the manufactured parts. In addition, under the action of the pressure feed rollers, the surface of the workpieces is deformed and damaged by corrugated rollers, the traces of which remain on the machined surface. Thus, on the basis of previous studies on the actual technological accuracy of peripheral-milling machines, it can be argued that it is necessary to improve the accuracy of machining on such machines by conducting more thorough theoretical studies and developing practical solutions to improve the designs of locating systems. Therefore, the goal of research is to increase the technological accuracy of machining on peripheral-milling machines by developing effective ways to improve the system of locating the workpieces.

1. Analysis of known designs of locating systems. All the three types of peripheral-milling machines: jointing machines, thicknessing machines, and four-side machines [3] have a movable locating system. Schemes for locating workpieces on jointing machines and thicknessing machines are shown in Fig. 1 *a, b*. In the jointing machine, at the beginning of the cutting process, the workpiece *4* is based only on the front table *6.* After machining the workpiece with the cutter drum *1* to a length that is sufficient for locating it on the rear table *3*, the location of the workpiece is completely transferred to the rear table *3*, where the workpiece is pressed against the table with the machined surface.



a ***b***

Fig. 1. Schematic diagrams of jointing and thicknessing machines:
a – jointing machine; ***b*** – thicknessing machine

The main locating surface of the jointing machine consists of two plates - front and rear, which are located in front and behind the cutter drum. Each plate has a specific purpose. The front plate locates the workpiece at the beginning of the machining process. After the surface is machined to a length sufficient to locate the workpiece on the rear plate, the locating is completely transferred to the rear plate, on which the workpiece is pressed against the plate by the already machined surface. Thus, the initial error

of the locating surface of the workpiece affects the accuracy of machining only in the initial period of milling, that is, before the transition of the workpiece location on the rear plate. On a thicknessing machine (see Fig. 1 *b*), the locating of the workpiece is carried out on the work table *2* by means of lower rollers *3*. The workpiece is pressed by rollers *4, 5.* The rollers protruding above the table surface affect the formation of the machined surface if the protrusion of the rollers is greater than the amount of their denting the workpiece surface. Rollers on locating surfaces are rare in finishing machines, more often they are found in machines for roughing operations, since rollers are an additional source of errors in the locating surface of the plate. Perhaps the only representative of machines that form the final dimensions of parts located on a plate with rollers is a thicknessing machine, therefore, this locating system must be investigated regarding the nature of impact of rollers on machining accuracy.

Modern designs of four-side machines [5–7] (Fig. 2) contain: four or more spindles on which knife blocks, cutters or saws are installed; front and rear tables with guide lines; top and side pressure rollers; feed cylindrical rollers which are placed distributed above the tables before and after each milling head.

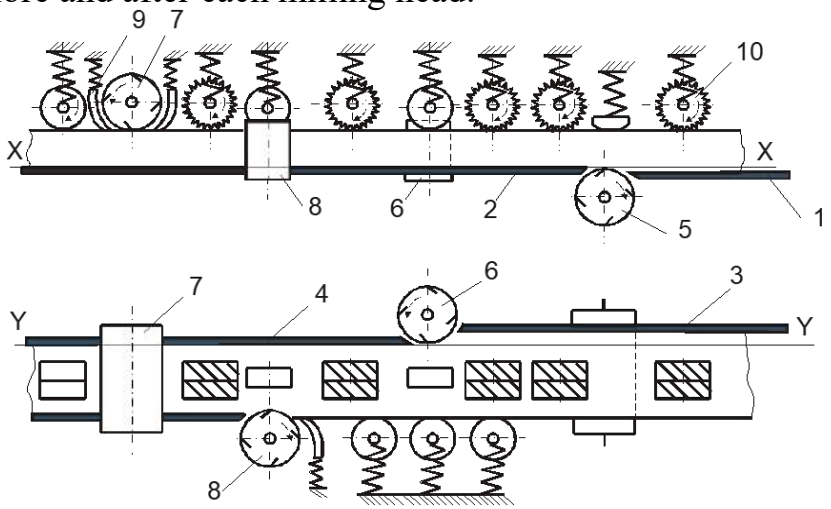


Fig. 2. Schematic diagram of four-side machine

Taking into account the fact that four-side machines contain the main functional units of thicknessing and jointing machines, their locating system also include several systems of these machines, therefore, further theoretical studies of the errors of the locating system are carried out according to the designs of systems of jointing and thicknessing machines.

2 Study of the effect of workpiece locating system errors on machining accuracy. The known designs of peripheral-milling machines are all of the 'passing-through' type with a movable locating system, the errors of which are systematic in nature and for machines with a higher accuracy class they should be no more than 10% of the total machining error [12].

In jointing machines, the rear plate of the table is the main factor influencing the magnitude and nature of the locating error, depending on the placement of its locating surface relative to the cutting circle of the knife shaft (Fig. 3 *a, b*).

The machining error, when installing the rear plate tangentially to the cutting circle and above (see Fig. 1, *a*), is $f = R_{z\ max}$, if $R_{z\ max}$ = 32-200 μm, then f = 0.032-0.2 mm, which is 5-30% total error tolerance for machined parts. In the case of forming the sur-

face of the part when placing the locating surface of the rear table below the blades of the knives (see Fig. 3 *b*), the error will be determined by the dependence:

$$f_1 \approx \frac{a-y}{L_0}(R+0.5H) \approx \frac{a-y}{L_0}R \approx \frac{aR}{L_0}, \quad (1)$$

where: a is the amount of lowering of the rear plate in relation to the tangent of the circle describing the blades of the knives; y is the height of kinematic wave peaks.

On the basis of theoretical studies, it was determined that the level of the rear plate must be set below the tangent of the cutting circle by the height of the peak of the kinematic irregularities of the machined surface of the part.

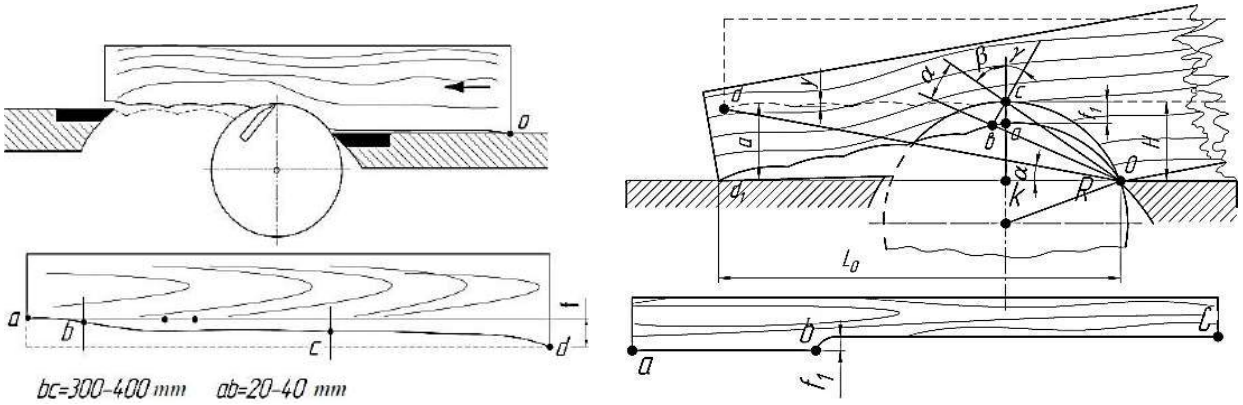
In thicknessing machines, the main factor influencing the error of the locating system is the main locating surface - a plate with rollers (Fig. 4 *a*). Depending on the protrusion of the rollers, the thickness of the workpiece and the radius of the rollers, the value of the machining error is determined by the following dependencies:

$$f = y_{max} - y_{min} = y_1 - y_3 = y_1 - (H - C), \quad (2)$$

where:

$$y_1 = \frac{R+H}{\cos\alpha} - R, \quad y_3 = H - C, \quad (3)$$

where: H – workpiece thickness; C – the amount of protrusion of the rollers; r – radius of rollers; α – workpiece rotation angle.



a ***b***

Fig. 3. Diagrams of machining errors depending on the placement of the locating surface of the rear table: a - tangential to the circle of the knife blades; ***b*** - below the circle of the knife blades

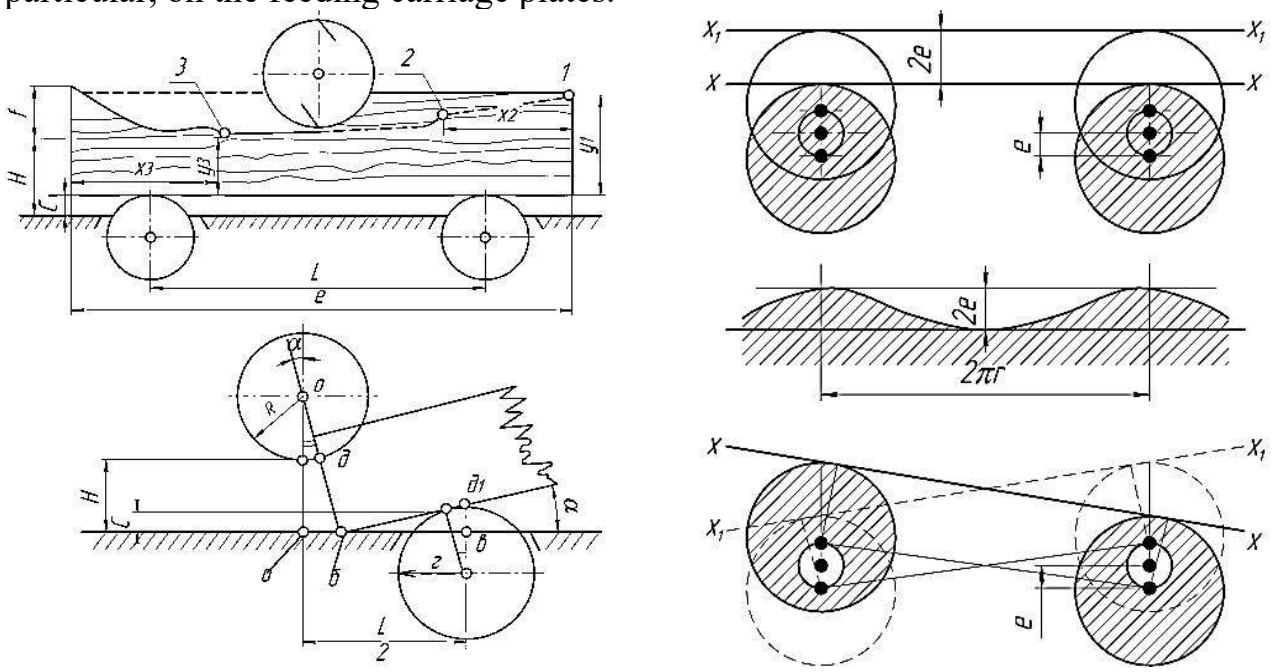
The radial runout of the rollers has a direct impact on the magnitude of the error in the machining of the parts (Fig. 4 *b*) and should not exceed 0.02 mm. The error from the radial runout of the locating rollers, if the phase angle $\xi=0$, will be maximum, i.e. $\Delta H=2e$ and equal to ΔH = 0.06...0.1 mm, which is 9-15% of the total error tolerance.

On the basis of theoretical studies, it was found that the optimal protrusion of rollers on a thicknessing machine should be within 0.1–0.2 mm.

On the basis of experimental studies on the technological accuracy of peripheralmilling machines (jointing machine - SF-4 and thicknesser - SR6-9) and the distribution of the magnitude of the errors of the machined surface along the length of the part (Fig. 5 *a, b*), it was found that the accuracy of machining on both machines is lower than the permissible value (±0.1mm) almost by 2.5 times.

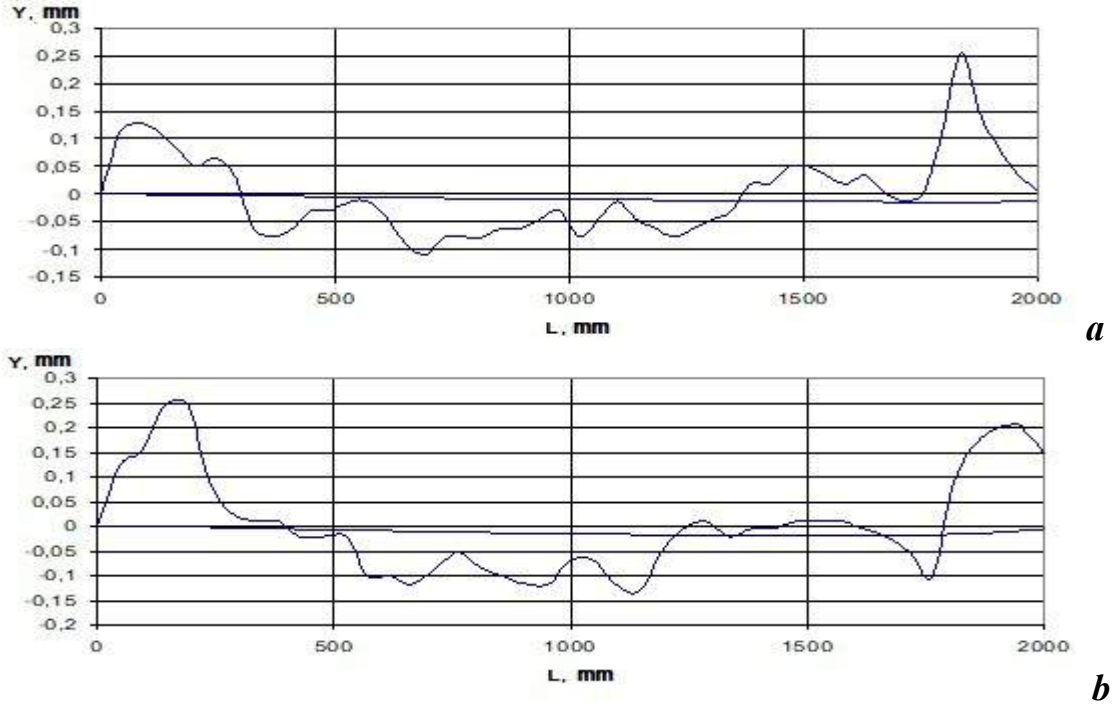
It should also be noted that the distribution of machining errors along the length of the part confirms the theoretically substantiated nature of the influence of the movable locating system, that is, this factor is dominant for these machines. Based on the analysis of the theoretical dependencies of the errors of the locating system on peripher-

al-milling machines and the results of experimental studies on the distribution of errors along the length of the parts, it was found that the movable system of locating the workpieces is the dominant factor affecting the accuracy of machining and makes up to 60% of the total error of machining on these machines tools. Reducing machining errors on peripheral-milling machines is possible by improving the design of the workpiece locating system by replacing the movable locating system with a fixed workpiece locating, in particular, on the feeding carriage plates.



a ***b***

Fig. 4. Diagrams of errors of movable locating on a plate with rollers :
a *- locating on a plate with rollers;* ***b*** *- radial runout of the rollers*



a

b

Fig. 5. Graphs of the distribution of the magnitude of errors of the machined surfaces along the length of the part:
a *- machine tool SF-4;* ***b*** *– machine tool SR6-9*

3. Developing the design of machine with a feeding carriage. Improving the accuracy of machining on peripheral-milling machines is possible by replacing the movable workpiece locating system with a fixed one [13], in particular, equipping the machine with a feed mechanism in the form of a feeding carriage, which provides positional locating of workpieces, and also eliminates workpiece slippage and damage to their surfaces. On the basis of this method of increasing the accuracy of machining, *a new design of the S20PK machine [14, 15] was developed,* consisting (Fig. 6) of a vertical jointing head *1*, a horizontal profiling head *2*, a horizontal thicknessing head *3*, and a vertical profiling head *4*. To simplify and reduce the metal consumption for the machine, the frame is made in the form of a welded structure with a guide base *5* in the form of a calibrated rectangular profile. In order to eliminate the deformation of the workpieces by the feeding bodies and their relocation, the machine feeding mechanism is made in the form of a carriage *6*, which has a П-shaped body with two working panels - the top one *7* and the side one *8*, on which the workpiece *9* is positionally located with the help of longitudinal *10* and limit *11* stops, and support rollers *12*. The carriage itself moves on rollers *13* on two guides *14* which are symmetrically placed on the ends of the side surfaces of the carriage body.

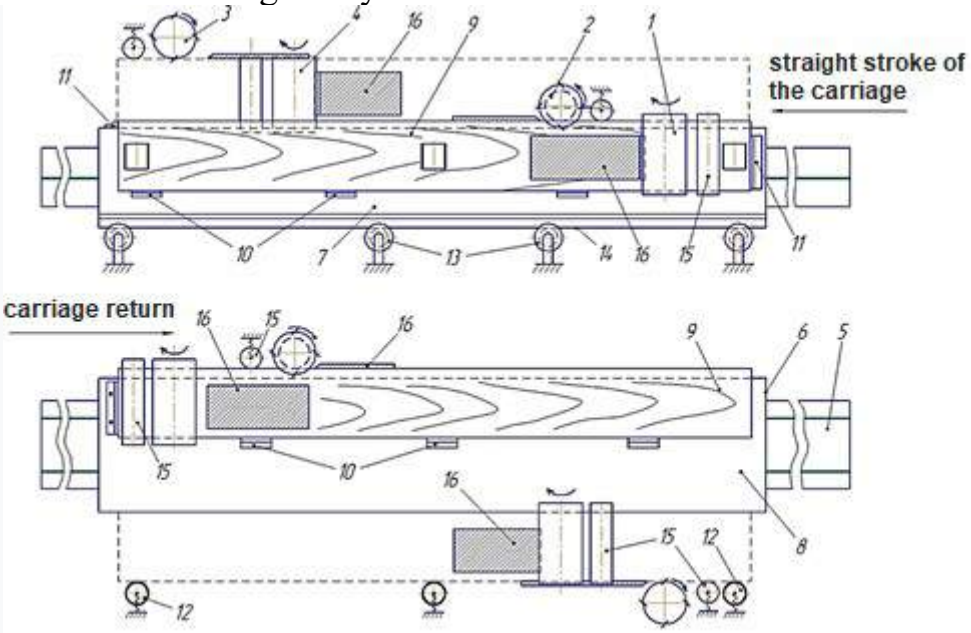


Fig. 6. Schematic diagram of a four-side peripheral-milling machine S20PK (patent for invention No. 110435) [14]

In front of each milling head, a pressure roller *15* is installed, and after the head - a receiving locating plate *16.* The feeding carriage of the machine (Fig. 7) is mounted on a welded structure of the frame *1*, the basis of which is a guide *2* of squared profile with two side guides *3* of a rectangular profile welded to it. The body of the carriage *4* has a П-shape and consists of a metal framework *5* and wood sheathing *6*, which makes it possible to periodically calibrate its surfaces with milling heads, if necessary.

A prototype model of the S20PK machine was made (Fig. 8) with the presented technical specifications, which allows machining bars measuring 6.000 x 200 x 200 mm. The new design of peripheral-milling machine with a feeding carriage provides an increase in the dimensional accuracy of manufactured parts in accordance with the requirements of current standards [8–10], a reduction in the cost of machining, and maintenance of the machine by one operator.

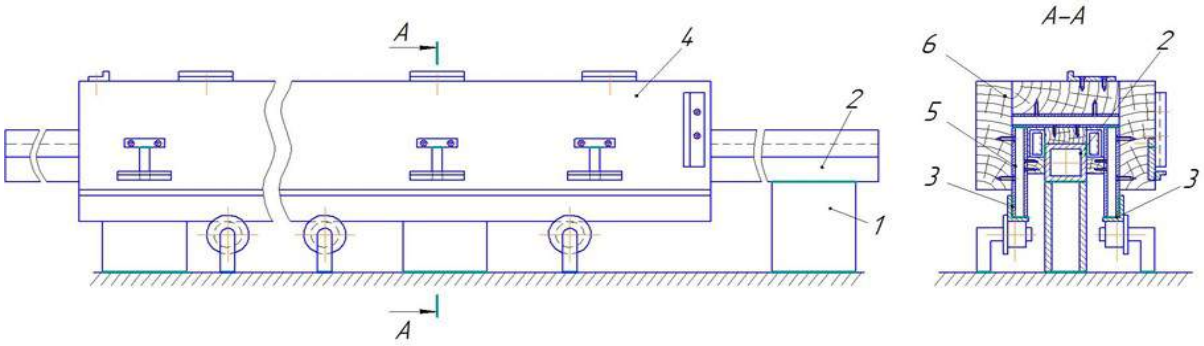


Fig. 7. The design of the feeding carriage of the S2OPK four-side peripheral -milling machine

Fig. 8. General view and technical specifications of the S20PK machine

Indicator name	Indicator value	Units
Blank dimensions: length:width:thickness	(200-6000) : (15-200)	mm
The number of milling heads	4	pcs
Milling cutter diameter	180	mm
Productivity: Profiled bar	4-5	m/shift
Lining board, lamella for window units	4-60	m/shift
Rotation speed of cutters	6000	rev/min
Carriage feed rate	1-12	m/min
The number of electric motors	7	pcs
Rated power of electric motors (overall)	5; 5; 4; 4; 7,5; 1; 1,4 (28)	kW
Overall dimensions: length:width:thickness	16000 : 1800 : 2100	mm
Weight	1100	kg

On the four-side peripheral-milling machine of a new design S20PK, experimental studies were carried out regarding the dependence of the accuracy of machining a profiled bar of pine species of size 4.000 x 200 x 200 mm on the feed rate *Vs* and the thickness of the removed layer *h*. As a result of the studies, a regression model was obtained, which takes the form:

$$\pm\omega = 0.344 - 0.111V_s - 0.02h + 0.009V_s h + 0.01V_s^2 \quad (4)$$

Based on the analysis of graphical dependencies (Fig. 9), it should be noted that with an increase in the feed rate within 4–8 m/min and the removal of a layer of 1.0 to

5.0 mm in thickness, the scattering field of the size of the produced parts also increases within ± 0.07–0.34 mm.

When milling a bar at a minimum feed rate of 4 m/min and removing a layer of 1.0 mm thick, it is possible to achieve maximum machining accuracy, ± 0.07 mm.

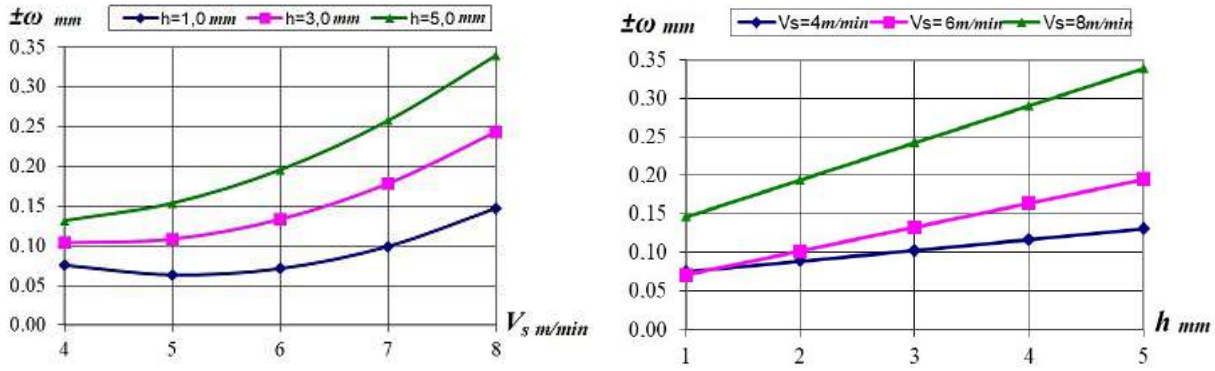


Fig. 9. Dependencies of milling accuracy on feed rate and the thickness of the removed layer.

The resulting regression model of accuracy makes it possible to establish rational milling modes to ensure the required milling accuracy. Thus, for machining accuracy within ±0.2 mm, the following milling modes will be rational:

Vs = 4–7 m/min; h = 1.0–3.0 mm.

Conclusions

1. Based on the analysis of modern designs of peripheral-milling machines, it was found that by the principle of operation, all machines are of the passing-through type, that is, they have a movable locating system, which is the dominant factor affecting the accuracy of machining and introduces an error of up to 60% of the total error of machining on these machine tools.

2. As a result of theoretical studies on the influence of the structures of the locating systems, it was found that on a jointing machine, the greatest error is caused by the height of the rear plate placement, while on a thicknessing machine - the presence of rollers in the table plate. To reduce machining errors on peripheral-milling machines, it is proposed to replace the movable locating system with the positional locating of workpieces on the feeding carriage.

3. The design of the four-side peripheral-milling machine S20PK was developed according to the principle of operation of the cyclo-pass type with positional locating of the workpieces on the feeding carriage, which ensures the accuracy of machining within ± 0.07–0.34 mm of the profiled bar measuring 4000 x200 x 200 mm, as well as the possibility of operation of the machine with the participation of one operator.

4. As a result of experimental studies, a regression model of the dependence of machining accuracy on the S20PK machine on the feed rate and the thickness of the removed layer was obtained, which makes it possible to set rational milling modes to ensure machining accuracy in accordance with the requirements of current standards (± 0.1 mm).

References

1. **Ferentz, O.B.; Maxymiv, V.M.** (2011). Joinery technology. Training manual. Lviv. UNFU. 400, (in Ukrainian).

2. **The advanced wood processing technologies** – the quality of the furniture panel. [Electronic resource]. Available from http://stryilp.com/uk/vyrobnyctvo, (in Ukrainian).

3. **Shostak, V.V.; Savchuk, Ya.I.; Grygoriev, A.S. et al.** (2007). General-purpose woodworking machines. Kyiv: Znannia. 279, (in Ukrainian).

4. **Planing machines:** four-sided planing. [Electronic resource]. Available from http://www.logosol.com.ua/strogalnye-stanki/logosol-ph360/, (in Ukrainian).

5. **WEINIG** four-sided machines: Optimal solutions to increase your competitiveness. [Electronic resource]. Available from https://www.weinig.com/ru/solid-wood/planing-machines-and-moulders.html, (in Ukrainian).
6. **Imex, PP:** milling machines [Electronic resource]. Available from https://imeks-if.all.biz/stanki-frezernye-gg1004018, (in Ukrainian).
7. **V-HOLD four-side machines.** China [Electronic resource]. Available from https://dvt-spb.ru/catalog/do/chsts/chetyrehstvh/, (in Ukrainian).
8. **DSTU B V.2.6-24-2001**. Wooden window blocks with double-glazed windows. Kyiv: *Publishing house of standards*, (in Ukrainian).
9. **DSTU 19917-2016.** Furniture for sitting and lying down. General technical specifications. Kyiv: *Publishing house of standards*, (in Ukrainian).
10. **DSTU EN 336: 2003.** Structural lumber from softwood and poplar. Dimensions. Permissible deviations:. Kyiv: State Standard of Ukraine, 2004. 8, (in Ukrainian).
11. **Pylypchuk, M.I.** (2021). Development of the scientific and technical foundations of ensuring the accuracy of wood machining on machine tools: doct. dissertation of technical sciences: 05.05.04 - machines for earth, road building and forestry works. Lviv. 443, (in Ukrainian).
12. **Pylypchuk, M.I.** (2016). The influence of workpiece locating system errors on the technological accuracy of peripheral-milling machines. Proceedings of all-Ukrainian science and technology conf. Relevant problems of construction, operation and repair of forest complex equipment. Lutsk: NTU. 40–41, (in Ukrainian).
13. **New approaches** in designing four-side peripheral-milling machines. (2015). Proceedings of the 3rd all-Ukr. scientific-tech. conference. Lutsk: NTU. 47–50, (in Ukrainian).
14. **Patent No.114733 Ukraine,** IPC B27S 1/08. Four-side peripheral-milling machine / M.I. Pilipchuk, R.A. Kravets, M. R. Burdiak. Published on 25 July 2017. Bull. No. 22. 4, (in Ukrainian).
15. **Pylypchuk, M.I.** (2019). The design of a woodworking peripheral-milling machine with a feed carriage. Proceedings of the International scientific-practical conference "Woodworking technologies and system engineering of the forest complex". Kharkiv: KhPVNTUA. pp.107-109, (in Ukrainian).

УДК 674.05
Проф. М.І. Пилипчук, д-р техн. наук; доц. М.Р. Бурдяк, канд. техн. наук; інж. В.І. Тарас, канд. техн. наук; магістрант А.Л. Кончанский – НЛТУ України

Удосконалення конструкції системи базування поздовжньо-фрезувальних верстатів

На основі аналізу конструкцій поздовжньо-фрезувальних верстатів встановлено, що за принципом роботи всі верстати мають рухому систему базування, яка є домінуючим чинником впливу на точність обробляння і вносить похибку, що складає до 60% від сумарної похибки обробляння на цих верстатах. У результаті теоретичних досліджень впливу конструкцій систем базування встановлено, що на фугувальному верстаті найбільшу похибку вносить величина виставлення задньої плити, а на рейсмусовому – наявність роликів у плиті стола. Для підвищення точності оброблення на поздовжньо-фрезувальних верстатах запропоновано замінити рухому систему базування позиційним базуванням заготовок на подавальній каретці. Розроблено конструкцію чотирибічного поздовжньо-фрезувального верстата С20ПК за принципом роботи цикло-прохідного типу із позиційним базуванням заготовок на подавальній каретці, що забезпечує точність обробляння профільованого бруса розміром 4000х200х200 мм у межах ±0,07–0,34мм, а також можливість роботи верстата за участі одного робітника. У результаті експериментальних досліджень отримано регресійну модель залежності точності обробляння на верстаті С20ПК від швидкості подавання та товщини шару, що знімається, яка дає змогу встановлювати раціональні режими фрезування для забезпечування точності обробляння відповідно вимогам чинних стандартів (± 0,1мм).

Ключові слова: позиційне базування, подавальна каретка, обробляння, похибка, регресійна модель.

УДК 674.001.2
Проф. С.В. Гайда[1], д-р техн. наук; доц. Г.В. Сомар[2], канд. техн. наук; доц. І.А. Соколовський[3], канд. техн. наук – НЛТУ України
doi: https://doi.org/10.36930/42214802

ХІМІЧНА ПРИРОДА ЗАБРУДНЮВАЧІВ ЯК ОСНОВА КЛАСИФІКАЦІЇ ВИРОБІВ З ДЕРЕВИНИ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ УТИЛІЗАЦІЇ

Проаналізовано хімічний склад вживаної деревини – виробів з деревини, що підлягають утилізації – від оброблення сировини і матеріалів на різних стадіях до вилучення готових виробів (відходів споживання) з різних об'єктів господарювання. Охарактеризовано та описано склад та матеріал як природних так і хімічних забруднювачів, що використовуються як речовини захисту деревини. Детально досліджено склад та матеріал забруднювачів вживаної деревини, зокрема, на основі речовин захисту деревини: антипіренів, антисептиків, інсектицидів, фунгіцидів, біоцидів, комплексних препаратів та ін. Розроблено класифікацію включень вживаної деревини, яка охоплює механічні та хімічні забруднення. Охарактеризовано найнебезпечніші речовини, канцерогенні сполуки та токсичні складники, які можуть міститися у вживаній деревині, зокрема: пентахлорфенол, ліндан, перметрін, дихлордифеніл-трихлоретан (ДДТ), поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані терфеніли (ПХТ), полібромовані біфеніли (ПББ), полівінілхлорид (ПВХ), олії на основі фракцій кам'яновугільних смол (бенз(а)пірен) і сполук, що містять бенз(а)пірен, поверхнево активні вуглеводні (ПАВ) та ін. Запропоновати класифікацію вживаної деревини – виробів з деревини, що підлягають утилізації за ступенями забруднення з поділом на чотири групи вживаної деревини, які гармонізуються з міжнародними системами класифікації аналогічних відходів. Систематизовано перелік найпоширеніших деревних відходів – вживаної деревини – виробів з деревини, що підлягають утилізації за походженням: групами, видами, підвидами та категоріями. Узагальнено перелік небезпечних складників відходів – компонентів – хімічних елементів (миш'як, бор, кадмій, мідь, ртуть, свинець, титан, фтор, хлор та ін.) та їх сполук. Наведено обмеження для тріски та стружки із вживаної деревини, які використовуються для виробництва деревних плит. Представлено критерії класифікації вживаної деревини для різних видів спалювання.

Ключові слова: вживана деревина, антипірени, антисептики, інсектициди, фунгіциди, речовини захисту, деревні відходи, ступінь забруднення, систематизація вживаної деревини.

Актуальність проблеми. Аналізуючи проблеми первинної сировини та проблема відходів, встановлено, що додатковим, незадіяним ресурсом та невикористаною базою деревинної сировини, запаси якої збільшуються одночасно з розвитком різних галузей та господарств, є запаси вживаної деревини (ВЖД). На сучасному етапі деревообробного виробництва велике значення має ведення єдиного порядку державного обліку та паспортизації відходів, зокрема, вживаної деревини. Цей порядок встановлює єдині правила ведення державного обліку та паспортизації відходів, дія яких поширюється на підприємства, установи, організації всіх форм власності, громадян-суб'єктів підприємницької діяльності, діяльність

[1] Гайда Сергій Володимирович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7468-5661 ResearcherID: ABB-1636-2021 Scopus/authorID=57221587964

[2] Сомар Галина Володимирівна, канд. техн. наук, доцент кафедри безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-097-347-25-55. Email: s.gv@ukr.net

[3] Соколовський Ігор Андрійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра технологій захисту навколишнього середовища і деревини, безпеки життєдіяльності. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: +38-067-224-41-45. Email: igorsokolov@ukr.net

яких пов'язана з утворенням відходів та здійснення операцій з їх використання. Про це записано в Законі України "Про відходи" від 05.03.1998 р. за № 187/98ВР, у постанові Кабінету Міністрів від 01.11.1999 р. № 2034 „Про затвердження порядку ведення державного обліку та паспортизації відходів", а також у постанові Кабінету Міністрів від 26.07.2001 р. № 915 „Про впровадження системи збирання, сортування, транспортування, переробки та утилізації відходів як вторинної сировини". Однак питанням раціонального використання відходів деревини, в тому числі, і вживаній деревини не приділяється належна увага. Основна причина – відсутність класифікатора вживаної деревини, обґрунтованої систематизації та класифікаційних ознак її, зокрема, за ступенем забруднення та хімічним складом, які є визначальними для даного виду відходів. При правильному та комплексному їх використанні вони б стали додатковим, потенційним ресурсом сировини. Систематизація вживаної деревини за категоріями дала б змогу передбачити обсяги цього ресурсу для матеріального використання його в цілісному вигляді.

Аналіз стану питання. Великий асортимент забруднювачів деревини, які на різних стадіях обробки та використання попадають до неї, зумовлює необхідність правильного та доцільного її сортування за певними кваліфікаційними критеріями. Вживана деревина, як відходи у залежності від ступеня забруднення може мати різне використання – матеріальне, як додаткова сировина, енергетичне, як джерело енергії, або підлягати ліквідації через екологічні обмеження.

Вченим С.В. Гайдою запропоновано математичну модель розрахунку потенціалу та балансу ВЖД за походженням [8-12]. Встановлено, що середньозважений річний відсоток ВЖД від торгівельної мережі коливається в межах 14-16 %, будівництва – 20-24 %, сировинних та деревообробних галузей – 6-10 %, спожитих (старих) меблевих виробів – 10-16 %, муніципальних відходів – 16-18 %, твердих побутових відходів – 16-22 %, інших надходжень – 6-8 %. На основі статистичних даних з 2010 по 2022 рік було одержано апроксимуючі степеневі залежності за кожним сумарним показником, що дає можливість прогнозувати обсяги утворення ВЖД у найближчій перспективі. Прораховано, що потенціал ВЖД в Україні у 2022 році становив близько 1,881 млн. т. [12] (рис. 1).

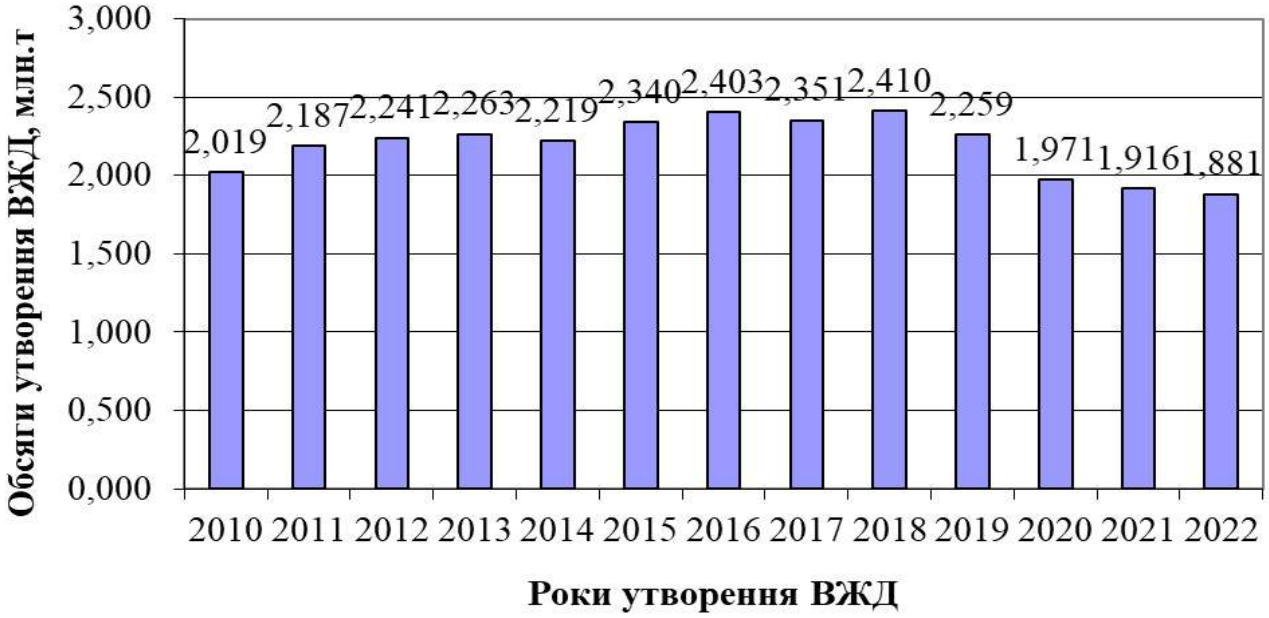


Рис. 1. Динаміка потенційних обсягів утворення вживаної деревини в Україні

В Україні на державному рівні прийнято кілька нормативних документів про «Відходи», в яких охоплено різноманітні види відходів за видом економічної діяльності, зокрема, і деревні. Існує також стандарт ДСТУ 2034-92 «Відходи деревини. Загальні технічні умови». Окремо Законів та Постанов про деревні відходи, а тим більше про вживану деревину та її класифікацію, не має. Тому зупинимось на аналізі закордонних досліджень стосовно вживаної деревини.

У багатьох країнах різні науковці широко вивчали забрудненість вживаної деревини [2, 13-22], яка стала визначальною щодо її класифікації, тобто належності до тої чи іншої групи, та використання. Наприклад, у Німеччині 15.08.02 р. прийнято «Положення про переробку та утилізацію деревних відходів», де особливу увагу звернуто на вживану деревину [1]. Після двох поправок (1.03.03 р. та 20.10.06 р.) до даного Положення термін «вживана деревина» представлений у широкому аспекті, а на підставі цього - наведено класифікацію вживаної деревини та інших деревних відходів та їх використання [2, 3, 6].

Табл. 1. Обмеження для тріски та стружки із вживаної деревини (ВЖД), які використовуються для виробництва деревних плит (мг/кг сухої деревини)

Код	Позн.	Компоненти	Формули сполук	Кон-я
C04	B	Бор та його сполуки:	борна кислота H_3BO_3; диамоній фосфат $(NH_4)_2HPO_4$; бура $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	30
C11	Cd	Кадмій та його сполуки	$Cd(CN)_2$, Cd_3As_2, $CdCO_3$, $Cd(NO_3)_2$	2
C19	Cu	Мідь та її сполуки	$CuSO_4$; CuSiF; $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	20
C21	As	Миш'як та його сполуки	As_2S_3; As_2S_5; As_4S_3; As_4S_4	2
C26	Hg	Ртуть та її сполуки	етилмеркурфосфат, етилмеркурхлорид	0,4
C38	F	Фтор та його органічні сполуки	KHF_2; NH_4BF_2; NaF; $(NH_4)_2SiF_6$; $MgSiF_6$; $ZnSiF_6$; Na_2SiF_6;	100
C39	Cl	Хлор та його сполуки	ПВХ (CH2-CHCl-)n	600
C40	Cr	Хром та його сполуки:	$K_2Cr_2O_7$; $Na_2Cr_2O_7$; $(NH_4)_2Cr_2O_7$; біхромат калію $K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$	30
C58	ПХБ/ ПХТ/ ПББ	Поліхлоровані біфеніли, поліхлоровані терфеніли, полібромовані біфеніли	$C_6H_5(Cl)_x$- $C_6H_5(Cl)_y$; $C_6H_5(Br)_x$- $C_6H_5(Br)_y$	5
C66	ПХФ	Феноли та фенолові сполуки:	пентахлорфенол C_6HCl_5O; натрію пентахлорфенолят $C_6Cl_5ONa \cdot H_2O$	3

За останньою редакцією воно називається «Положення про регулювання вживаної деревини» (Altholzverordnung - AltholzV), де наведено особливості поводження з даними відходами. Зокрема, у ньому [3] чітко регламентується допустима концентрація хімічних елементів та їх сполук у стружці із вживаної деревини, яка може бути використана у виробництві деревностружкових плит (табл. 1).

Характеристикою ВЖД займалися багато вчених у різних країнах (табл. 2), зокрема: Гофман В. [23]; Маруцький Р. [25]; Дроссель К. [7]; Ноґер Д. [27]; Оніськo В., Матеяк М., Добровольська Є. [28]; Ратайчак Є. [29-31]; Мантау У., Веймер Н., Кайпер Л., Лік Н. [24]; Брандстер М. [5], Бехта П. [4] та Гайда С.В. [8-22].

На підставі детального аналізу великої кількості літературних джерел українських та закордонних науковців встановлено, що основним критерієм класифікації вживаної деревини є ступінь її забруднення. У термін «вживана деревина» закладено промислові відходи деревини (в т. ч. браковану продукцію) та спожиті (відпрацьовані) вироби з деревини, деревинних матеріалів або з композиційних матеріалів із вмістом деревини більше ніж 50 % маси.

Табл. 2. Класифікація вживаної деревини у країнах Європи

№	Країна	Категорії вживаної деревини					Л-ра
1.	Європа	Altholzkategorie: AI, AII, AIII, AIV				PCB-A	[1-3]
2.	Німеччина	Klasse A I	Klasse A II	Klasse A III	Klasse A IV	PCB-A	[25,27]
3.	Австрія	Gruppe H1	Gruppe H2: H2.1; H2.2; H2.3		Gruppe H3		[23,5]
4.	Люксембург	A I	A II	A III	A IV	PCB-b	[23,25]
5.	Швейцарія	Klasse A I	Klasse A II	Klasse A III	Klasse A IV	PCB-A	[27]
6.	Нідерланди	A-quality	B-quality		C-quality		[24]
7.	Англія	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4		[24]
8.	Польща	Grupy I	Grupy II	Grupy III	Grupy IV		[28-31]
9.	Україна	ВЖД-I	ВЖД-II	ВЖД-III	ВЖД-IV	ПХБ	[8-22]

Наприклад, Гофман В. запропонував критерії класифікації ВЖД за наявністю у ній шкідливих елементів та їх сполук для різних видів спалювання (табл. 3).

Табл. 3. Критерії класифікації для ВЖД до різних видів спалювання [23]

Код	Позн.	Компоненти	Допустима концентрація, мг/кг сухої ВЖД			
			ВЖД-I	ВЖД-II	ВЖД-III	ВЖД-IV
C04	B	Бор та його сполуки	15,0	30	-	> 30
C10	Fe	Залізо та його сполуки	100,0	-	-	-
C11	Cd	Кадмій та його сполуки	0,5	-	-	-
C19	Cu	Мідь та її сполуки	5,0	20	-	> 20
C21	As	Миш'як та його сполуки	0,8	2	-	< 2
C26	Hg	Ртуть та її сполуки	0,05	0,4	-	> 0,4
C27	Pb	Свинець та його сполуки	3,0	-	-	-
C34	Ti	Титан та його сполуки	5,0	-	-	-
C38	F	Фтор та його органічні сполуки	10,0	30	-	> 30
C39	Cl	Хлор та його сполуки	100,0	300	> 300	-
C40	Cr	Хром та його сполуки	2,0	-	-	-
C41	Zn	Цинк та його сполуки	50,0	-	-	-
C57	N	Солі азотистої кислоти, оксиди азоту	0,5	-	-	-
C66	ПХФ	Феноли та фенолові сполуки	1,0	2,0	-	> 2
C39	Lindan	γ-Гексахлорциклогексан, ізомер (γ-ГХЦГ, $ЛД_{50}$ 25-200 мг/кг)	0,25	0,5	-	> 0,5
C80	К-вуг. смоли	Бенз(а)пірен та сполуки, що містять бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$)	0,05	0,1	-	> 0,1
Потужність котельні, МВт			< 1,0	0,05<1,0	0,1 < 1,0	> 0,1

Мета та задачі дослідження. Класифікувати вироби з деревини, що підлягають утилізації, базуючись на інформації про різноманітні забруднювачі набуті в процесі виготовлення та експлуатації.

Задачі дослідження

1. Проаналізувати хімічний склад вживаної деревини – виробів з деревини, що підлягають утилізації
2. Оцінити склад та матеріал як природних так і хімічних забруднювачів вживаної деревини.
3. Розробити класифікацію включень у спожитій деревині.
4. Запропоновати класифікацію вживаної деревини – виробів з деревини, що підлягають утилізації за ступенями забруднення.

5. Систематизувати вживану деревину – вироби з деревини, що підлягають утилізації за групами, видами, підвидами, категоріями та кодами.

Матеріали та характеристики **забруднювачів вживаної деревини.** На різних стадіях життєвого циклу (використання деревини) – від лісозаготівель та деревооброблення до кінцевого споживання готових виробів – утворюються різноманітні відходи – вживана деревина, яка може бути як в натуральному, так і в дуже забрудненому вигляді. Безумовно існує багато різновидів проміжного забруднення, яке виражається механічними та матеріальними включеннями і наявністю шкідливих та безпечних хімічних елементів та їх сполук як зовні, так і в середині вживаної деревини.

Класифікація включень вживаної деревини охоплює наступні різновиди:

- зовнішні: залізні і кольорові метали; пісок і пилюка; пластмаса і скло, папір і картон, текстиль і ганчірки, каміння і бетон, тефлон і фольга, ґрунт і мазут та ін.;
- поверхневі:

а) личкувальні матеріали: декоративні плівки, ПВХ плівки, декоративно паперово-шаруваті пластики, штучні та натуральні шкіри, тканини, пластмаси та ін.;

б) лакофарбові матеріали: плівкоутворюючі матеріали, фарби, лаки, емульсії, ґрунтівки, оліфи, відбілювальні матеріали та ін.;

- внутрішні:

а) в'яжучі речовини: смоли, клеї та ін.;

б) просочувальні речовини – консерванти деревини - речовини захисту: антисептики, антипірени, інсектициди, фунгіциди, біоциди, гідрофобізатори, комплексні препарати та ін.

Хімічна природа речовин захисту деревини. ***Антисептики*** – хімічні сполуки протимікробної дії, що захищають деревину від руйнування грибами, комахами і морськими деревоточцями. Деякі антисептики виконують і функції антипіренів. Антисептики поділяють на водорозчинні, органорозчинні і олії. Водорозчинні антисептики ділять на такі, що легко вимиваються і змиваються — фтористі (фтор натрію, кремнефторид натрію, кремнефторид амонію) і борні (препарат ББ-11: по 50 % бури і борної кислоти); ті, що важко вимиваються — хлорфенольні (пентахлорфенолят натрію — ПХФН), хлорфенолоборні, хромомідноборні, хромониткові, хромомідноцщіпкові і хромомідноцщіпкові і хромомідноцщіпкові і

ми. Під час антисептування деревини на її поверхні утворюється тонка (близько 1 мм) захисна плівка. Антисептуванню підлягають пиломатеріали перед укладанням на атмосферне сушіння або перед транспортуванням в сирому виді для захисту від пошкодження деревофарбуючими та пліснявими грибами, дерев'яні елементи внутрішніх конструкцій будинків і споруд, які не контактують з ґрунтом і вологими матеріалами, для захисту від дереворуйнівних грибів, дерев'яна тара для захисту від пошкоджень пліснявими грибами. Для антисептування деревини використовують водні розчини пентахлорфенолята натрію і препаратів на його основі. Антисептування деревини елементів внутрішніх конструкцій будівель і окремих виробів тари проводять фтористими, борними, хромомідними, хромомідноцинковими антисептиками.

Антипірени – хімічні сполуки або їх суміші, що в разі оброблення ними деревини надають їй та іншими органічним матеріалам вогнестійкості. Антипірени розділяють на водорозчинні — амонійні солі фосфорної і сірчаної кислот, бороутримувальні сполуки; розчинні в органічних розчинах — часто містять хлор, бром, фосфор і бороутримувальні сполуки. Властивості антипіренів мають вуглекислий калій (поташ), натрій і калій (рідке скло), сечовина та ін. речовини. Розрізняють антипірени атмосферостійкі (на олійній основі, на основі хлороорганічних сполук і хлорованих продуктів перероблення нафти тощо) та неатмосферостійкі фарби (силікатні, казеїнові, хлоридні, карбамідоформальдегідні, сульфітноглиняні, фосфатні та ін.). Використовують як антипірени вапново-глиняні, суперфосфатні та інші обмазки.

Фунгіциди: – отруйні хімічні речовини, які застосовуються для боротьби з грибковими, бактеріальними, вірусними хворобами рослин та грибами (існує близько 100 видів грибів, які діляться на три групи: плісняви; деревофарбувальні; дереворуйнуючі – домові, ґрунтові, атмосферні, водяні), які руйнують дерев'яні споруди. ***Інсектициди: –*** хімічні засоби захисту деревини від комах (жуків, термітів, морських деревоточців) – шкідників вищих рослин. Вони мають широкий спектр дії, але за відношенням до захисту деревини широко використовувались: ліндан, перметрін, дихлордифеніл-трихлоретан (ДДТ) та ін.

Гідрофобізатори – захист дерев'яних матеріалів від змочуваності водою. Здійснюється за допомогою поверхнево-активних речовин, що утворюють на поверхні частинок матеріалу тонкі плівки, які не взаємодіють з водою. Найпоширеніші: парафін, церезин, петролатум, віск, гач та ін.

Неорганічні консерванти деревини. Просочена або опоряджена деревина може містити 80-100 % активних шкідливих речовин, в основному солей. У забрудненій деревині можуть бути такі шкідливі хімічні елементи, які входять у склад відповідних солей: миш'як: As_2O_5; As_2S_5; As_4S_3; As_4S_4; бор: H_3BO_3; $Na_2B_4O_7$; $Na_2B_8O_{13}$; хром: $K_2Cr_2O_7$; $Na_2Cr_2O_7$; $(NH_4)_2Cr_2O_7$; фтор: KHF_2; NH_4BF_2; $MgSiF_6$; $ZnSiF_6$; мідь: $CuSO_4$; CuSiF; цинк: $ZnSiF_6$; ртуть: Hg_2Cl_2, $HgCl_2$, HgO.

Антисептики неорганічного походження*:*

- Фтор: кремнійфторид амонію - $(NH_4)_2SiF_6$; фторид натрію - NaF; кремнійфторид натрію - Na_2SiF_6;
- Хром: біхромат натрію - $K_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$;
- Мідь: сульфат міді - $CuSO_4 \cdot 5H_2O$;

- Бор: борна кислота - H_3BO_3; бура - $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$; диамоній фосфат - $(NH_4)_2HPO_4$;

Інсектициди неорганічного походження: - сполуки миш'яку: As_2O_5; As_2S_5; As_4S_3; As_4S_4;

Органічні консерванти деревини. Для просочення деревини використовується велика кількість органічних консервантів деревини. Фактичні інгредієнти речовин захисту деревини шляхом просочення становлять 5-20 %, а відповідно частка розчинників (таких, як ненасичені, аліфатичні та / або ароматичні вуглеводні) складає 80-95 %. Найпоширенішими органічними консервантами деревини є:

Антисептики органічного походження:

- ПХФ: пентахлорфенол – C_6HCl_5O;
- ПХФН: натрієва сіль пентахлорфенола (пентахлорфенолят натрію) – $C_6Cl_5ONa \cdot H_2O$;
- π-комплекс Hg(I)-$[(C_6H_6)_2Hg_2](AlCl_4)_2$ на основі пентахлорфенола;
- НМ: нафтенат міді.

Фунгіциди органічного походження:

- дихлорфлуанід; гранозан (C_2H_5HgCl) та ін.

Інсектициди органічного походження:

- ліндан (γ-Гексахлорциклогексан (γ-ГХЦГ), γ-ізомер, $ЛД_{50}$ 25-200 мг/кг);
- перметрін ($\underline{C}_{21}\underline{H}_{20}\underline{Cl}_2\underline{O}_3$) та ін.;
- дихлордифеніл-трихлоретан (ДДТ) та його сполуки: ДДЕ та ДДД;
- діелдрин, алдрин, гептахлор, мірекс, токсафен, ендрин, хлордан, гексахлорбензол та ін.
- поліхлоровані біфеніли (ПХБ), терфеніли (ПХТ), полібромовані біфеніли (ПББ).

ДДТ має широкий спектр дії як інсектицид для обробки лісів. Наприклад, широке застосування ДДТ у європейських країнах було пов'язане з боротьбою проти комах та грибків - збудників голландської хвороби в'язів. З цією метою обробляли інсектицидом ДДТ паркові та лісові насадження. Стійкість ДДТ приводила до того, що він накопичувався як у деревині, так і у харчових ланцюгах і справляв згубну дію на їх кінцеві ланки - приводить до величезного збільшення його концентрації не тільки в деревині, але й в організмах птахів, риб, ссавців і людей. Подальші дослідження показали, що ДДТ впливає практично на всі живі організми. Так, він накопичується в тканинах ссавців і є канцерогеном, мутагеном, ембріотоксином, нейротоксином, імунотоксином; він змінює гормональну систему, викликає анемію, хвороби печінки. У довкіллі ДДТ поступово втрачає хлор та перетворюється на інші сполуки — ДДЕ та ДДД; але й вони є теж не менш токсичним сполукам, ніж ДДТ. У 1970 р. через токсичність та шкідливий влив на довкілля був заборонений. Але у Росії, навіть, у 1986 р., через 16 років після офіційної заборони, виробництво ДДТ складало 10 тис. т. у рік. До кінця 80-х років ДДТ використовувався «як виняток» в Узбекистані й Росії.

ПХБ, ПХТ та **ПББ** – жовтуваті, майже без запаху і дуже токсичні та канцерогенні рідини. ПХБ у біологічному відношенні є одними з найстрашніших отрут серед сполук, які містять хлор, але, найголовніше, вони практично не руйнуються. Напівперіод життя ПХБ у ґрунті складає 2,5-45 років. Базова структура ПХБ за певних комбінацій заміщення водну на хлор дає 209 сполук, серед яких комерційно використовуються не більше 60-ти. ПХБ - це суміш сполук із різним змістом хлору (від 40 % до 60 %), які утворюються при хлоруванні біфенілу. Станом на 1986 р. у світі було вироблено близько 2 млн. тонн ПХБ. У СРСР ПХБ випускали з 1934 р. у вигляді двох препаратів — соволу і трихлордифенілу. Вироб-

ництво трихлордифенілу припинено в СРСР у 1980 р., а виробництво соволу зменшено до 500 тонн на рік. Ці дві суміші відрізняються за складом: совол містить більш високо хлоровані ПХБ (53 % пента-, 23 % тетра-, 22 % гексахлорбіфенілів), а трихлордифеніл складається на 49 % з три-, на 32% з тетра-, на 14 % з ди- и 4 % пентахлорбіфенілів.

ПХБ, ПХТ та ПББ використовують як пластифікатори для пластмас, лаків і лакофарбових матеріалів, які бути вхідними матеріалами у виробництві виробів з деревини, і як матеріали-носії і розчинники для інсектицидів (пестицидів). Крім того, існує підозра, що ПХБ навмисно (але негласно) додають в інсектицидні препарати для обробітку лісових площ. ПХБ потрапляють у довкілля різними шляхами. По-перше, за рахунок сучасного промислового застосування, наприклад, ПХБ, ПХТ та ПББ інтенсивно застосовувались до 1972 р. для виготовлення тепло- та звукоізоляційних панелей на основі деревних стружок; по-друге, за рахунок його можливого утворення при розщепленні ДДТ під дією ультрафіолетових променів. Велика кількість ПХБ могла зберігатись з часів широкого використання карболеніуму — препарату для захисту дерев, оскільки поліхлорбіфеніли є побічними продуктами при синтезі карболеніуму та могли поширюватися разом з ним. ПХБ можуть також потраплять в довкілля з лаків, фарб, хімікатів, будівельних матеріалів і т. ін.

Велика небезпека ПХБ, ПХТ та ПББ на довкілля та на здоров'я людей привела до того, що в багатьох країнах було введено заборону на виробництво цих речовин: в 1971 році — в Швеції, в 1977 році — в Норвегії, в 1972 році — в Японії, в 1977—78 роках — в США. В Росії ПХБ не заборонені, але виробництво їх до 1993 року було закрито. А з 22 травня 2001 р. рішенням Стокгольмської конвенції виготовлення даних препаратів заборонено по всьому світу. Всього в Росії було вироблено з 1939 по 1990 рік близько 52 000 тонн соволу (суміш тетра- і пентахлорованих ПХБ — найбільш токсичні конгенери), який використовують головним чином як пластифікатор для лаків і фарб; близько 57 000 тонн совтолу (суміш 1,2,4-трихлорбензолу із соволом, так званий совтол-10), який використовують головним чином для заливання у трансформатори; близько 70 000 тонн трихлорбіфенилу (ТХБ), який використовують в конденсаторах. Всього було вироблено 180 000 тонн ПХБ, з них сьогодні використовують близько 20 000 тонн. Існує величезний дисбаланс між виробленою кількістю ПХБ і кількістю, що використовують. Відомо, що частина виробленого ПХБ залишилася в Україні, в Узбекистані, Вірменії та інших республіках колишнього СРСР.

Олії, як консерванти деревини. У промисловості традиційними антисептиками є також просочувальні ***олії – кам'яновугільна, антраценова*** та ***сланцева***, які добре захищають деревину в тяжких умовах експлуатації на довгий термін. Кам'яновугільна просочувальна олія – фракція кам'яновугільної смоли (утворена при температурі 800…1000 °С), яка має різні складники: нафталін, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) і частково феноли. Кам'яновугільна та сланцева олії мають канцерогенні речовини, зокрема, ПАВ бенз(а)пірен ($C_{20}H_{12}$) та сполуки, що містять бенз(а)пірен.

Креозот - суміш фенолів - безбарвна (іноді жовтувата або жовто-зелена), вогнезаймиста, важкорозчинна у воді маслянистa рідина з сильним запахом і пекучим смаком, що отримується з деревного і кам'яновугільного дьогтю. Кам'яно-

вугільний креозот використовується для консервування деревини (просочування шпал, дерев'яних телеграфних стовпів та стовпів для вирощування винограду та хмелю і т. п.) і запобігає її від гниття.

Серед поверхневих включень у вживаній деревині найбільшу проблему під час переробки та утилізації створює **полівінілхлорид (ПВХ).** Це - синтетичний полімер, продукт полімеризації вінілхлориду, що використовується для одержання жорсткої та м'якої пластмаси; поліхлорвініл. Хімічну будову ПВХ схематично можна показати так: $(CH_2CH_2C1)_n$. Число ***n*** вказує на кількість елементарних ланок мономера CH_2CH_2C1 вінілхлориду, що входять до макромолекули, і характеризує ступінь полімеризації полімеру. Значення ***n*** коливається у великих межах для полівінілхлориду від 1500 до 3000. Вінілхлорид – небезпечна отрута, яка здатна руйнувати нервову систему і викликати ракові захворювання. Виділення вінілхлориду у довкілля посилюється навіть при невеликому нагріванні (наприклад, коли ламіновані підлоги гріються від батареї). При виробництві ПВХ також використовується хлор, тому при його виготовленні й утилізації у довкілля виділяється велика кількість діоксину – високотоксичних і канцерогенних (можуть викликати рак) речовин. Для підвищення еластичності у ПВХ часто додають пластифікатори – фталати або ефіри фталатів, попадання яких в організм може викликати ураження печінки і нирок, зниження захисних властивостей організму, рак та ін.

ПВХ може містити і інші небезпечні речовини: кадмій, хром, свинець, формальдегід. Під час горіння ПВХ утворюються діоксини. Не існує безпечних технологій переробки ПВХ. Він практично не піддається повторному використанню і йде в печі сміттєспалювальних заводів (ССЗ) або на звалища.

Відомо, що при спалюванні 1 кг ПВХ утворюється до 50 мкг діоксину. Цього цілком достатньо для розвитку ракових пухлин у 50 000 лабораторних тварин. Діоксини, що невпинно виробляються ССЗ, розповсюджується на сотні і тисячі кілометрів. Виробництво одного вікна з ПВХ приводить до утворення близько 20 г токсичних відходів. А ремонт всієї квартири з використанням матеріалів, зроблених з ПВХ, спричиняє за собою утворення 1 кг (!) токсичних відходів. У цивілізованих країнах на товар з ПВХ зазвичай ставлять спеціальну маркіровку – цифру ”3” в оточенні стрілок. Деякі виробники просто пишуть PVC або Vinyl.

Результати досліджень. На підставі співставлення аналогічних груп відходів (вживаної деревини), які прийняті в країнах Європейського Союзу, пропонується впровадження для українського законодавства в сфері поводження відходами деревини і вживаними виробами з деревини чотири категорії відходів, які можуть мати матеріальне та енергетичне використання, та відходи ліквідації, які не входять ні в одну із категорій (табл. 4):

- Перша категорія – вживана деревина I (ВЖД-I) – природна та тільки механічно оброблена деревина з незначними забрудненнями натуральними зв’язками (парафін, церезин, петролатум, віск, гач, мастило та ін.), а також деревина від стихійних катаклізмів;
- Друга категорія – вживана деревина II (ВЖД-II) – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та без галогеноорганічних зв’язків у покриттях;
- Третя категорія – вживана деревина III (ВЖД-III) – оброблена деревина та деревні матеріали без речовин захисту деревини та з галогеноорганічними зв’язками у покриттях;
- Четверта категорія – вживана деревина IV (ВЖД-IV) – деревина та деревні матеріали, які оброблені речовинами захисту;
- Відходи ліквідації – вживана деревина ПХБ (ВЖД-ПХБ) – деревина та деревні матеріали, які містять поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані терфеніли (ПХТ), полібромовані

біфеніли (ПББ) концентрацією 50 мг/кг і більше, а також фракції кам'яновугільної смоли, які містять бенз(а)пірен та його сполуки більше норми.

Систематизований перелік найпоширеніших деревних відходів – ВЖД за групами, видами, підвидами, категоріями та кодами наведений у табл. 5.

Табл. 4. Приклади вживаної деревини за категоріями

№	Категорія	Приклади вживаної деревини
1	ВЖД-І	Відходи тверді: обапіл, рейки, торці; уламки дошок, брусків; куски шпону; осереддя; брак тощо; Відходи м'які: шліфувальний порох, тирса, стружка, волокниста маса тощо; Вироби – не склеєні, не личковані, не опоряджені, не оброблені органічними і неорганічними речовинами: меблі з масивної деревини; Столярні: рейки, бруски, дошки, бруси, лиштва, плінтус та ін.; Будівельна натуральна деревина у змішаному асортименті; Тара: промислові та євро піддони, транспортні ящики, фруктові, овочеві, декоративні та аналогічні коробки з масиву, кабельні барабани (після 1989 р.); Інші: вироби з сільського та єгерського господарств, новорічні ялинки тощо.
2	ВЖД-ІІ	Відходи: куски обробленої деревини, відрізки та уламки деревних матеріалів; Вироби – склеєні, личковані натуральним шпоном, опоряджені – лаковані або іншим чином оброблені: меблі без ПВХ плівок, меблеві щити, бруси та ін.; Столярні: внутрішні дверні блоки і дверні полотна, ламіновані підлоги і плінтуса, паркетні планки і щити, вагонка натуральна та ламінована, профільні дошки, рейки і бруски для внутрішньо інтер'єрних робіт та ін.; Будівельна оброблена деревина та деревні матеріали у змішаному асортименті; Тара: піддони і транспортні ящики з деревних матеріалів та ін.
3	ВЖД-ІІІ	Меблеві вироби з ПВХ плівками (крайками та покриттями); Щитові вироби: фанера та фанерні плити, OSB плити, постформінг та ін.; Садово-паркові та пляжні меблі з тефлоновим та ПВХ покриттями. Несортована сільсько-господарського призначення та будівельна деревина великогабаритних розмірів та громіздких конструкцій та ін.; Тара: піддони з композиційних матеріалів та ін.
4	ВЖД-ІV	Меблеві вироби зовнішнього користування: для рекреаційних зон (альтанки), садово-паркові, пляжні, дитячих майданчиків та ін. Вироби від сільського господарства: огорожі, паркани, штахети, стовпи, брами, нестандартні конструкції та ін. Просочені вироби: залізничні шпали, електричні, телеграфічні та виноградні стовпи та стовпи від вирощування хмелю ін.; Столярні вироби: віконні блоки, зовнішні дверні блоки і дверні полотна, зимові сади, балкони, зовнішні сходи з перилами та балясинами, обшивка, вагонка для зовнішньо інтер'єрних робіт та ін.; Вироби з будівельного сектора: елементи дахових конструкцій (крокви, лати, контрлати, платви та ін.), елементи каркасних конструкцій (стійки, заповнення, балки, косяки, підпори та ін.), елементи опалубки (дошки, стійки, розпірки та ін.), сваї, бані, зруби та ін.; вироби з промислових об'єктів: підлоги індустрії, стінові панелі, комбіновані перекриття, балки та ін.; Тара: ящики від боєприпасів та військової атрибутики, кабельні барабани (до 1989 р.); вироби з гідротехнічних споруд (мости, віадуки); вироби від демонтованих суден, вагонів, кузовів; вироби з обгорівших конструкцій, будівель; фракції з переробки відходів у деревні матеріали; несортована вживана деревина; Вироби з речовинами захисту (залізничні шпали, телетехнічні стовпи та інші вироби з дуже шкідливими забрудненнями) типу: пентахлорфенол (ПХФ); соляних препаратів, які мають зв'язки фтору, міді, ртуті, арсену, миш'яку та ін..; Інші вироби, які не ввійши до категорій І, ІІ, ІІІ.
5	ВЖД-ПХБ	Вироби з речовинами захисту типу: поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані терфеніли (ПХТ), полібромовані біфеніли (ПББ) з концентрацією 50 мг/кг і більше; фракції кам'яновугільної смоли, які містять бенз(а)пірен та сполуки; Тепло- і звукоізоляційні плити (панелі), що випускались до 1972 року; Інші вироби, які не ввійши до IV категорії.

Табл. 5. Систематизований перелік найпоширеніших деревних відходів – вживаної деревини за групами, видами, підвидами, категоріями та кодами

№	Загальний асортимент відходів			Категорія	Код
	Група	Вид	Різновиди		
1	Деревні відходи виробництва деревини, виробів з деревини та матеріалів інших. Бракована продукція		Відрізки, уламки дошок, шпон, тирса, стружка, волокниста маса та інші, змішані бруски в натуральному вигляді	А-I	2000.2.2 2000.3.1
			Відрізки деревних матеріалів і обробленої деревини та інші куски (без шкідливих домішок)	А-II	2000.2.2 2000.3.1
2	Вживана упаковка	Піддони	З масивної деревини: євро та промислові	А-I	7710.3.1.06
			З деревних матеріалів	А-II	7710.3.1.06
			Інші, з композиційних матеріалів	А-III	7710.3.1.06
		Ящики	Транспортні з масивної деревини	А-I	6000.3.1.04
			Транспортні з деревних матеріалів	А-II	6000.3.1.04
			Фруктові, овочеві, декоративні та аналогічні коробки та бочки з масиву	А-I	7710.3.1.06
			Від боєприпасів та аксесуарів	А-IV	7730.3.2.01
		Кабельні барабани	Виготовлені до 1989 року	А-IV	7730.3.2.01
			Виготовлені після 1989 року	А-I	7710.3.1.06
3	Вживана деревина з області будівництва	Деревина у змішаному асортимент	Натуральна деревина	А-I	4510.1.3.06
			Деревні матеріали, бруски та оброблена деревина (без шкідливих домішок)	А-II	4510.1.3.06
		Деревина від зносу та розбирання	Дошки для підлоги, плінтуса, щити (без шкідливих домішок)	А-II	4510.1.3.06
			Столярні плити та внутрішні каркаси дверей (без шкідливих домішок)	А-II	4510.1.3.06
			Профільні дошки та бруски для об’ємного інтер’єру, вагонка та стельові панелі (без шкідливих домішок)	А-II	4510.1.3.06
		Деревина від зносу та виведення з експлуатації	Плити тепло- і звукоізоляції, які містять поліхлоровані біфеніли (ПХБ)	Ліквідація	4510.3.2.01
			Уламки будівельних плит, щити	А-II	4510.1.3.06
			Елементи каркасних конструкцій – стійки, косяки, заповнення та інші	А-IV	4510.1.3.06
			Елементи дахових конструкцій – крокви, лати, контрлати, платви	А-IV	4510.1.3.06
			Віконні блоки (коробки, стулки)	А-IV	4510.1.3.06
			Зовнішні дверні блоки, листи дверей	А-IV	4510.1.3.06
			Зовнішні просочені балки, зимові сади, підпори, балкони, обшивки	А-IV	4510.1.3.06
		Інша	Будівельна деревина із шкідливими домішками	А-IV	4510.3.2.01
4	Просочена вживана деревина від зовнішнього використання	Різні	Залізничні шпали	А-IV	4510.3.2.01
			Електричні стовпи	А-IV	4510.3.2.01
			Виноградні стовпи	А-IV	4510.3.2.01
			Садово-паркові, пляжні та інші меблі зовнішнього користування	А-IV	4510.1.3.06
			Вироби з сільського господарства – огорожі, штахети, сходи, брами і інші	А-IV	4510.1.3.06
5	Вживані меблеві вироби	Різного призначення	Меблі з масивної деревини	А-I	7710.3.1.10
			Меблі без галогеноорганічних з’єднань у покриттях	А-II	7710.3.1.10

			Меблі з галогенорганічними з'єднаннями у покриттях (тефлон, ПВХ плівки тощо)	A-III	7710.3.1.10
6	Вживана деревина від різних громіздких конструкцій			A-III	4510.3.1.01
7	Вживана деревина з промислових об'єктів (підлоги, перекриття)			A-IV	4510.3.1.01
8	Вживана деревина з гідротехнічних споруд (мости, переправи, віадуки)			A-IV	4510.3.1.01
9	Вживана деревина від демонтованих суден, вагонів і кузовів			A-IV	4510.3.1.01
10	Вживана деревина від пожеж			A-IV	4590.3.1.01

Висновки.

1. Проаналізовано хімічний склад вживаної деревини – виробів з деревини, що підлягають утилізації – від оброблення сировини і матеріалів на різних стадіях до вилучення готових виробів (відходів споживання) з різних об'єктів господарювання.

2. Охарактеризовано та описано склад та матеріал як природних так і хімічних забруднювачів, що використовуються як речовини захисту деревини.

3. Розроблено класифікацію включень у спожитій деревині.

4. Запропоновати класифікацію вживаної деревини – виробів з деревини, що підлягають утилізації за ступенями забруднення з поділом на чотири групи вживаної деревини, які гармонізуються з міжнародними системами класифікації аналогічних відходів.

5. Систематизовано вживану деревину – вироби з деревини, що підлягають утилізації за походженням : групами, видами, підвидами та категоріями.

References

1. „**Verordnung über Anforderungen an die Entsorgung von Altholz**“, 15. August 2002. BGBl. I, Nr. 59 vom 23.8.2002. - S. 3302.
2. „**Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von AltholzV (Altholzverordnung)“,** Art. 1a der Verordnung vom 1. März 2003. BGBl. I. - S. 3302-3317.
3. „**Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz V (Altholzverordnung)“,** Art. 2a der Verordnung vom 20. Oktober 2006. BGBl. I Nr. 48, - S. 2298, 2331.
4. **Bekhta P.A.** (1999): Можливості повторного використання вживаної сировини: сучасний стан та перспективи / *Mozhlyvosti povtornoho vykorystannya vzhyvanoyi syrovyny: suchasnyy stan ta perspektyvy* [Possibilities of reuse of used raw materials: current state and prospects] // Scientific Bulletin UNFU 9(5):34-44.
5. **Brandstätter M.** (1994): Rest-und Altholz; Anfall und Vermertung in osterreich. Holzforschung und Holzverwertung, 3:46-48.
6. **COST Action E 31 (Hrsg.).** (2004): National summary reports on the European market of recovered wood, 335.
7. **Drossel K., Wittke B.** (1996): Stoffliche Verwertung von Altholz- Rücknahme von Spanplatten und Altmöbeln für die Spanplattenherstellung, VDI-Verlag.
8. **Gayda, S.V., Kiyko O.A., Guz M.M.** (2022): Research of the structure of stump and rootwood for effective use in the production of wood products. Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry, 64 (3):131–142, doi: https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0011
9. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2021): Властивості вживаної деревини як визначальний чинник якості меблевих виробів / *Vlastyvosti vzhyvanoyi derevyny yak vyznachal'nyy chynnyk yakosti meblevykh vyrobiv* [Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products]. Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine 23:152-162 (in Ukrainian). https://doi.org/10.15421/412135

10. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** (2020). Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(1(107)): 89–97. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484

11. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. Poznan: Drewno, 63(206): 77-102. doi: https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10

12. **Gayda S.V.** (2019): Scientific and technical basis of post-consumer wood use in woodworking: dissertation of the Doctor of Technical Sciences, specialty 05.23.06 – woodworking technology, furniture making and wood products manufacturing. – Lviv: UNFU. – 465 p.

13. **Gayda S.V.** (2019): Визначення та порівняння властивостей вживаної деревини основних хвойних порід / *Vyznachennya ta porivnyannya vlastyvostey vzhyvanoyi derevyny osnovnykh khvoynykh porid* [A determination and comparison of properties of post-consumer wood of the basic conifers]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 45:39-46 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42194506

14. **Gayda S.V.** (2018): Дослідження та аналіз характеристик щитових конструкцій із вживаної деревини / *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktsiy iz vzhyvanoyi derevyny* [A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44:15-25 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42184402

15. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018): Формостійкість як критерій якості столярних плит із вживаної деревини / *Formostiykist' yak kryteriy yakosti stolyarnykh plyt iz vzhyvanoyi derevyny* [Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards]. Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine 17:185-192 (in Ukrainian).

16. **Gayda S.V.** (2017): Використання нечітких експертних систем для підтримки прийняття рішень в процесі сортування вживаної деревини / *Vykorystannya nechitkykh ekspertnykh system dlya pidtrymky pryynyattya rishen' v protsesi sortuvannya vzhyvanoyi derevyny* [Using fuzzy expert systems for decision support in the process of post-consumer wood sorting]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 43:5-20 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42174301

17. **Gayda S.V.** (2017): Комплексні дослідження зміни пружних властивостей вживаної деревини ялиці з віком / *Kompleksni doslidzhennya zminy pruzhnykh vlastyvostey vzhyvanoyi derevyny yalytsi z vikom* [The complex studies on the change of elastic properties of post-consumer fir wood with age]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 43:58-72 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42174308

18. **Gayda S.V.** (2016): Research on physical and mechanical characteristics of front blockboards made from post-consumer wood [Дослідження фізико-механічних характеристик фасадних столярних плит із вживаної деревини]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 33-50. doi: https://doi.org/10.36930/42164206

19. **Gayda S.V.** (2016): A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood // ProLigno : Scientific Journal. – Editura Universitatii «TRANSILVANIA» din Brasov. 12(1):22-31.

20. **Gayda S.V., Ya.M. Bilyy** (2016): Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини / *Doslidzhennya formostiykosti kleyenykh shchytiv iz vzhyvanoyi derevyny* [The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 69-79 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42164211

21. **Gayda, S.V.** (2007): A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:55-63 (in Ukrainian).

22. **Gayda, S.V., Maksymiv, V.M.** (2007): Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:63-73 [in Ukrainian].

23. **Hoffmann V.** (1996): Zuordnungskriterien für Rest- und Altholz zur energetischen Verwertung oder thermischen Behandlung. In: R. Marutzky und W. Schmidt (Hrsg.): Alt- und Restholz: Energetische und stoffliche Verwertung, Beseitigung, Verfahrenstechnik, Logistik, VDI-Verlag, Düsseldorf. 185-189.

24. **Mantau, U., H. Weimar, L. Kuiper, and N. Leek.** (2005): Final report (part1): Origin and Commercialization Structure of Post-Consumer Wood in Germany and the Netherlands. University of Hamburg and Probos Wageningen. 31.

25. **Marutzky R.** (1997): Qualitatsanforderungen und Entsorgungswege fur Rest-und Gebrauchtholzer. In: Alt- und Restholz - Energetische und stoffliche Verwertung, Beseitigung, Verfahrenstechnik, Logistik, VDI-Verlag, Düsseldorf. 114-118.

26. **Moxn J.** (2000): Emissionen und Stoffflusse von (Rest-) Holzfeuerungen / Das Projekt wurde von den folgenden Institutionen finanziert: BUWAL Schweiz. Vereinigung fur Holzenergie IG-Altholz Kantone (AG, BE, BS/BL, GE, TG, ZG, ZH) Anlagenbetreiber. - EMPA. Abteilung Luftfremdstoffe / Umwelttechnik Bericht Nr. 880'002/1, 180.

27. **Noger D., et al.** (1996): Verwertung und Beseitigung von Holzaschen. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). Schriftenreihe Umwelt Nr. 269.

28. **Oniśko W., Dobrowolska E., Matejak M.:** Opracowanie założeń klasyfikacji drewna poużytkowego według kierunków jego zużycia. Opracowanie OBRPPD nr 74.1379.3.98.

29. **Ratajczak E., Szostak A., Bidzińska G.** (2003): Drewno poużytkowe w Polsce, Instytut Technologii Drewna, 168.

30. **Ratajczak E.** (2013): Sektor leśno-drzewny w zielonej gospodarce. Wydawnictwo Instytutu Technologii Drewna, Poznań: 62-69.

31. **Ratajczak E., Szostak A., Bidzinska G., Leszczyszyn E.** (2018): Market in wood by-products in poland and their flows in the wood sector. Poznan : Drewno 61(202): 5-20.

UDC 674.001.2

Prof. S.V. Gayda, Doktor of Sciences; assoc. prof. G.V. Somar, Ph.D; assoc. prof. I.A. Sokolovskyy, Ph.D - UNFU

The chemical nature of pollutants as a basis for the classification of wood products to be utilization

The chemical composition of used wood - wood products to be disposed of - from the processing of raw materials and materials at various stages to the removal of finished products (consumer waste) from various economic facilities was analyzed. The composition and material of both natural and chemical pollutants used as wood preservatives are characterized and described. In detail research composition and material of pollutants of post-consumer wood, in particular on the basis of matters of defence of wood: antiafterglows, antiseptics, insecticides, fungicides, biogicides, fixing agent, complex preparations but other. Classification of including of post-consumer wood which includes mechanical and chemical contaminations is developed. The most dangerous matters, carcinogenic connections and toxic components which can be contained in post-consumer wood, are described, in particular, pentachlorphenol, lindan, permethrin, dichlordiphenyl-threechloretan (DDT), polychlorinated biphenyls (PCB), polichlorinated terphenyls (PCT), polibrominated biphenyls (PBB), polyvinilcloruro (PVC), butters on the basis of factions of coal resin (benzo(a)pyren) and connections which contain benzo(a)pyren but other, superficially active hydrocarbons (SAH). To propose the classification of used wood - wood products to be disposed of according to the degree of pollution, with a division into four groups of used wood, which are harmonized with international systems of classification of similar waste. The list of the most widespread arboreal wastes is systematized – post-consumer wood after groups, kinds, subspecieses, categories and kodas. Generalized list of dangerous components of wastes – components – chemical elements (arsenic, boron, cadmium, copper, mercury, lead, titanium, fluorine, chlorine, chromium, zinc but other) and their connections. Limitation for wood chips and shavings from common wood, which are used for the production of arboreal flags, is resulted. The criteria of classification of post-consumer wood (possible concentrations of harmful components) are offered for the different types of incineration.

Keywords: post-consumer wood, antiafterglows, antiseptics, insecticides, fungicides, matters of defence, arboreal wastes, degree of contamination, systematization of post-consumer wood, concentration of harmful components.

УДК 684.416.2
Проф. С.В. Гайда[1], д-р техн. наук; асист. М.М Ільків[2]; ст. викл. Л.В. Салапак[3] – НЛТУ України, doi: https://doi.org/10.36930/42214803

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ РОЗСУВНИХ ДВЕРЕЙ ПРИХОЖ

Виконано порівняння економічної ефективності інвестиційних вкладень технологічних процесів з виготовлення дверей прихож з різних матеріалів та різних конструкцій з комплекту меблів для коридору. Підібрано та розраховано необхідні матеріали для двох видів виготовлення фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож, які входять в комплект гардеробної стінки, що виготовлений з різних матеріалів з натуральної деревини. Підібрано та розраховано необхідне основне обладнання згідно розроблених технологій виготовлення для двох варіантів виготовлення фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож. Підібрано, розроблено та розраховано необхідні технологічні маршрути для кожного варіанту виготовлення фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож. Розраховано необхідне устаткування, щоб технологічно виконати два варіанти розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу. Запропоновано два плани цехів згідно розроблених технологій виготовлення фасадних поверхонь. Запропоновано раціональний технологічний процес виготовлення фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож. Розраховано та визначено ефективність вибору одного технологічного процесу для певного фасаду прихожої, які входять в комплект гардеробної стінки, що виготовлений з різних матеріалів. Розраховано та обґрунтовано, що варто обирати варіант номер два з виробництва фасадів із брускових елементів, так як там значно менші інвестиційні вкладення 50816,05 тис. грн (для першого – 149712,39 тис.грн), тобто менше значення показника порівняльної економічної ефективності, хоч і довший термін окупності, що становить 0,85 у порівнянні з 0,27.

Ключові слова: меблевий фасад, меблеві вироби, технології, рамко-тахлеві конструкції, вироби з деревини, склеювання, клей ПВА, технологічні процеси.

Стан. Актуальність. Проблема. Альтернатива. Незважаючи на наявність численних фірм з виготовлення шаф-купе, ідея бізнесу, пов'язаного з даними меблями, має великі перспективи. Це зумовлено потребою таких шаф, виготовлення яких надає можливість максимального задоволення всім запитам замовника. Популярність шаф-купе на сьогоднішній момент настільки велика, що збільшення кількості персоналу, розширення виробничої площі, закупівля необхідного, навіть дорогого устаткування обіцяє тільки райдужні перспективи даної бізнес-ідеї.

Популярним матеріалом для виготовлення корпусу шаф купе є ДСП, але застосовують і меблевий щит, і столярну плиту. Другорядні деталі: задні стіни, дно шухляд виготовляють із ДВП. Стосовно дверей – асортимент великий.

Шафи можуть мати саму різну конфігурацію, їх двері також можуть бути різними: розсувними або складними, з верхнім або нижнім підвісом, скляними, дзе-

[1] Гайда Сергій Володимирович – член-кореспондент Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор кафедри технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-067-791-25-22. E-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7468-5661 ResearcherID: ABB-1636-2021 Scopus/authorID=57221587964

[2] Ільків Михайло Миколайович, асистент, кафедра технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103. м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-097-855-25-03. Email: mykhailo.ilkiv@nltu.edu.ua

[3] Салапак Любов Василівна, ст. викладач, кафедра прикладної механіки і технології матеріалів. Email: lyubov.salapak@nltu.edu.ua

ркальними, облицьованими. Зараз дуже популярні шафи з розсувними дверима. Незважаючи на те, що двері - це своєрідне обличчя шафи-купе, її зазвичай декорують дуже примітивно. Це може бути обумовлено тим, що клієнт не обізнаний у всіх можливих варіантах декору. А оформлення дверей може бути виконана з шкіри, з тканини, з натурального дерева, бамбука і мн. ін. Вибір фасадних дверей для прихож лягає на плечі споживача, а виробничник повинен бути готовим до будь якого вибору покупця. Менеджер разом з замовником обговорює всі особливості виготовляється корпусного виробу в загальному, а фасадні поверхні, як лице господаря, потребує детального обговорення. Щодо матеріалу фасадів прихож, то це можуть бути: масивна деревина, зокрема брускові заготовки, меблевий щит; МДФ-плити; рамково-тахлева конструкція з МДФ-профілю або з брускових елементів. Тобто при виборі фасаду у споживача меблів виникає дилема – що вибирати? Це ніби проблема, але прогрес рухається вперед, що спонукає вибирати актуальний на сьогодні варіант фасаду. Виробництву потрібно рухатись в ногу з часом, і бути готовим до будь яких примх споживача. Тому порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення різних конструкцій розсувних дверей прихож є сьогодні доречним та актуальним. Використання якісної натуральної масивної деревини або подрібненої у вигляді МДФ для фасадів прихож дає змогу зробити високоякісні сучасні вироби, що відповідають естетичним вимогам.

Мета, об’єкт, предмет та завдання досліджень

Мета – виконати порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення різних конструкцій розсувних дверей – фасадів прихож.

Об’єкт дослідження – технологічні процеси виготовлення різних конструкцій. ***Предмет дослідження*** – порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення різних конструкцій розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу.

Завдання досліджень:

1. Описати існуючі види розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу та їх технологій
2. Описати технологічні процеси виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу.
3. Розробити Методику досліджень технологічних процесів виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу
4. Запропонувати перспективний технологічний та виробничий процес для виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу певної конструкції
5. Здійснити підбір сучасного устаткування технологічного процесу для виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу певної конструкції.
6. Здійснити порівняння технологічних процесів виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу з конструктивними особливостями

7. Розрахувати необхідні матеріали, щоб технологічно виконати два варіанти розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу.

8. Розрахувати необхідне устаткування, щоб технологічно виконати два варіанти розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу.

9. Представити маршрути технологічних процесів, щоб технологічно виконати два варіанти розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу.

10. Розробити планувань цехів, щоб технологічно виконати два варіанти розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу.

11. Вибрати раціональний технологічний процес виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу можливих конфігурацій.

12. Розрахувати Ефективність вибору одного технологічного процесу для певного фасаду прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу.

13. Зробити загальні висновки.

14. Надати пропозиції для виробництва розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу можливих конфігурацій.

Методика порівняльних досліджень

Методика досліджень технологічних процесів виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу з конструктивними особливостями включає:

- технічні описи прихож;
- конструкції розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу;
- технології та планування обладнання з виготовлення фасадів прихож.

Прийняті для порівняння складальні одиниці – розсувні двері – фасади прихож з габаритними розмірами: висота 2013 мм, ширина 494 мм; товщина 22 мм. Конструкції корпусу прихож одинакові. Відрізняються дверними фасадами. В першому варіанті використовується тільки МДФ, а в другому – деревина твердих листяних порід.

Для проведення досліджень технологічних процесів використано дві різних конструкції розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу (рис. 1)

- Варіант №1 – розсувні двері з МДФ-плит/погонажу.
- Варіант №2 – розсувні двері рамково-ґратчастої конструкції.

Опис конструкцій розсувних дверей – фасадів прихож.

Технічний опис (варіант №1) фасаду , що зроблений з МДФ-профілю (ГС-П-Двері-розсувні) включає габаритні розміри : висота 2013 мм, ширина 494 мм; товщина 22 мм. Складові та розмірні характеристики фасаду , що зроблений з МДФ-профілю (ГС-П-Двері-розсувні) представлені у табл. 1. Всі складові елементи фасаду №1 кріпляться між пластмасовими шпонками.

Таблиця 1. Складові елементи фасаду №1 (Двері з МДФ)

Рамка МДФ (1)		Кіль	Вид	Д	Ш	Т	Об'єм
Тахля МДФ (1)	01.00.01	2	МДФ	2013	494	16	0,03182
Плита МДФ, 16, м3							0,03182
Профіль МДФ 60х22.	01.00.02.	4	MDF	2013	60	22	8,0520
Профіль МДФ 60х22.	01.00.03.	4	MDF	494	60	22	1,9760
Профіль МДФ,22, м. п.							10,0916

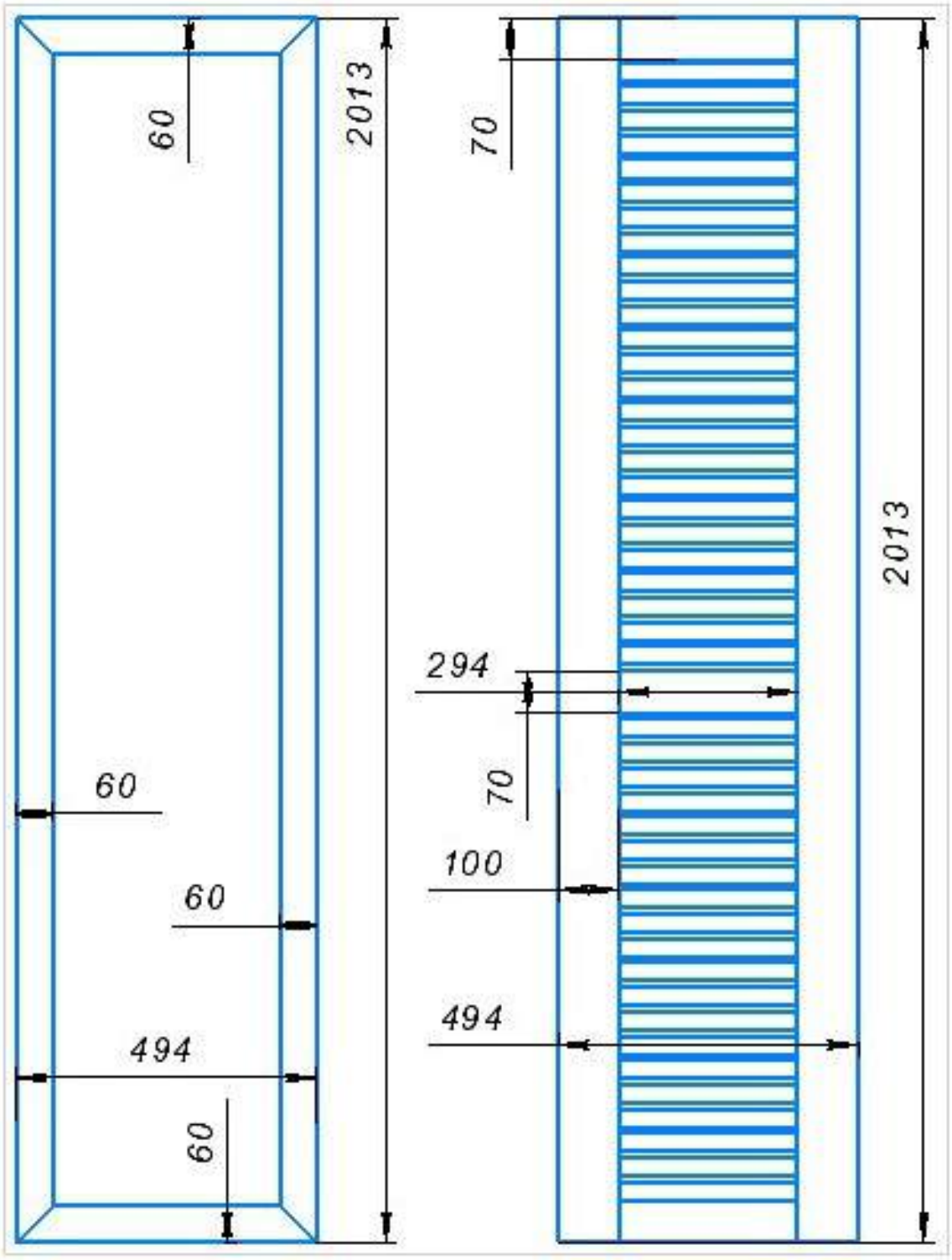


Рис. 1. Можливі форми фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож, які входять в комплект гардеробної стінки (ГС-П-Двері-розсувні), що виготовлений з різних матеріалів для дослідження

Технічний опис №2 Фасад (ГС-П-Двері-розсувні), що зроблений згідно вимог сьогодення включає габаритні розміри : висота 2013 мм, ширина 494 мм; товщина 22 мм. Складові та розмірні характеристики фасаду , що зроблений із масивної деревини твердих порід представлені у табл. 2. Деталі дверей із листяних порід є текстурними і мають колір деревини та відповідають вимогам стандарту. Всі ці складові елементи фасаду №2 кріпляться між собою ПВА клеєм на шип одинарний.

Таблиця 2. Складові елементи фасаду №2(Двері з масиву)

Двері Рамка (2)	02.00.00	кіль	Порода	Д	Ш	Т	Об'єм
Брусок гориз	02.00.01	2	Дуб	2013	70	22	0,00620
Брусок верт.	02.00.02	3	Дуб	374	100	22	0,00247
Вкладки	02.00.03	45	Дуб	374	30	12	0,00606
Разом, м3							0,01473

Технологія. Технологічні процеси виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу включають наступні технологічні операції залежно від конструкції та матеріалу:

І. Масив:

1. Поступлення на склад для контролю.
2. Детальний облік сировинних матеріалів та комплектуючих.
3. Аналіз та уточнення розмірів деревинних матеріалів.
4. Складання карт розкрою на заготовки за поперечним перерізом.
5. Розкрій поперек на кратні заготовки.
6. Фрезерування з чотирьох боків.
7. Утворення шипів та гнізд різної форми.
8. Підбір рейок за текстурою.
9. Склеювання в замкнуті контури разом із вставками.
10. Формування елементів дверей – фрезерування за контуром.
11. Складання рамково-ґратчастих дверей.
12. Складання дверей різного ґатунку.
13. Фрезерування дверей за контуром.
14. Присадка отворів всіх інших отворів.
15. Використання комплектуючих – засобів кріплення, елементів декору.

ІІ. Двері з МДФ рамко-тахлевої конструкції.

16. Розкрій МДФ-плит для тахлі
17. Розкрій погонажу підкутом 45 градусів для рамок
18. Пазування гнізд під дві шпонки на кожен вузол.
19. Складання фасадів в пресі з точною фіксацією 90 градусів
20. Контроль якості дверей.
21. Укладання на стелажні полиці для перевезення в інші дільниці.

Пропозиції з підбору сучасного устаткування технологічного процесу для виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу представлено рис. 2, 3. Для кожного виду фасадів дверей певної конструкції використовується свій підбір обладнання.

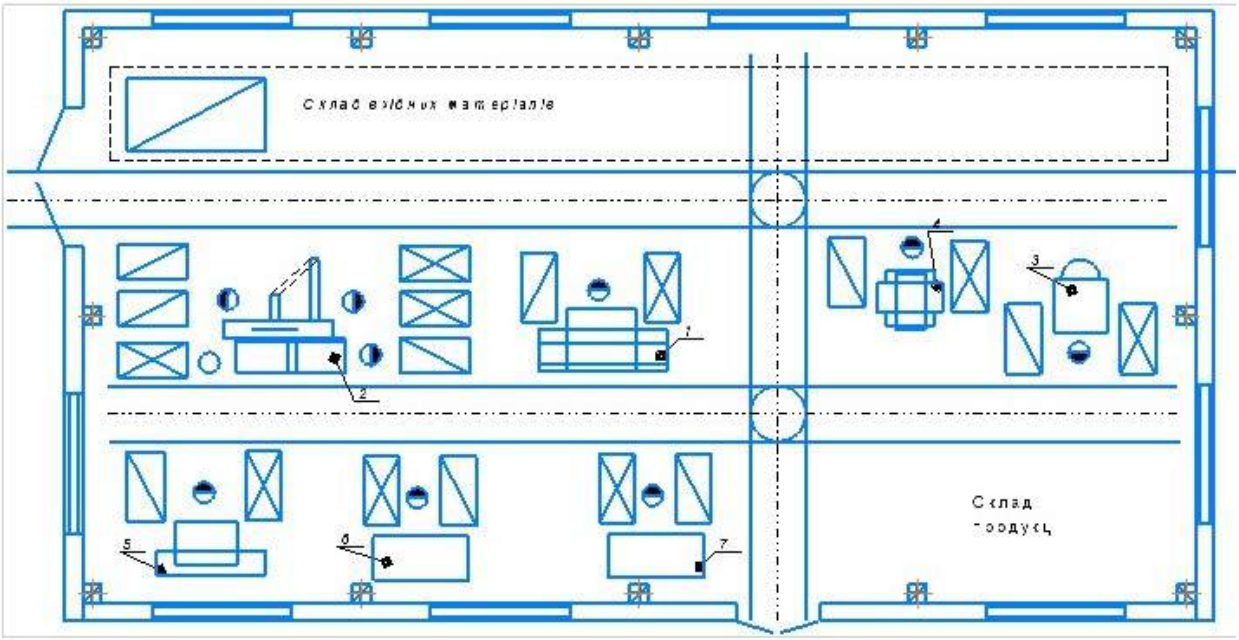


Рис. 2. Варіант перший : планування обладнання з виготовлення розсувних дверей з МДФ-плит/погонажу.

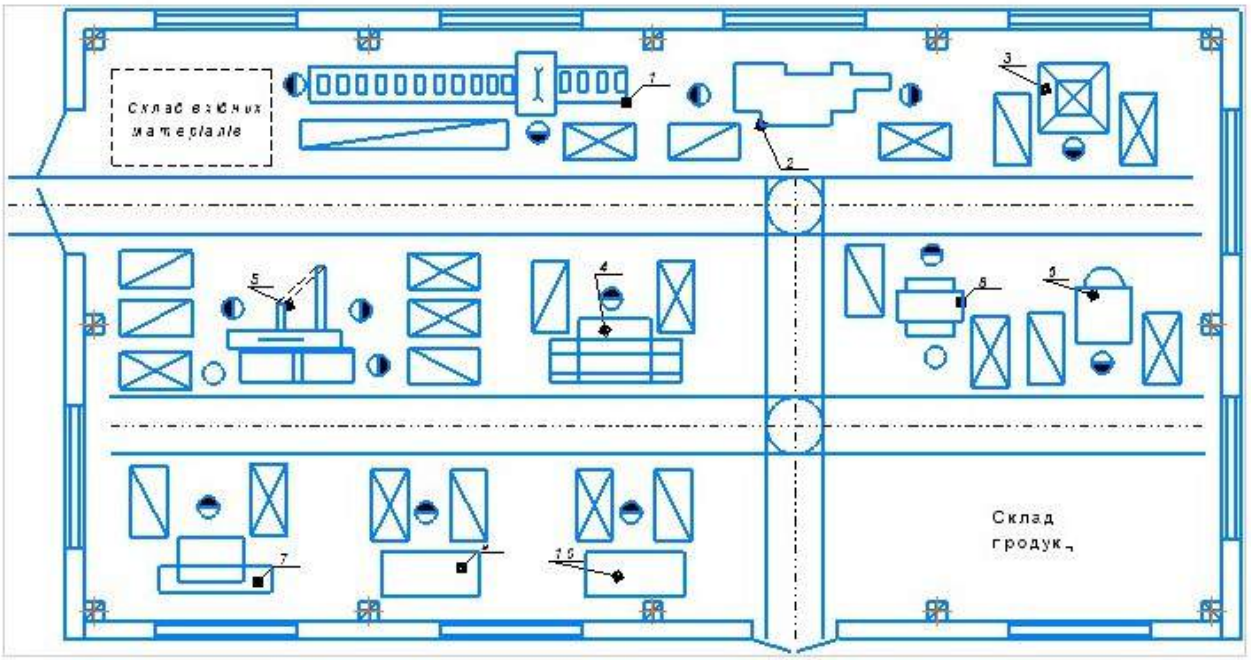


Рис. 3. Варіант другий : планування обладнання з виготовлення розсувних дверей рамково-тахлевої конструкції — рамка виготовляється з заготовок, а вставки — зі брусків

Методологія порівняння технологічних процесів виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу з конструктивними особливостями включає:

- Проведення розрахунку витрат на сировини та матеріалів;
- Підбір необхідного обладнання;
- Визначення та встановлення кількості виробничого персоналу дільниць;
- Здійснення аналізу завантаження основного обладнання,
- Порівняльний аналіз вартості основного обладнання;
- Підбір оптимального технологічного процесу виготовлення розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини

та МДФ-плит/погонажу можливих конфігурацій виходячи із вартості обладнання, кількості працюючих та витрат на електроенергію, яка напряму зв'язана з виробничою потужністю підібраного устаткування.

Результати та обговорення.

За проектом виробничий процес виготовлення фасадів прихож, як складових елементів меблів для коридорів, на основі сучасних конструкцій може здійснюватися за двома варіантами: №1 – розсувні двері з МДФ-плит/погонажу; №2 – розсувні двері рамково-ґратчастої конструкції. Для розрахунків приймаємо обсяг виробництва – 40000 шт. рік. Обгрунтуємо вибір варіанту виробництва фасаду прихожої за показником порівняльної економічної ефективності. Цей показник доцільно застосовувати у випадку різниці між поточними витратами на виробництво продукції і інвестиційними затратами на проекти.

Показником порівняльної економічної ефективності є сумарні приведені витрати ($З_{пр.}$), які включають поточні ($С_i$) і приведені до поточного періоду капітальні витрати ($К_i$):

$$З_{пр}=С_i + Е_н \cdot К_i \rightarrow min$$

де $С_i$ – річні виробничі витрати (собівартість) за і-м варіантом капітальних вкладень, грн.; $Е_н$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень; $К_i$ – обсяг капітальних вкладень за і-м варіантом, грн.

Критерієм оптимальності вибору інвестиційного проекту є мінімальне значення показника приведених витрат.

Визначення економічного ефекту виробничих процесів. Визначимо поточні витрати на виробництво продукції. Для цього сформуємо кошторис виробничої собівартості за такими елементами: прямі матеріальні витрати; прямі витрати на оплату праці; прямі витрати на соціальне страхування; загальновиробничі розподілені витрати; інші операційні витрати.

Визначимо вартість витрат на сировину та матеріали (табл. 3).

Таблиця 3. Матеріали для фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож, які входять в комплект гардеробної стінки (ГС-П-Двері-розсувні), що виготовлений з різних матеріалів зокрема із МДФ матеріалів

N п/п	Назва сировини, матеріалу і їх характеристика	Одиниці виміру	Норма витрат матеріалів на виріб	Витрати матеріалів на програму	Ціна за одиницю, грн	Вартість на програму, тис. грн
	Варіант №1					
1	Плита МДФ, 16, м3	м3	0,0397	1587,62	24381,87	38709,05
2	Профіль МДФ, 22, м. п.	м.п.	10,7373	429490,46	160,00	68718,47
3	Шпонка двотавр	шт	16,1600	646400,00	0,36	232,70
	Всього					107660,23
	Монтажні роботи				12	12919,23
	Разом					120579,46
	Варіант №2					
1	П/м хв.п. порід	м3	0,0505	2019,68	14500	29285,29
2	Клей Йоват 102-19.	кг	0,0772	3087,55	110	339,63
3	Шліф.стрічка (всього)	м2	0,1411	5642,37	220	1241,32
	Всього					30866,25
	Монтажні роботи				12	3703,95
	Разом					34570,20

Розрахуємо витрати на оплату праці персоналу дільниці виготовлення дверей прихож (табл. 4).

Таблиця 4. Витрати на оплату праці персоналу дільниці

Назва показників	Одиниці вимірювання	В-1(МДФ)	В-2(ПМ)
Виробничі робітники	осіб	5	9
Допоміжні робітники	осіб	2	2
Керівники, службовці	осіб	1	1
Разом	осіб	**8**	**12**
Фонд оплати праці:	місяці	12	12
виробничих робітників	тис. грн.	1431,00	2575,80
допоміжних робітників	тис. грн.	457,92	457,92
керівників, службовців	тис. грн.	429,30	429,30
Разом	тис. грн.	2318,22	3463,02

Визначимо суму розподілених загальновиробничих витрат $В_{зв}$ за формулою: $В_{зв}$ = (Фонд оплати праці допоміжних робітників, керівників і спеціалістів + Річна сума амортизаційних відрахувань) / 0,453. Визначимо вартість обладнання, яке використовується у виробничих процесах (табл. 5).

Таблиця 5. Розрахунок вартості обладнання

№	Назва обладнання, устаткування	Марка, тип	К-сть	Вартість, тис. грн.	
				Одиниці	Разом
	Варіант №1				
1	В-т форматно-розкр	РК-400	1	135,07	135,07
2	В-т двобічновус	W-45-M	1	149,99	149,99
3	Верстат свердл.	СвА-2	1	70,96	70,96
4	Прес складальний	РР-90	1	62,90	62,90
5	Верстат фрезерний	ФСШ-1	1	74,59	74,59
	Разом		5	493,52	493,52
	Монтаж		20	98,70	98,70
	Всього			592,22	592,22
	Варіант №2				
1	В-т торцювальний	ЦПА-40	2	77,4144	77,4144
2	В-т чотирибічний	PG-220	1	129,024	129,024
3	Прес складальний	РР-90	1	38,304	38,304
4	Верстат свердл.	СвА-2	1	70,9632	70,9632
5	В-т форматно-розкр	РК-400	1	135,072	135,072
6	Верстат фрезерний	ФСШ-1	1	74,592	74,592
7	В-т крайкошліф	SP-25	1	62,8992	62,8992
8	В-т шліфувальний	S-650	1	149,9904	149,9904
	Разом		9	738,26	738,26
	Монтаж		20	147,65	147,65
	Всього			885,91	885,91

Враховуючи площу дільниці (360 м^2) визначимо суму щорічних амортизаційних відрахувань:

Варіант №1: $А_1$ = (360·16·0,4) ·0,0776+ (592,22·0,209) = **562,07** тис. грн.

Варіант №2: $А_2$ = (360·16·0,4) ·0,0776)+ (885,91·0,209) = **623,31**тис. грн.

Розрахуємо суму загальновиробничих витрат:
Варіант №1: $В_1$ = (457,92+429,30)/0,453=**3199,32**тис. грн.
Варіант №2: $В_2$ = (457,92+429,30)/0,453=**3334,50** тис. грн.
Визначимо витрати на виробництво і прибуток (табл. 6).

Таблиця 6. Кошторис виробничої собівартості

№	Статті витрат	Варіант №1	Варіант №2
1	Прямі матеріальні витрати	120579,46	34570,20
2	Прямі витрати на оплату праці	1431,00	2575,80
3	Відрахування на соціальне страхування	314,82	566,68
4	Розподілені загальновиробничі витрати	3199,32	3334,50
5	Виробнича собівартість	125524,60	41047,17
6	Інші витрати	1275,02	1904,66
7	Повна собівартість	126799,62	42951,83
8	Прибуток до оподаткування	22823,93	7731,33
9	Відпускна ціна без ПДВ	149623,55	50683,16

Отже, найбільшими є витрати за першим варіантом виробничого процесу виготовлення дверей прихож, як складових елементів меблів для коридорів, на основі використання МДФ-матеріалів.

Розрахунок економічної ефективності капіталовкладень. Визначимо показники порівняльної економічної ефективності інвестиційних вкладень:

Варіант №1: $З_{пр}$=149623,55+ 0,15·592,22=149712,39 тис. грн.
Варіант №2: $З_{пр}$=50683,16+ 0,15·885,91= 50816,05 тис. грн.

Менше значення показника порівняльної економічної ефективності – за другим варіантом інвестиційних вкладень. Отже, доцільно обрати варіант виробництва дверей прихож рамково-ґратчастої конструкції (рис. 4) з прийнятним терміном окупності (рис. 5).

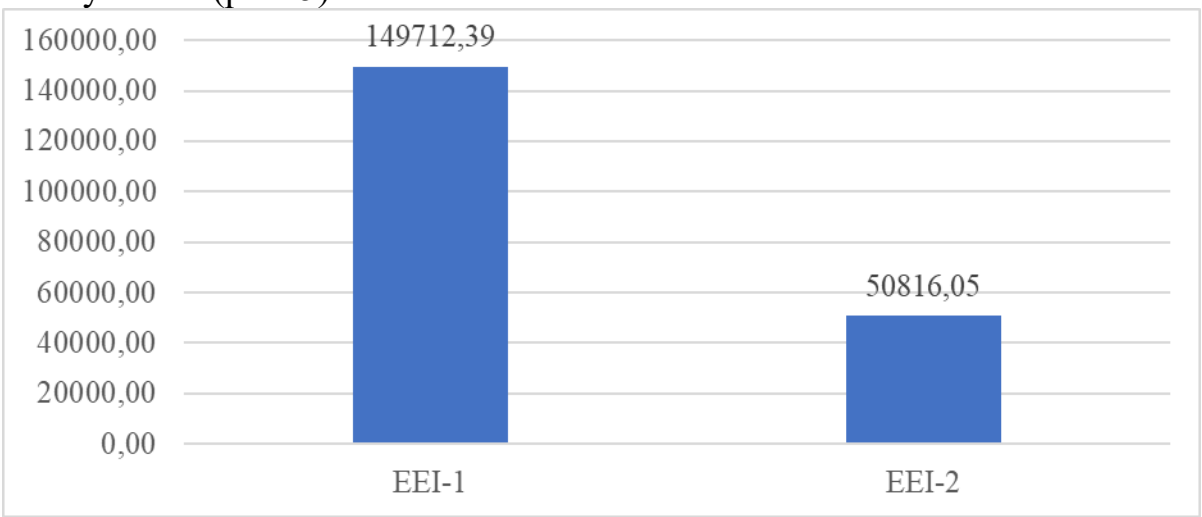


Рис. 4. Порівняння економічної ефективності інвестиційних вкладень виготовлення дверей прихож з комплекту меблів для коридору

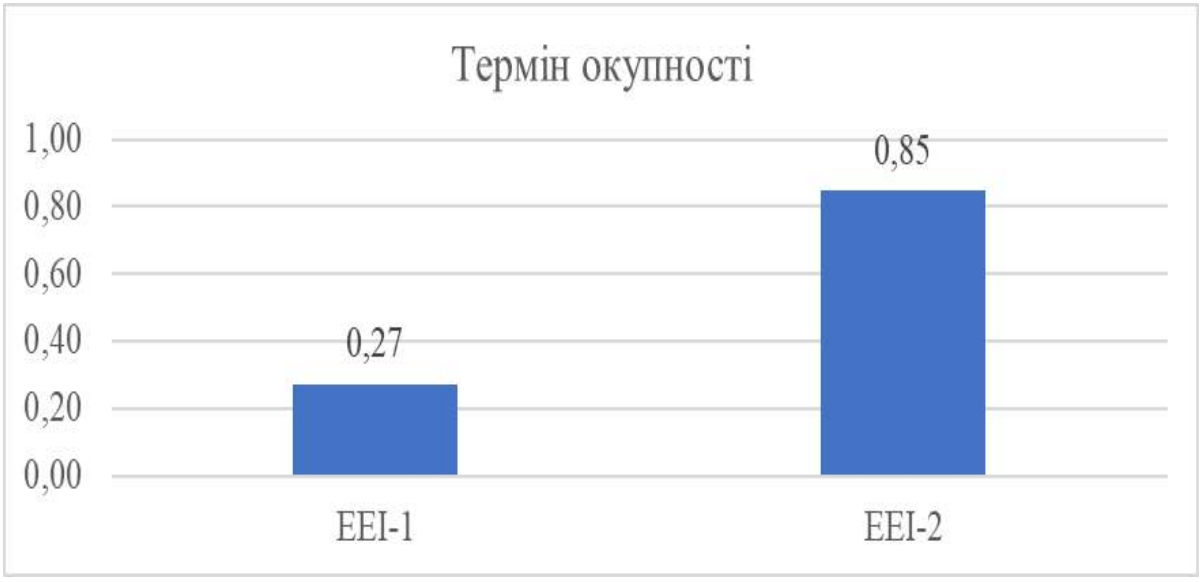


Рис. 5. Порівняння термінів окупності інвестиційних вкладень виготовлення дверей прихож з комплекту меблів для коридору

Висновки

1. Виконано порівняння економічної ефективності інвестиційних вкладень технологічних процесів виготовлення дверей прихож з різних матеріалів та різних конструкцій з комплекту меблів для коридору.
2. Підібрано та розраховано необхідні матеріали для двох видів виготовлення фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож, які входять в комплект гардеробної стінки (ГС-П-Двері-розсувні), що виготовлений з різних матеріалів з натуральної деревини
3. Підібрано та розраховано необхідне основне обладнання згідно розроблених технологій виготовлення для двох варіантів виготовлення фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож.
4. Підібрано, розроблено та розраховано необхідні технологічні маршрути для кожного варіанту виготовлення фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож.
5. Розраховано необхідне устаткування, щоб технологічно виконати два варіанти розсувних дверей – фасадів прихож з використанням різних матеріалів – натуральної деревини та МДФ-плит/погонажу.
6. Запропоновано два плани цехів згідно розроблених технологій виготовлення фасадних поверхонь .
7. Запропоновано раціональний технологічний процес виготовлення фасадних поверхонь - розсувних дверей для прихож.
8. Розраховано та визначено ефективність вибору одного технологічного процесу для певного фасаду прихожої, які входять в комплект гардеробної стінки, що виготовлений з різних матеріалів
9. . Розраховано та обґрунтовано, що варто обирати варіант номер два з виробництва фасадів із брускових елементів, так як там значно менші інвестиційні вкладення 50816,05 тис. грн (для першого – 149712,39 тис.грн), тобто менше значення показника порівняльної економічної ефективності, хоч і довший термін окупності, що становить 0,85 у порівнянні з 0,27.

References

1. **Gayda S.V., Ilkiv M.M.** (2021) : Дослідження технологічних процесів виготовлення меблевих фасадів з масивної деревини // *Doslidzhennya tekhnolohichnykh protsesiv vyhotovlennya meblevykh fasadiv z masyvnoyi derevyny.* [Research of technological processes of manufacture of meble facades from solid wood]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 47:22-33, (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42214703

2. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** [2020]: Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 [1 [107]], 89–97. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484

3. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** [2020]: The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. Poznan : Drewno, 63 [206], 77-102. doi: https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10

4. **Gayda S.V.** (2020) : Аналіз конструкцій та технологій виготовлення сучасних меблевих фасадів / *Analiz konstruktsiy ta tekhnolohiy vyhotovlennya suchasnykh meblevykh fasadiv* [Analysis of structures and technologies of manufacture of modern furniture facades]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:54-64 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42204606

5. **Gayda, S.V., Kiyko O.A., Guz M.M.** (2022): Research of the structure of stump and rootwood for effective use in the production of wood products. Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry, 64 (3):131–142, doi: https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0011

6. **Gayda S.V., Petrishak I.V.** (2020) : Дослідження впливу породи та режимів шліфування на питому продуктивність шліфувальної шкурки / *Doslidzhennya vplyvu porody ta rezhymiv shlifuvannya na pytomu produktyvnist' shlifuval'noyi shkurky* [Study of the influence of breed and grinding modes on the specific productivity of grinding skin]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:5-15 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42204601

7. **Gayda S.V., Voytovych I.G.** (2020) : Дослідження технологічних процесів виготовлення ніжок столів обідніх різних конструкцій / *Doslidzhennya tekhnolohichnykh protsesiv vyhotovlennya nizhok stoliv obidnikh riznykh konstruktsiy* [Research of technological processes of production of legs of tables of various designs]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:36-49 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42204604

8. **Gayda S.V., Grytsak S.A.** (2020) : Порівняльний аналіз фізико-механічних характеристик гнутих елементів із різних порід дерев / *Porivnyal'nyy analiz fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk hnutykh elementiv iz riznykh porid derev* [Comparative analysis of physical and mechanical characteristics of bent elements from different tree species]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:16-27 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42204602

9. **Voytovych I.G.** [2010]: Osnovy tekhnolohiyi vyrobiv z derevyny [Fundamentals of wood products technology]. – Lviv: Country of Angels, 305 p. (in Ukrainian).

10. **Dyachun Z.J**. [2007]: Konstruyuvannya mebliv: Korpusni vyroby [Furniture design: Cabinet products]: – Kyiv: Mohyla Academy House, 387 p. (in Ukrainian).

11. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2019): Дослідження технологічних процесів виготовлення ліжок двоспальних різних конструкцій / *Doslidzhennya tekhnolohichnykh protsesiv vyhotovlennya lizhok dvospal'nykh riznykh konstruktsiy* [A investigation of technological processes of making beds of double different designs]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 45:21-31 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42194504

12. **Gayda S.V.** (2019): Визначення та порівняння властивостей вживаної деревини основних хвойних порід / *Vyznachennya ta porivnyannya vlastyvostey vzhyvanoyi derevyny osnovnykh khvoynykh porid* [A determination and comparison of properties of post-consumer wood of the basic conifers]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 45:38-49 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42194506

13. **Gayda S.V.** (2018): Дослідження та аналіз характеристик щитових конструкцій із вживаної деревини / *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktsiy iz vzhyvanoyi derevyny* [A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44:14-24 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42184402

14. **Gayda S.V.** (2018): Технологія МДФ-фасадів / *Tekhnolohiyi MDF-Fasadiv* [MDF Facade Technologies]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44:70-83 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42184410

15. **Gayda S.V., Voytovych I.G.** (2017): Дослідження міцності та стійкості елементів ґратчастих меблевих виробів із вживаної деревини / *Doslidzhennya mitsnosti ta stiykosti elementiv gratchastykh meblevykh vyrobiv iz vzhyvanoyi derevyny* [Durability and stability of elements for beam furniture products made from post-consumer wood are investigated]. Bulletin of KhNTUA 189:62-70 (in Ukrainian).

16. **Gayda S.V.** (2017): A technology and properties of furniture board made of post-consumer wood. Actual problems of forest complex 48:34-38 (in Russian).

17. **Gayda S.V.** (2016): *Ekologo-tekhnologicheskiye aspekty pererabotki vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny dlya proizvodstva pressovannykh materialov* [Ecological and technological aspects of recycling post-consumer wood for production compacted materials]. *Lesnoy vestnik / Forestry bulletin of MSFU* 20(3):15-22 (in Russian).

18. **Gayda S.V.** (2016): Технологічні підходи до поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом / *Tekhnolohichni pidkhody do poverkhnevoho ochyshchennya vzhyvanoyi derevyny holkofrezernym instrumentom* [Technological approaches to cleaning of surface of post-consumer wood of needle-milling tools]. Bulletin of KhNTUA 178:3-11 (in Ukrainian).

19. **Gayda S.V., Ya.M. Bilyy** (2016): Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини / *Doslidzhennya formostiykosti kleyenykh shchytiv iz vzhyvanoyi derevyny* [The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 69-79 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42164211

20. **Gayda, S.V., Maksymiv, V.M.** (2007): Аналіз, особливості, проблеми та досвід використання додаткових ресурсів сировини – відходів та вживаної деревини / *Analiz, osoblyvosti, problemy ta dosvid vykorystannya dodatkovykh resursiv syrovyny – vidkhodiv ta vzhyvanoyi derevyny* [Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:63-73 (in Ukrainian).

21. **Gayda S.V.** (2016): A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. *ProLigno* 12(1):22-31.

22. **Gayda S.V.** (2015): *Tekhnologiï i fiziko-mekhanichni vlastivosti stolyarnikh plit iz vzhivanoï derevini* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood]. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems* 3(1):145-152 (in Ukrainian).

23. **Gayda S.V.** (2013): Основи формування класифікатора вторинних деревинних ресурсів / *Osnovy formuvannya klasyfikatora vtorynnykh derevynnykh resursiv* [Bases of secondary wood resources classifier formation]. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 11:208-215 (in Ukrainian).

24. **Gayda S.V.** (2011): Вживана деревина – додатковий ресурс сировини / *Vzhyvana derevyna – dodatkovyy resurs syrovyny* [Recovered wood is additional resource of raw material]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 37(1): 238-244 (in Ukrainian).

25. **Gayda, S.V.** (2007): Проблема деревної сировини у Європі та Україні / Problema derevnoyi syrovyny u Yevropi ta Ukrayini [A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:55-63 (in Ukrainian).

26. **Gayda S.V., Kshyvetskyy B.Ya., Voytovych I.G., Prokopovych B.V.** (2002): Тлумачний словник з деревооброблення / *Tlumachnyy slovnyk z derevoobroblennya* [Explanatory dictionary from Woodworking]. Lviv: UNFU. – 280 p. (in Ukrainian).

27. **Gayda S.V.** (2001): Раціональне конструювання виробів з деревини / Rational constructing of wood Productss. Lviv: BMC. – 93 p. (in Ukrainian).

28. **Gayda S.V.** (2000): Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Materials for the Productsion of wood Productss. Lviv: BMC. – 160 p. (in Ukrainian).

29. **Zayats I.M.** (1995): Tekhnolohiya vyrobiv z derevyny [Technology of wood products]: Kyiv, 1995. (in Ukrainian).

UDC 684.416.2 ***Prof. S.V. Gayda, Doctor of Sciences; asist. M.M. Ilkiv; senior lecturer L.V. Salapak*** – ***UNFU*** doi: https://doi.org/10.36930/42214803

Comparative analysis of manufacturing processes of various designs of sliding doors in the hall

A comparison of the economic efficiency of investment investments of technological processes for the manufacture of hallway doors from different materials and different structures from a set of furniture for the corridor was made. The necessary materials for two types of production of facade surfaces were selected and calculated - sliding doors for the hallway, which are included in the wardrobe wall set, made of different materials from natural wood. The necessary basic equipment was selected and calculated in accordance with the developed production technologies for two options for the production of facade surfaces - sliding doors for hallways. The necessary technological routes were selected, developed and calculated for each variant of the production of facade surfaces - sliding doors for hallways. The necessary equipment has been calculated in order to technologically perform two variants of sliding doors - entrance hall facades using different materials - natural wood and MDF boards/board. Two shop plans are proposed according to the developed technologies for the production of facade surfaces. A rational technological process for the production of facade surfaces - sliding doors for hallways is proposed. The effectiveness of choosing one technological process for a certain facade of the hallway, which is included in the set of wardrobe walls made of different materials, is calculated and determined. It has been calculated and substantiated that it is worth choosing option number two for the production of facades from block elements, since there is a much smaller investment investment of UAH 50,816.05 thousand (for the first one - UAH 149,712.39 thousand), that is, the value of the comparative economic efficiency indicator is lower. albeit with a longer payback period of 0.85 compared to 0.27.

Keywords: furniture facade, furniture products, technologies, frame and tile constructions, wood products, gluing, PVA glue, technological processes

УДК 674.041

Аспір. Т.І. Подібка[1] – НЛТУ України
doi: https://doi.org/10.36930/42214804

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЙОК НА ФОРМОСТІЙКІСТЬ МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ ІЗ ДЕРЕВИНИ БУКА РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Отримано регресійну залежність для прогнозування формостійкості меблевих щитів, в яких рейки із масиву бука звичайного (Fagus sylvatica L.) різного поперечного перерізу, зокрема товщиною 24 мм, шириною ($B_{шир}$ = 36, 60, 84 мм) та кутом нахилу річних шарів, $A_н$: тангентальний 0-30º; напіврадіальний 31-60º; радіальний 61-90º. Результати цього дослідження дали змогу отримати рівняння регресії для визначення стріли прогину меблевих щитів $\mathbf{S_{рн}}$, залежно від змінних чинників – кута нахилу річних шарів (X_1, $A_н$) та ширини заготовок (X_2, $B_{шир}$) та Обидва змінних фактори впливають по різному: збільшення кута – зменшує стрілу прогину, ширина – прямопропорційно, тобто збільшує стрілу прогину із зростанням ширини. Найбільше на формостійкість меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного з почерговим укладанням впливає перший фактор $A_н$ (x_1) – кут нахилу річних шарів в рейках. Встановлено, що вплив другого фактору $B_{шир}$ (x_2) на $\mathbf{S_{рн}}$ у порівнянні з першим $A_н$ (x_1) є в 2,4 рази меншим. Виявлено, що збільшення ширини від 36 до 84 мм призводить збільшення величини стріли прогину на 128,17-169,75 % для різних кутів, а збільшення кутів нахилу від 0 до 90 градусів призводить також зменшення на 145,57-234,81 % для різних ширин. За результатами експериментальних досліджень з'ясовано, що збільшення ширини рейок від 1:1 до 1:3,5 (співвідношення товщина – ширина) призводить до збільшення відхилення від площинності (на 128,17-169,75 %); збільшення кута нахилу річних кілець до пласті щита від 0 до 90º призводить до покращення формостійкості (на 145,57-234,81 %).

Ключові слова: бук звичайний, лісовий або європейський (Fagus sylvatica L.), меблевий щит, технологія, конструкції меблевих щитів, формостійкість, вологість, температура, розбухання, всихання, напруження, деформація, ортотропні матеріали, полівінілацетатні клеї, клейове з'єднання деревини, міцність.

Актуальність досліджень. Сьогодні, як ніколи ефективно використовуються клеєні конструкції – конструкційні щитові матеріали. Цьому посприяв технологічний прогрес. Розвиток техніки і технологій у деревообробній галузі сприяв появі на ринку нових та урізноманітненню і покращенню властивостей наявних видів композиційних конструкційних матеріалів з деревини, які створюють гідну конкуренцію масивній деревині. Це відносно недорогі матеріали, що дають змогу виготовляти меблі, орієнтовані на широке коло споживачів. До таких матеріалів можна зарахувати деревинностружкові та деревинноволокнисті плити, фанеру та інші нетрадиційні. Всім відомо про позитивні характеристики композиційних конструкційних матеріалів, але вони мають ряд недоліків, зокрема це гірші декоративні властивості і токсичність, яка зумовлена використанням синтетичних клеїв. Неперевершеність та популярність виробів з масивної деревини залишається незмінною впродовж багатьох років та не втратила актуальності і на сьогодні. Це завдяки тому, що у масивної деревини є характерні особливості, які практично неможливо відтворити у композиційних матеріалах, зокрема об'ємність текстури, здатність до відтворювання попередньої форми за зміни вологи, стабільність механічних показників за перепаду температури, відсутність розшарування за тов-

[1] Подібка Тарас Іванович – аспірант, кафедра технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-098-415-23-94. Email: t.podibka@nltu.edu.ua ; https://orcid.org/0009-0008-2335-9223

щиною та відклеювання крайки. Однак, зважаючи на капілярно-пористу будову деревини та анізотропність її властивостей, деревина як конструкційний матеріал має також і недоліки, основними з яких є зміна лінійних розмірів, розтріскування та короблення окремих деталей і навіть руйнування виробів у цілому за зміни вологості деревини. Тому дослідження формостійкості меблевих щитів з масивної деревини, зокрема з деревини бука звичайного, є актуальним питанням, особливо стосовно впливу кута нахилу річних шарів і ширини заготовок на якість меблевого або столярного виробу в умовах його різної експлуатації.

Мета – встановлення закономірностей впливу агресивного середовища на формостійкість меблевих щитів із деревини з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) різних конструкцій. **Об'єкт дослідження** – меблевий щит з масивної деревини бука звичайного (Fagus sylvatica L.). **Предмет дослідження** – вплив ширини заготовок та кута нахилу річних шарів в рейках на формостійкість меблевих щитів із деревини з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) за різних умов експлуатації.

Методи дослідження: математичної статистики – для обробки результатів експериментальних досліджень та для перевірки достовірності розроблених моделей; математичної теорії планування експериментів – для встановлення регресійних моделей та їх аналізу; математичного програмування – для рішення задачі оптимізації математичних і регресійних моделей.

Аналіз відомих досліджень. Комплексне використання деревинних ресурсів вимагає використання короткомірних заготовок для подальшого її склеювання шляхом зрощування або склеювання на гладку фугу у щити [11-20, 31-33]. Але деревина є гігроскопічним матеріалом, який має свою вологість, розміри та форму залежно від умов експлуатації. І тут криється проблема – як отримати стабільний за формою щитовий матеріал? Адже зміна форми та розмірів, які перевищують нормативні показники, знижують ефективність складальних операцій, порушують цілісність конструкції, що впливає на терміни експлуатації. У процесі сушіння, зберігання та експлуатації пилопродукції може відбуватися відхилення її форми від заданої – короблення. Анізотропія всихання приводить до зміни форми поперечного перетину пилопродукції, випиляної з різних місць колоди після сушіння (рис. 1). В основному, короблення виявляється на поперечному перетині пилопродукції – жолоблення, яке є результатом різниці радіального і тангенціального всихання, пов'язаного з кутом нахилу річних шарів до пласті пилопродукції. Дифузія вологи в деревині є причиною виникнення внутрішніх напружень. Характер зміни внутрішніх напружень достатньо складний, тому передбачити і точно визначити короблення пилопродукції надзвичайно важко [1-2, 15-24].

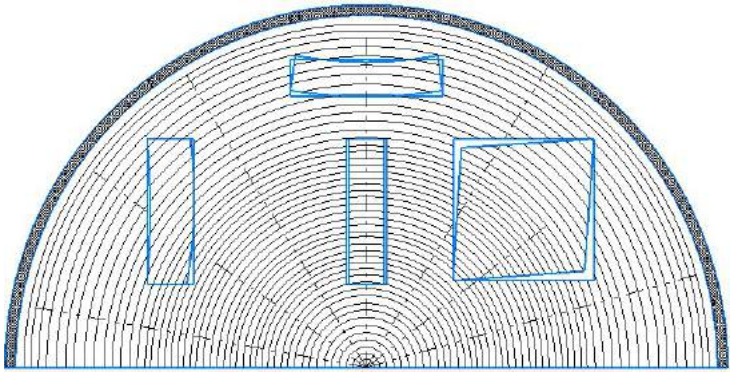


Рис. 1. Схема зміни форми поперечного перерізу пилопродукції, випиляної з різних місць колоди після сушіння

Необхідно зазначити, що на зміну форми та розмірів пилопродукції істотний вплив має також і порода деревини. Для пилопродукції з твердолистяних порід характерна більша величина зміни форми та розмірів порівняно з м'яколистяними і хвойними породами. Меблевий щит, який має велику ширину, необхідно склеювати із вузьких ділянок (заготовок). Це викликано тим, що широкі щитові клеєні конструкції піддаються жолобленню, на яке впливає розміщення волокон, напрям річних шарів у ділянках і наявність різних зон деревини в ділянці. Залежно від розміщення річних шарів і напрямку волокон у ділянках, з яких склеюється щит, не завжди вдається уникнути його жолоблення в реальних умовах експлуатації. Так, для випадку, коли щит склеюється з широких ділянок тангенціального випилювання із розміщенням річних шарів в одному напрямку (рис. 2), жолоблення такого щита однобічне і має гладку поверхню. А якщо ділянки у щиті розмістити почергово з річними шарами в двох напрямках (рис. 3), то жолоблення такого щита буде складним і з хвилястою поверхнею.

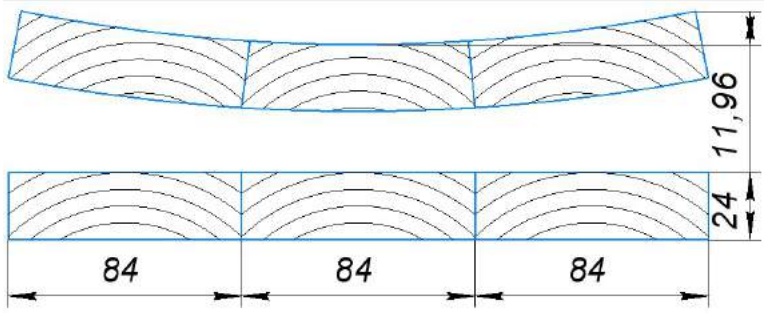


Рис. 2. Меблевий щит з широких ділянок тангенціального випилювання із розміщенням річних шарів в одному напрямку

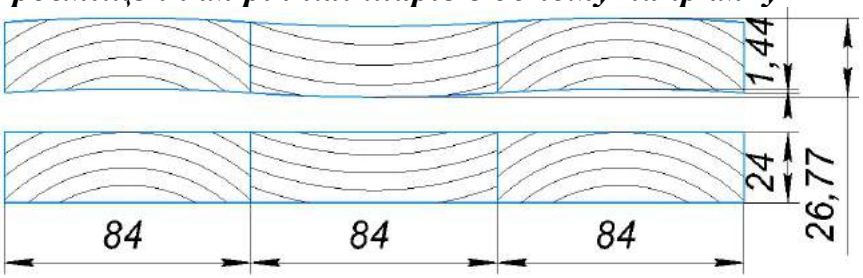


Рис. 3. Меблевий щит з широких ділянок тангенціального випилювання із перемінним розміщенням річних шарів в двох напрямках

Відомо, що викривлення заготовок тангенціального випилювання зумовлене різною величиною всихання ранньої і пізньої зон. Пізня зона всихається більше, ніж рання і річне кільце прагне до вирівнювання, а сама заготовка жолобиться. Меблевий щит з широких ділянок радіального випилювання, річні шари яких розміщені перпендикулярно до площини (рис. 4), жолоблення не зазнає, але його поверхня може бути нерівною через нерівномірне всихання заболонної та ядрової частини ділянки. Механічні властивості, притаманні деревині різних порід, позбавленій вад, досить добре вивчені. Інша справа клеєні конструкції. У процесі виготовлення меблевих щитів необхідно забезпечити потрібну якість, зокрема належну їм формостійкість. У такому випадку кращий варіант – склеювання щитів з вузьких ділянок (із заболонної або ядрової частини) радіального випилювання, які потрібно розміщувати так, щоб напрям волокон на сусідніх ділянках був розвернутий на 180° один відносно одного (рис. 5) і при цьому не втрачалися декоративні властивості отримуваної поверхні. Проте виконання цих умов для забезпечення

виробництва меблевих щитів не є оптимальним варіантом з точки зору використання сировини, трудозатрат та затрат коштів.

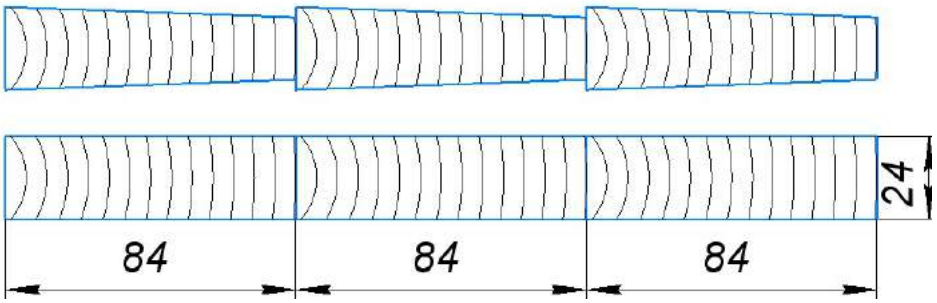


Рис. 4. Меблевий щит з широких ділянок радіального випилювання, річні шари яких розміщені перпендикулярно до площини

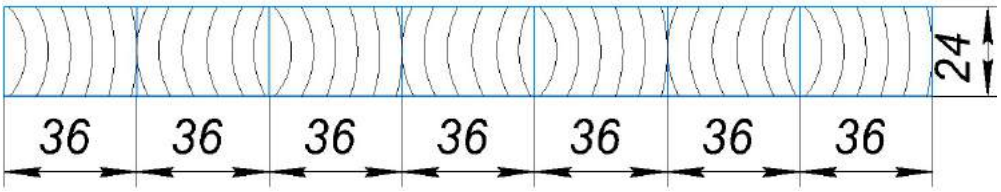


Рис. 5. Меблевий щит з вузьких ділянок (із заболонної або ядрової частини) радіального випилювання, розміщених так, щоб напрям волокон на сусідніх ділянках був розвернений на 180° один відносно одного

Багато науковців займалисть формостійкістю щитових конструкцій, зокрема, Маєвський В.О. Гайда С.В., Кійко О.А., Пардаєв А.С., Беняк Ю.В., Кривик О.О. Кійко І.О., Кушпіт А.С., М'якуш Б.М. та інші. У спеціалізованій науково-технічній літературі питання вибору ширини заготовок, з яких склеюють щити, є дискусійним [1-10]. Одні вважають, що відношення ширини ділянки до її товщини не має перевищувати 1,5 рази [7], інші – 2.2 [29]. Ряд науковців дотримуються думки, що максимально допустима ширина брусків із масивної деревини для виготовлення меблевих виробів, не має перевищувати 100 мм [6]. Вчений Маєвський В.О. [30] пропонує максимально допустиму ширину рейок 67,9 мм для радіальних рейок з деревини дуба для товщин 18 мм. Науковці Гайда С.В. та Кійко О.А. пов'язують ширину брусків для меблевих чи столярних щитів у співвідношенні 1:3 [25-28]. Проблемою деформативності займались також такі вчені Соколовський Я.І., Левкович М., Мокрицька О. [36], Головата С., Соколовський Я.І., Поберейко Б.П. [37], Соколовський Я.І., Криштапович В.І. та ін. [38].

Методика експериментальних досліджень. Методика реалізації композиційного В-плану для виготовлення меблевих щитів із деревини бука. Так як дослідження базувалися на вивченні показника формостійкості в від залежності характеристик структурних компонентів – розмірних характеристик рейок, зокрема товщини та ширини, то було реалізовано В-план другого порядку (табл. 1). Підготовлені рейки із масиву бука різного поперечного перерізу, зокрема товщиною 24 мм, шириною ($В_{шир}$ = 36, 60, 84 мм) та кутом нахилу річних шарів, $А_н$: тангентальний 0-30º; напіврадіальний 31-60º; радіальний 61-90º склеювались крайками на гладку фугу, що і формувало різні конструкції клеєних щитів. Також було проведено додатковий дослід в центрі плану. Кількість дубльованих досліджень – 5. Всього, для реалізації експериментальних досліджень було виготовлено 9 видів меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) у відповідності з поперечними перерізами рейок (рис. 6).

Таблиця 1. Матриця планування В-плану для двох змінних факторів

№ досліду		Значення вхідних факторів у досліді			
		У натуральному позначенні		У кодованому позначенні	
		$A_н$	$B_{шир}$	x_1	x_2
План-2	1	(0-30)°	36	-1	-1
	2	(61-90)°	36	1	-1
	3	(0-30)°	84	-1	1
	4	(61-90)°	84	1	1
Зіркові точки	5	(0-30)°	60	-1	0
	6	(61-90)°	60	1	0
	7	(31-60)°	36	0	-1
	8	(31-60)°	84	0	1

Отримані показники відхилення від площинності порівнювались із допустимим значенням, зокрема де відхилення від площинності становлять 0,5 мм.

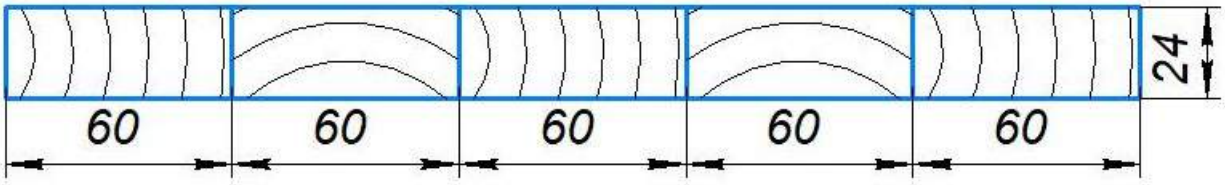


Рис. 6. Меблевий щит з перерізом рейки 60х24 мм із деревини бука звичайного (Fagus sylvatica L.)

Методика виготовлення меблевих щитів із деревини бука. Для виготовлення меблевих щитів були використані заготовки твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.), шириною 40; 64; 88 мм, товщиною до проведення калібрувальних робіт 28 мм. Рейки підбирались та виготовлялись з врахування кутів нахилу річних кілець. Рейки сортувались на три групи : тангентальні (0-30º); напіврадіальні (31-60º); радіальні (61-90º). Повздовжнє фрезерування рейок ширинами 36; 60; 84 мм, довжиною 1000 мм та товщинами 26 мм проводилась на чотирибічному верстаті. Дальше проводився підбір рейок згідно матриці В-плану для формування щитового пакету. Після склеювання і шестигодинної витримки технологічної витримки щити калібрували. Калібровані плити мали товщину 24 мм.

Виготовлення експериментальних меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) включає: чотирибічне фрезерування заготовок з отриманням в чистоті таких поперечних розмірів 26×36 мм, 26×60 мм, 26×84 мм; підбір рейок за шириною та за кутом нахилу річних кілець з почерговим укладанням, нанесення клею на крайки рейок з витратою 170-190 г/м^2, склеювання (режимні параметри: температура – 88-92 ºС, час витримки – 5-6 хв, тиск – 80-110 бар), технологічна витримка (вологість – 50±5 %, температура 20±2 ºС) протягом 8 год (рис. 9). Здійснення калібрування до товщини 24 мм та розкрій поперек щита на довжину 500 мм.

Кінцевий етап виготовлення експериментальних меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) включає

наступні операції: обробка за контуром меблевого щита на розміри 490×490 мм, чистове шліфування поверхонь меблевого щита для проведення досліджень на формостійкість – визначення відхилень від площинності отриманих щитів.

Рис. 9. Стопа некаліброваних меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) на стелажах технологічної витримки

Методика визначення формостійкості експериментальних меблевих щитів із бука звичайного (Fagus sylvatica L.). Для визначення формостійкості використовувались меблеві щити із бука звичайного (Fagus sylvatica L.) розміром 490×490×24 мм. Згідно вимог стандарту ДСТУ EN 13353:2009 «Щити дерев'яні. Вимоги» жолоблення – відхилення від площинності щитових поверхонь для плит середніх розмірів може бути не більшим 0,5 мм. Вимірювання проводили за допомогою експериментальної установки з ЧПК (рис. 10).

Рис. 10. Установка з ЧПУ для визначення формостійкості МЩ із бука звичайного (Fagus sylvatica L.) комбінованого укладання

Значення числового індикатора ІГЦ (3)-25-0,01 зчитували за допомогою програмного забезпечення фірми «Мікротех» типу УІС-Р1-СОМ та передавали у середовище Microsoft Excel для оброблення. Покази знімали із зразків МЩ у двох

напрямках (напрямок вздовж волокон – напрямок А, вздовж довжини рейок МЩ; напрямок поперек волокон – напрямок Б, вздовж ширини МЩ). У кожному із напрямів Меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) вимірювання проводили за 12-ма умовними лініями, тобто всього 24 умовних лінії у двох взаємно перпендикулярних напрямах з кроком між лініями у 38 мм (рис. 11). Внаслідок вимірювань на кожній лінії фіксували від 420 до 450 точок.

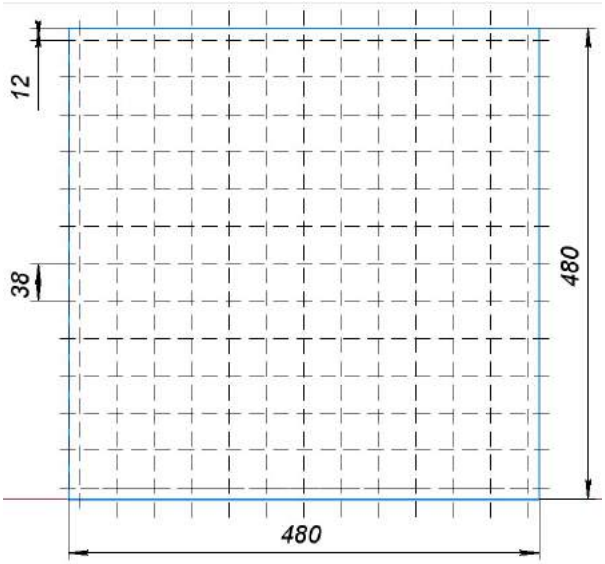


Рис. 11. Схема траєкторії руху числового індикатора на площині меблевого щита

Таким чином, за результатами одного вимірювання отримували вибіркову сукупність обсягом від 9600 до 12000 (24×(400…500)). За проміжне значення стріли прогину приймали середнє значення цієї вибіркової сукупності.

Результати експериментальних досліджень. Статистичні показники формостійкості меблевих щитів із заготовок деревини бука звичайного від кута нахилу та ширини рейок. Результати експериментальних випробувань на вплив поперечних розмірів рейок на показники формостійкості меблевих щитів із заготовок деревини бука звичайного представлено у табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок середніх значень та дисперсії

№ досліду	Результати y_{ij} відхилення від площинності для різних конструкцій меблевих щитів, мм					Середнє значення в j-ій вибірці	Дисперсія в j-ій вибірці
	y_{1j}	y_{1j}	y_{1j}	y_{1j}	y_{1j}		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,301	0,302	0,301	0,318	0,317	0,308	0,000079
2.	0,081	0,091	0,087	0,079	0,091	0,086	0,000031
3.	0,733	0,716	0,722	0,728	0,714	0,723	0,000064
4.	0,291	0,294	0,274	0,277	0,275	0,282	0,000091
5.	0,399	0,401	0,403	0,422	0,412	0,407	0,000091
6.	0,141	0,164	0,162	0,174	0,141	0,156	0,000218
7.	0,181	0,199	0,185	0,192	0,190	0,189	0,000047
8.	0,432	0,415	0,426	0,427	0,433	0,427	0,000051
Сума						2,58	0,000673

Дисперсію відтворюваності: $$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^{N} S_j^2}{N};$$ (1)

Підставивши дані у формулу 4.6 отримаємо значення дисперсії відтворюваності:

$$S_y^2 = 0{,}000673/8=0{,}000084.$$

Отримані коефіцієнти та їх значимість. Для визначення коефіцієнтів рівняння було використано відомі методики статистичної обробки даних і розраховано коефіцієнти рівняння регресії (табл. 3).

Таблиця 3

Розрахунок коефіцієнтів регресії, перевірка на значущість коефіцієнтів рівняння регресії та визначення їх достовірних інтервалів

Коефіцієнт	Цифрова величина коефіцієнта	$t(q,f_y)$ $S\{b_i\}$	Висновок	Межі достовірного інтервалу	
				$b_i - t_{табл}\, S\{b_i\}$	$b_i + t_{табл}\, S\{b_i\}$
b_0	0,240	0,0094	знач.	0,231	0,250
b_1	-0,152	0,0034	знач.	-0,156	-0,149
b_2	0,141	0,0034	знач.	0,138	0,145
b_{11}	0,042	0,0072	знач.	0,034	0,049
b_{22}	0,068	0,0072	знач.	0,060	0,075
b_{12}	-0,055	0,0042	знач.	-0,059	-0,050

Розрахунок дисперсії адекватності за формулою:

$$\sum_{j=1}^{8} (\overline{y_j} - y_j^p)^2$$ (2)

Таблиця 4

Розрахунок дисперсії адекватності

№ досліду	$\overline{y}_j$	y_j^p	$\left(\overline{y}_j - y_j^p\right)^2$
1	2	3	4
1.	0,308	0,306	0,000004
2.	0,086	0,111	0,000613
3.	0,723	0,698	0,000613
4.	0,282	0,284	0,000004
5.	0,407	0,434	0,000715
6.	0,156	0,130	0,000715
7.	0,189	0,167	0,000520
8.	0,427	0,449	0,000520
Сума			0,003704

Дисперсію адекватності: $$S_{ад}^2 = \frac{n}{f_{ад}} \sum_{j=1}^{N} \left(\overline{y}_j - y_j^p\right)^2$$ (3)

Підставивши дані у формулу 4.8 отримаємо значення дисперсії адекватності:

$$S_{ад}^2 = 5/(8-7) * 0{,}003704 = 0{,}018517667.$$

Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_{розр.} = \frac{S^2_{більша}}{S^2_{менша}} = \frac{S_{ад}^{\ 2}}{S_y^{\ 2}} \qquad (4)$$

Підставивши дані у формулу 4.9 отримаємо розрахункове значення критерію Фішера $F_{розр}$:

$$F_{розр} = 0{,}018517667 / 0{,}000084 = 220{,}25.$$

Табличне значення критерію Фішера $F_{табл.}$, яке залежить від рівня значимості $q=5\%$,числа ступенів вільності дисперсії адекватності $f_{ад}=8-7=1$ та числа належних оцінок дисперсії відтворюваності $f_y=8*(5-1)=32$: $F_{табл}=250$.

Оскільки, $220{,}25<250$ ($F_{розр}<F_{табл}$), тоді регресійна модель адекватна.

Залежність показника формостійкості меблевих щитів із заготовок деревини бука звичайного (Fagus sylvatica L.) від характеристик ламелі. За результатами оброблення даних експерименту отримано рівняння регресії другого порядку, яке описує залежність стріли прогину $S_{рн}$ від кутів нахилу річних кілець до пласті щита $A_н$ (x_1), та ширини рейок $B_{шир}$ (x_2).

Визначене рівняння регресії для нормалізованих значень змінних факторів експерименту має наступний вигляд:

$$y_{рн}=0{,}240-0{,}152x_1+0{,}142x_2+0{,}042x_1^2+0{,}068x_2^2-0{,}055x_1x_2 \qquad (5)$$

Рівняння регресії для величин стріл прогину в натуральних значеннях змінних факторів з врахуванням формул переводу: $x_1=(A_н-45)/30$; $x_2=(B_{шир}-60)/24$, записується:

$$S_{рн} = 0{,}42775 - 0{,}00477A_н - 0{,}00484B_{шир} + 0{,}000047\ A_н^{\ 2} + 0{,}000118B_{шир}^{\ 2} - 0{,}000076\ A_н\ B_{шир} \qquad (6)$$

де: $A_н$ – кут нахилу річних шарів в рейках (x_1: 15 – тангентальний 0-30º; 45 – напіврадіальний 31-60º; 75 – радіальний 61-90º); $B_{шир}$ – ширина ламелі (рейки) з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) розмірами 36, 60, 84 мм;; $S_{рн}$ – усереднене відхилення від площинності, тобто стріла прогину.

За результатами аналізу отриманого рівняння регресії робимо висновок про те, що кут нахилу річних шарів в рейках та ширина рейок в конструкції меблевих щитів суттєво впливає на формостійкість конструкції. Обидва змінних фактори впливають по різному: збільшення кута – зменшує стрілу прогину, ширина – прямопропорційно, тобто збільшує стрілу прогину із зростанням ширини. Найбільше на формостійкість меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) з почерговим укладанням впливає перший фактор $A_н$ (x_1) – кут нахилу річних шарів в рейках. Графічна інтерпретація залежності представлена на рис. 12 та 13.

Як видно з рис. 12, збільшення кута нахилу річних шарів в рейках з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) $A_н$ (x_1) МЩ призводить до суттєвого зменшення *стріли прогину $S_{рн}$, мм*. Зменшення кута нахилу річних шарів від 90º до 45º суттєво впливає на *стрілу прогину* (50,68 %), а подальше зменшення кута нахилу від 45º до 0º характеризується більшою динамікою показника (83,57 %), меблевого щита, зокрема для ширини рейок 36 мм. Тобто, вплив кута нахилу річних шарів

на прогин меблевого щита з масивної деревини характеризується різким збільшенням прогину за зменшення кута нахилу від 45°до 0° і дещо меншим збільшенням прогину для кута нахилу від 45° до 90°.

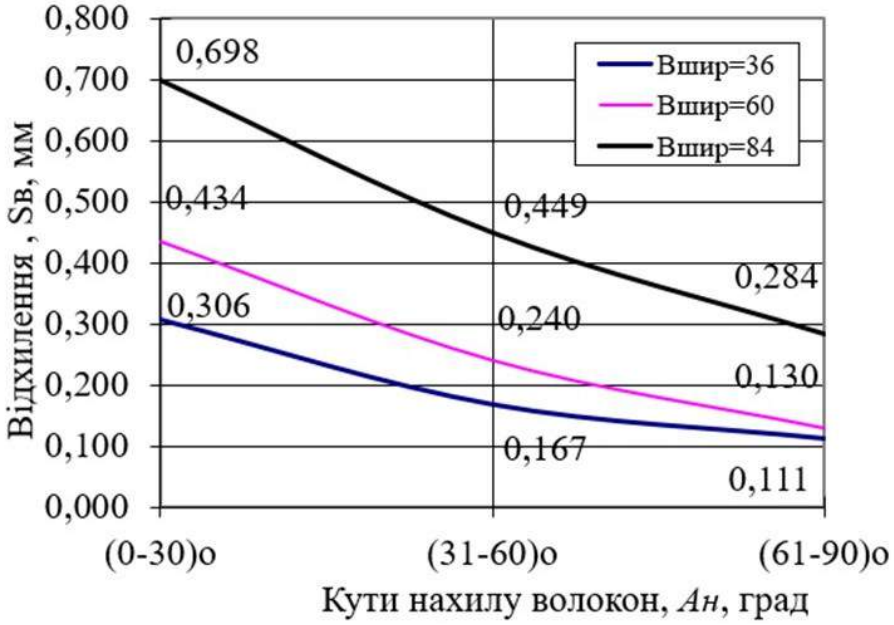


Рис. 12. Залежність усередненого відхилення $S_{рн}$ (від площинності) меблевого щита від кута нахилу річних шарів в рейках $A_н$ (x_1)

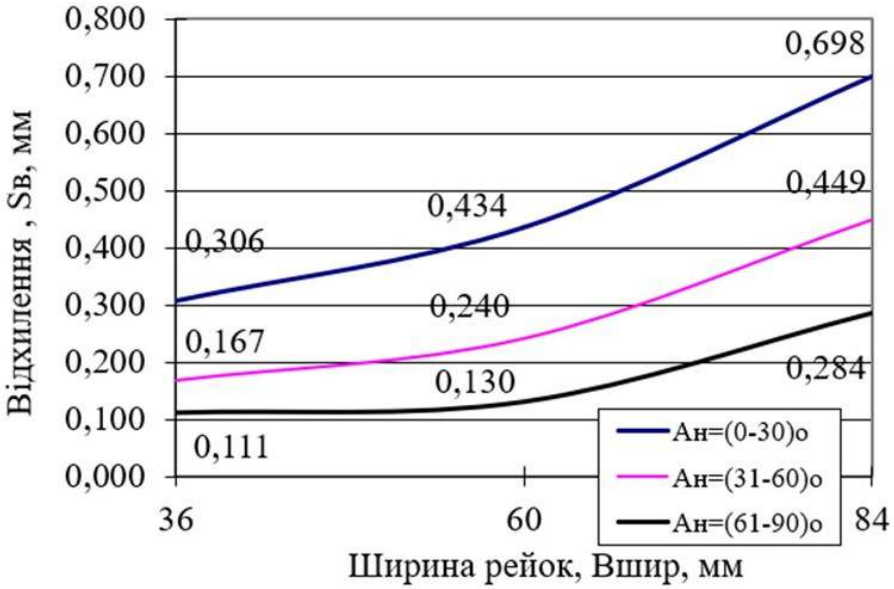


Рис. 13. Залежність усередненого відхилення $S_{рн}$ (від площинності) меблевого щита від ширина ламелі (рейки) з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) $B_{шир}$ (x_2)

Натомість, тенденція щодо залежності впливу ширини рейки з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) $B_{шир}$ (x_2) на *стрілу прогину $S_{рн}$, мм* меблевого щита від площинності є менш суттєвою (рис. 13). З графіка видно, що збільшення ширини заготовки від 36 до 60 мм призводить до зростання *стріли прогину* меблевого щита, зокрема для кутів нахилу волокон 61-90º на 14,73%, для кутів нахилу волокон 31-60º на 30,67%, для кутів нахилу волокон 0-30º на 29,55%. А в діапазоні зміни ширини заготовок від 60 до 84 мм зростання *стріли прогину після* всихання меблевого щита, зокрема для кутів нахилу волокон 61-90º становить 54,37%; для кутів нахилу волокон 31-60º на 46,53%; для кутів нахилу волокон 0-30º на 37,79%. За результатами проведених розрахунків робимо висновок про те, що вплив ши-

рини заготовок на прогин меблевого щита не є таким яскраво вираженим – він практично відсутній для заготовок шириною від 36 до 60 мм (для різних кутів) і становить в середньому 15-30 % зростання, а на проміжку від 60 до 84 мм – середнє зростання стновить в діапазоні 38-55 %.

Результати порівняльного аналізу показників формостійкості меблевих щитів із деревини бука звичайного (Fagus sylvatica L.) різних конструкцій. В результаті проведення основного експерименту були отримані дані формостійкості із рейок однакової ширини 60 мм для різних товщин (табл. 5).

Як видно з гістограми рис. 14 найкращу формостійкість мають МЩ з напівradіальними кутами при ширині 36 мм, де відхилення від площинності становить: 0,167 мм., при ширині 60 мм - мають також нижче від нормативного відхилення від площинності, яке становить 0,240 мм, а при ширині 84 мм - мають також нижче від нормативного відхилення від площинності, яке становить 0,449 мм.

Таблиця 5

Результати трьох вимірювань величин стріл прогину меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) для рейок однакової ширини

Конструкції МЩ для різної ширини	Розрахунок	Норма	% норми	Норма	% норми
МЩ, 36 мм (31-60)о	0,167	0,5	33	0,4	42
МЩ, 60 мм (31-60)о	0,240	0,5	48	0,4	60
МЩ, 84 мм (31-60)о	0,449	0,5	90	0,4	112

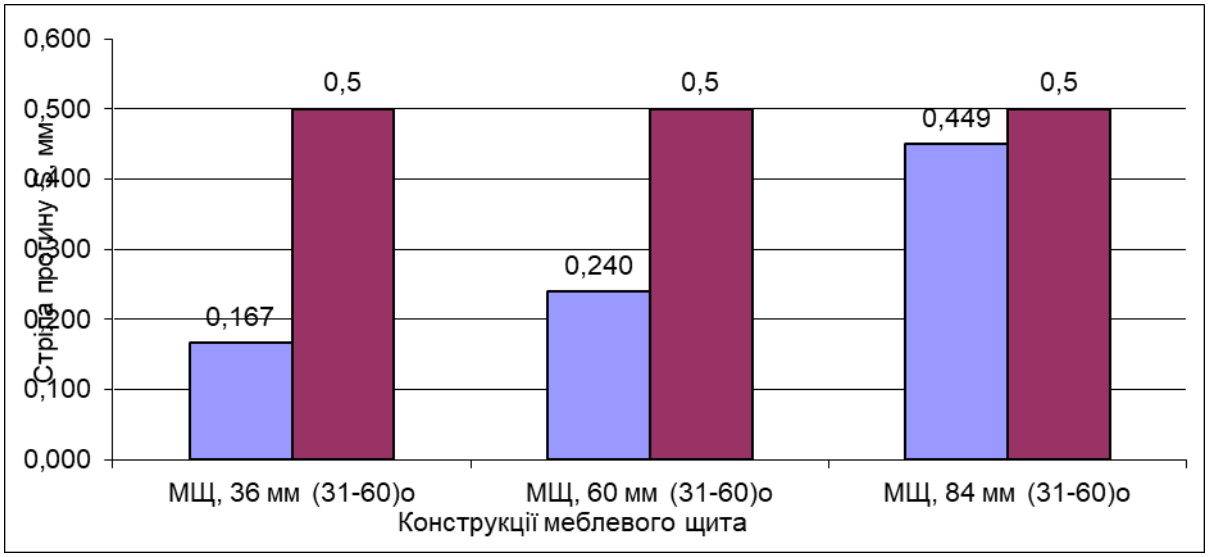


Рис. 14. Гістограма формостійкості $S_{рн}$ МЩ із бука звичайного (Fagus sylvatica L.) різних конструкцій

Зміна площинності $S_{рн}$ МЩ із бука звичайного (Fagus sylvatica L.) різних конструкцій після трьох разового вимірювання представлена у табл. 6.

Найбільшої зміни (9 %) в площинності зазнали МЩ із бука звичайного (Fagus sylvatica L.) з шириною рейки 84 мм після другого вимірювання, але і найбільшої – після третього вимірювання – де показник показав зміну 4,3 %. Діапазон інших змін становив 2,7-3,8 %, що в межах допустимого. За абсолютними значеннями всі МЩ відповідають вимогам стандарту, тобто мають відхилення менше, ніж 0,5 мм для ширини експериментальних плит 490 мм (рис. 15).

Таблиця 6.

Результати трьох вимірювань величин стріл прогину$S_{рн}$ МЩ з різною шириною рейок

Конструкції МЩ різної ширини	1 вимір.	2 вимір.	3 вимір.	Норма	% зміни 1	% зміни 2
МЩ, 36 мм (31-60)о	0,167	0,177	0,182	0,3	5,9	2,7
МЩ, 60 мм (31-60)о	0,240	0,261	0,271	0,3	8,0	3,8
МЩ, 84 мм (31-60)о	0,449	0,494	0,516	0,3	9,0	4,3

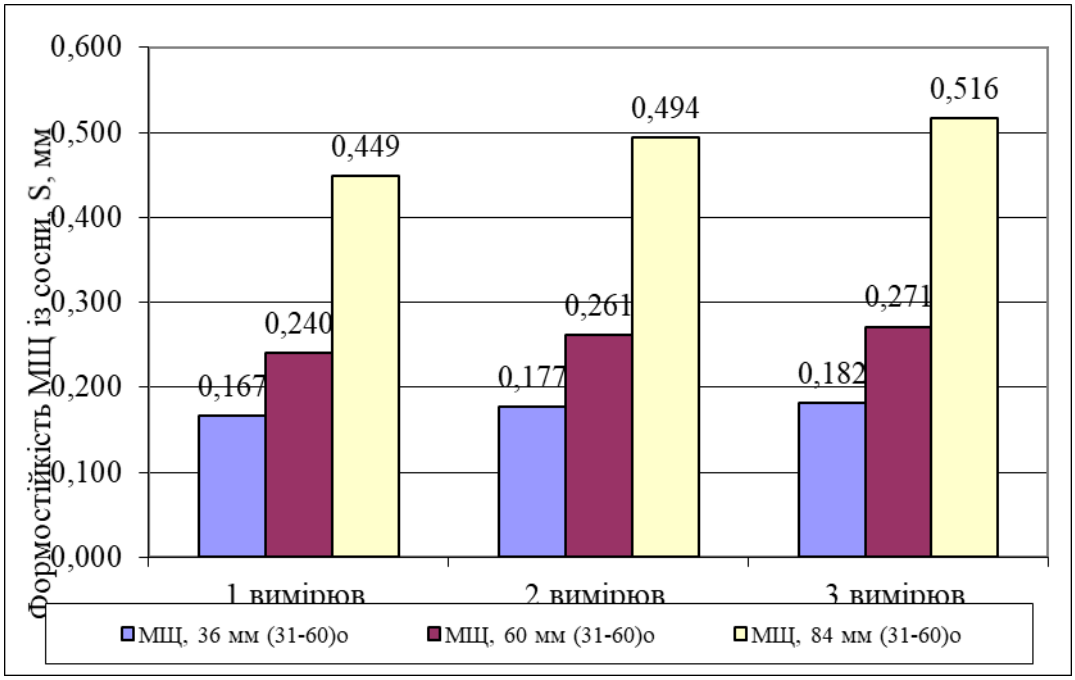


Рис. 15. Гістограма формостійкості $S_{рн}$ меблевих щитів із бука звичайного (Fagus sylvatica L.) для рейок різної ширини після трьох вимірювань

Оптимізація математичних моделей щодо впливу змінних факторів на формостійкість меблевих щитів із деревини бука різних конструкцій. Оптимізацію отриманих математичних моделей проведено з використанням компютера. У стандартній програмі "Microsoft Excel" з пакету прикладних програм "Microsoft Office" за допомогою процедури "Пошуку рішень" визначили оптимальні значення ширини заготовки і кути нахилу річних шарів. При цьому обмежились величиною прогину меблевих щитів $f_{max} \leq 0,5$ мм згідно з вимогами стандартів ДСТУ EN 13353:2009 «Щити дерев'яні. Вимоги».

За результатами експерименту здійснено оптимізацію товщини та ширини рейок за допомогою градієнтного методу, внаслідок якої виявлено, що мінімальне значення відхилення $S_{рн,min} = 0,111$ мм, взяте за абсолютною величиною можна отримати зафіксувавши розмірні параметри рейок МЩ комбінованого укладання: кут нахилу річних шарів в рейках $A_н (x_1)$ = радіальний 60-90; ширина ламелі (рейки) з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) $B_{шир} (x_2) = 36$ мм (рис. 16).

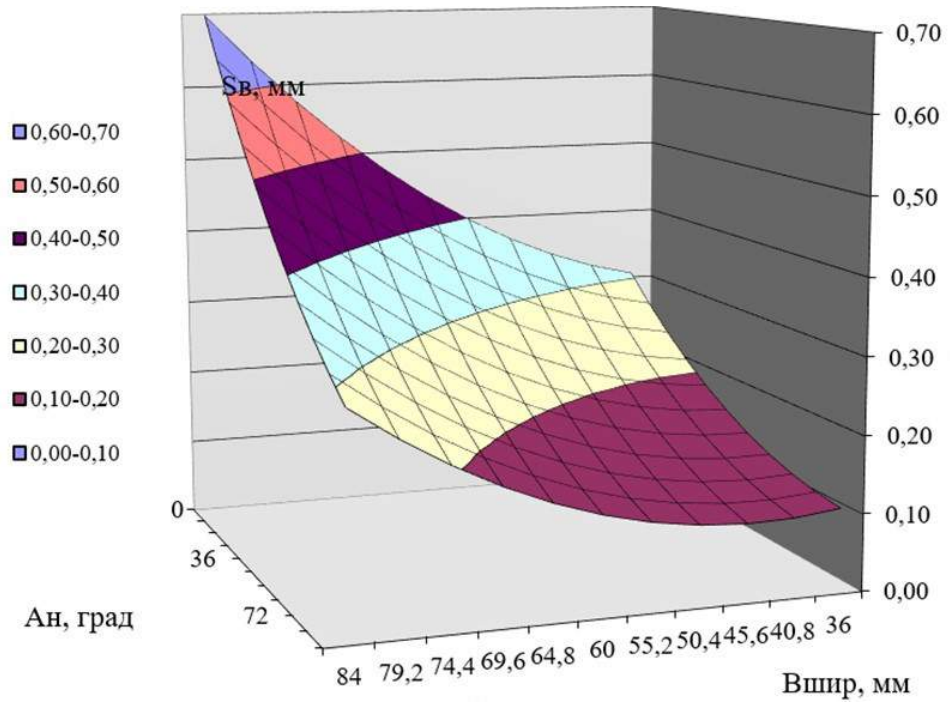


Рис. 16. Залежність середнього відхилення $S_{рн}$ (від площинності) меблевого щита від товщини та ширини рейки з бука звичайного (Fagus sylvatica L.)

Отримані результати наведено у табл. 7

Таблиця 7.

Результати оптимізації математичних моделей

Товщина, мм	Кут нахилу, град	Ширина, мм	Співвідношення, Т : Ш	Допуск на прогин, мм
24	> 0	67,2	2,8	0,5
24	> 4,5	69,6	2,9	0,5
24	> 9	72	3	0,5
24	> 13,5	74,4	3,1	0,5
24	> 18	76,8	3,2	0,5
24	> 25	79,2	3,3	0,5
24	> 31,5	81,6	3,4	0,5
24	> 36	84	3,5	0,5

Результати покрокової оптимізації з дотриманням обмеження наступні:

- **Мінімальний кут** нахилу річних шарів рейки з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) $A_н(x_1)$ = 36º при ширині рейки з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) $B_{шир}(x_2)$ = 84 мм;
- Отримаємо співвідношення: **1 :3,5**
- **Максимальна ширина ламелі (рейки)** з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) $B_{шир}(x_2)$ = 67,2 мм при товщині 24 мм для тангентальних ламелей.
- Отримаємо співвідношення: **1 :2,8**

Отримання співвідношення сторін перерізів ламелей, тобто ширини до товщини лягли в основу формування практичних рекомендацій для використання у виробничих умовах.

Загальні практичні рекомендації щодо рекомендованих співвідношень перерізів рейок в конструкціях меблевих щитів подані у табл. 8.

Таблиця 8.

Рекомендовані співвідношення товщини до ширини

Параметри впливу	Зміна	Практичні рекомендації			
	+ / -	Співвідношення товщини до ширини			
		Сосна		Бук	
Вплив кута нахилу річних кілець до пласті щита:	Покращення	1:2,6	1:4,0	1:3,1	1:3,9
тангентальний 0-30º		1:2,6		1:3,1	
напіврадіальний 31-60º		1:3,2		1:3,5	
радіальний 61-90º		1:4,0		1:3,9	
З'єднання (моноліт / зрощення)	Покращення	1:2,5	1:3,5	1:3,0	1:3,8
Укладання (випадкове / ритмічне)	Покращення	1:2,0	1:4,0	1:2,0	1:3,5

Встановлення закономірностей впливу змінних факторів на формостійкість меблевих щитів із деревини бука різних конструкцій. З'ясовано, що товщина, ширина та кути нахилу річних кілець до пласті, що виражаються через співвідношення товщини до ширини та через укладання тангентальних , напіврадіальних та радіальних ламелей по різному впливають на величину стріли прогину меблевих щитів із деревини бука.

Закономірності впливу ширини та кутів нахилу річних кілець до пласті на формостійкість меблевих щитів із деревини бука різних конструкцій:

1. Визначено, що кут нахилу річних шарів в рейках та ширина рейок в конструкції меблевих щитів суттєво впливає на формостійкість конструкції. Обидва змінних фактори впливають по різному: збільшення кута – зменшує стрілу прогину, ширина – прямопропорційно, тобто збільшує стрілу прогину із зростанням ширини. Найбільше на формостійкість меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) з почерговим укладанням впливає перший фактор $A_н$ (x_1) – кут нахилу річних шарів в рейках.

2. Отримано регресійну залежність для прогнозування формостійкості меблевих щитів, в яких рейки із масиву бука звичайного (Fagus sylvatica L.) різного поперечного перерізу, зокрема товщиною 24 мм, шириною ($B_{шир}$ = 36, 60, 84 мм) та кутом нахилу річних шарів, $A_н$: тангентальний 0-30º; напіврадіальний 31-60º; радіальний 61-90º. Результати цього дослідження дали змогу отримати рівняння регресії для визначення стріли прогину меблевих щитів $\mathbf{S_{рн}}$, залежно від змінних чинників – кута нахилу річних шарів (X_1, $A_н$) та ширини заготовок (X_2, $B_{шир}$) та. Обидва змінних фактори впливають по різному: збільшення кута – зменшує стрілу прогину, ширина – прямопропорційно, тобто збільшує стрілу прогину із зростанням ширини. Найбільше на формостійкість меблевих щитів із деревини твердолистяних порід, зокрема бука звичайного (Fagus sylvatica L.) з почерговим укладанням впливає перший фактор $A_н$ (x_1) – кут нахилу річних шарів в рейках. Встановлено, що вплив другого фактору $B_{шир}$ (x_2) на $\mathbf{S_{рн}}$ у порівнянні з першим $A_н$ (x_1) є в 2,4 рази меншим. Виявлено, що збільшення ширини від 36 до 84 мм призводить збільшення величини стріли прогину на 128,17-169,75 % для різних кутів, а збільшення кутів нахилу від 0 до 90 градусів призводить також зменшення на 145,57-234,81 % для різних ширин:

3. З'ясовано, що збільшення кута нахилу річних шарів в рейках з бука звичайного (Fagus sylvatica L.) $A_н$ (x_1) МЩ призводить до суттєвого зменшення *стріли прогину* $S_{рн}$, *мм*. Зменшення кута нахилу річних шарів від 90º до 45º суттєво впливає на *стрілу прогину* (50,68 %), а подальше зменшення кута нахилу від 45º до 0º характеризується більшою динамікою показника (83,57 %), меблевого щита, зокрема для ширини рейок 36 мм. Тобто, вплив кута нахилу річних шарів на прогин меблевого щита з масивної деревини характеризується різким збільшенням прогину за зменшення кута нахилу від 45°до 0° і дещо меншим збільшенням прогину для кута нахилу від 45° до 90°.

4. Встановлено, що збільшення ширини заготовки від 36 до 60 мм призводить до зростання *стріли прогину* меблевого щита, зокрема для кутів нахилу волокон 61-90º на 14,73%, для кутів нахилу волокон 31-60º на 30,67%, для кутів нахилу волокон 0-30º на 29,55%. А в діапазоні зміни ширини заготовок від 60 до 84 мм зростання *стріли прогину після* всихання меблевого щита, зокрема для кутів нахилу волокон 61-90º становить 54,37%; для кутів нахилу волокон 31-60º на 46,53%; для кутів нахилу волокон 0-30º на 37,79%. За результатами проведених розрахунків робимо висновок про те, що вплив ширини заготовок на прогин меблевого щита не є таким яскраво вираженим – він практично відсутній для заготовок шириною від 36 до 60 мм (для різних кутів нахилу річних шарів) і становить в середньому 15-30 % зростання, а на проміжку від 60 до 84 мм – середнє зростання становить в діапазоні 38-55 %.

References

1. **Pardaev, A.S** (2008). *Modelyuvannya fizyko-mekhanichnykh vlastyvostey derevyny pry zvychayno-elementnomu analizi stolyarnykh vyrobiv* [Modeling of physical and mechanical properties of wood during conventional elemental analysis of carpentry]. Collection Bulletin USTU, Ekaterinburg. Vol. 3:77-83 (in Russian).

2. **Pardaev, A.S** (2009). *Otsinka yakisnykh pokaznykiv deformatyvnosti vyrobiv z derevyny na osnovi modelyuvannya navantazhen' i vplyviv* [Increased form stability glued board of wood based on process modeling shrinkage and swelling]. Architecture and Construction, Minsk. Vol. 3(202):41-44 (in Russian).

3. **Bykovsky V.N. , Sokolovsky B.S.** (1949) *Derevyannye kleenye konstruktsyy* [Wooden glued constructions. – Mashstroyizdat Publishing House, 151-153. (in Russian).

4. **Kovalchuk L.M.** (1973) *Tekhnolohyya skleyvanyya* [Technology of gluing]. – Forest industry, 208. (in Russian).

5. **Popov H.A.** (1972) *Skleyvanye drevesyny (proyzvodstvo kleenykh zahotovok)* [Wood gluing (production of glued blanks)], 33. (in Russian).

6. **Volynsky V.N.** (2003) *Tekhnolohyya kleenykh materyalov* [Technology of glued materials], 280. (in Russian).

7. **Kryvyk, O.O., & Mayevskyy, V.O** (2011) *Dynamika zminy formostiykosti shchytiv kleyenykh z poyednannyam riznykh porid de- revyny* [Dynamics of shape stability change for glued panels with a combination of different wood species]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, Lviv. Vol. 37(1):30-33 (in Ukrainian).

8. **Kiyko, I.O** (2014) *Vplyv rozmiriv strukturnykh elementiv kleyenykh shchytiv na yikh formostiykist'.* [The impact of the structural element sizes on the furniture board form stability]. Collection Bulletin UNFU, Lviv. Vol. 24(5).169-175 (in Ukrainian).

9. **Kiyko I.O.** (2013) Possibilities of the woodworking industry's wastes using for manufacturing of the furniture boards with improved aesthetic properties . Technical University in Zvolen (Slovakia). Proceedings of the XXI symposium. Vydavatelstvo TU Zvolen, 107-112.

10. **Denysyuk V.A., Kushpit A.S., Kushpit O.M.** (2018) *Analiz vplyvu vydu z"yednan' za shyrynoyu na formostiykist' meblevykh shchytiv* [Analysis of the influence of the type of joints by width on the dimensional stability of furniture boards] / Comprehensive quality assurance of technological processes and systems: theses materials, add. VIII International science – practice conf. (Chernihiv, May 10-12, 2018) . – Chernihiv. Vol. 1:209-210. (in Ukrainian).

11. **Gayda, S.V.** (2007). A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:60-63 (in Ukrainian).

12. **Gayda, S.V., & Maksymiv, V.M.** (2007). Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:63-73 (in Ukrainian).

13. **Gayda, S.V.** (2010). A comparative analysis of physical and mechanical parameters of variously designed glued boards made of post-consumer recovered wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 36:81-91.

14. **Gayda S.V.** (2015): *Tekhnologiï i fiziko-mekhanichni vlastivosti stolyarnikh plit iz vzhivanoï derevini* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood]. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems* 3(1):145-152, (in Ukrainian).
15. **Gayda S.V.** (2016): *Formoustoychivost' stolyarnykh plit iz vtorichno ispol'zuemoy drevesin* [A form of stability of blockboards made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 46:148-153, (in Russian).
16. **Gayda, S.V.** (2013). Technologies and recommendations on the utilization of post-consumer wood in woodworking industry. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 39(1):48-67 (in Ukrainian).
17. **Gayda, S.V., & Voronovich V.V.** (2011). Comparative analysis of bending particularities for various post-consumer wood species and age categories. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 37(1): 84-88 (in Ukrainian).
18. **Gayda, S.V.** (2013). Resource-saving technologies of recycling of post-consumer wood. Scientific Bulletin of NULES of Ukraine: Technology and Energy of agroindustrial complex 185(2):271-280 (in Ukrainian).
19. **Gayda, S.V.** (2015). Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood (PCW). Actual problems of forest complex 43:175-179 (in Russian).
20. **Gayda, S.V.** (2016). A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. ProLigno 12(1):22-31.
21. **Gayda, S.V.** (2017). A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). Actual problems of forest complex 48:34-38 (in Russian).
22. **Gayda, S.V., & Voytovych, I.G.** (2017). Durability and stability of elements for beam furniture products made from post-consumer wood (PCW) are investigated. Bulletin of KhNTUA 185:13-21 (in Ukrainian).
23. **Gayda S.V., Ya.M. Bilyy** (2016): *Doslidzhennya formostiykosti kleyenykh shchytiv iz vzhyvanoyi derevyny* [The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 33-51. , (in Ukrainian).
24. **Gayda S.V.** (2018): *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktsiy iz vzhyvanoyi derevyny* [A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44:14-24 (in Ukrainian).
25. **Gayda, S.V., Kiyko O.A., Guz M.M.** (2022): Research of the structure of stump and rootwood for effective use in the production of wood products. Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry, 64 (3):131–142, doi: https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0011
26. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2021): Властивості вживаної деревини як визначальний чинник якості меблевих виробів / *Vlastyvosti vzhyvanoyi derevyny yak vyznachal'nyy chynnyk yakosti meblevykh vyrobiv* [Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products]. Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine 23:152-162 (in Ukrainian). https://doi.org/10.15421/412135
27. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** (2020). Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(1(107)): 89–97. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484
28. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. Poznan: Drewno, 63(206): 77-102. doi: https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10
29. **Voytovych I.G.** (2010): *Osnovi tekhnologiï virobiv z derevini* [The basic technology of wood]. – Textbook. –Lviv: Kraine andeljat. – 304 p. (in Ukrainian).
30. **Mayevskyy, V.O, & Benyah, Yu.V.** (2005). Investigations of stability of shape of Composite boards from oak solid. Collection Bulletin UNFU, Lviv. Vol. 15(5):199-208 (in Ukrainian).
31. **Podibka T.I.** (2018) : *Konstruktsiyi ta tekhnolohichni aspekty meblevykh shchytiv v normatyvnykh dokumentakh* [Constructions and technological aspects of furniture panels in regulatory documents] // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44: 83-90. doi: https://doi.org/10.36930/42184411
32. **Podibka T.I., Kiyko O.A.** (2019) : *Doslidzhennya vplyvu poperechnykh rozmiriv bukovykh reyok na formostiykist' meblevykh shchytiv* [A study of the influence of the transverse dimensions of

beech of strips on the form of stability of furniture board]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 45: 155-171. doi: https://doi.org/10.36930/42194521

33. **Podibka T.I.** (2020) : *Doslidzhennya formostiykosti meblevykh shchytiv iz derevyny sosny riznykh konstruktsiy* [A investigation of form of stability of variously designed furniture board made of pine wood of different constructions]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:108-121 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42204613

34. **GOST 16483.3:1984.** *Drevesina. Metod opredeleniya predela prochnosti pri staticheskom izgibe* [Wood. Method for determining the strength of static bending]. *Moskow: Publishing house of standards*, (in Russian), 1984. – 7 p.

35. **DSTU EN 13353:2009** – Solid wood panels (SWP) – Requirements, 13 p.

36. **Sokolovskyy Y., M. Levkovych, O. Mokrytska, Y. Kaspryshyn and N. Yavorska.** (2020). "Investigation on the Processes of Deformation, Heat- and-Moisture Transfer in Media with the Properties of the Effects of "Memory" and Self-Similarity," 2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, pp. 382-385, doi: https://doi.org/10.1109/DSMP47368.2020.9204137 .

37. **Sofia Holovata, Yaroslav Sokolovskyy, Bohdan Pobereyko, Andriy Holovatyy.** (2021). Mathematical Modeling of Boundary Stress State of Orthotropic Material. Materials Science and Engineering (MSE), Volume 1016, 012001, DOI https://doi.org/10.1088/1757-899X/1016/1/012001.

38. **Kryshtapovych, V. I., Sokolovskyy, Ya. I.** (2017). The Rheological Model of Limited Creep of Wood. Scientific Bulletin of UNFU, 27(3), 182–186. Retrieved from: http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/378. DOI: https://doi.org/10.15421/40270341 .

UDC 684.41

Postgraduate student T.I. Podibka – UNFU

Determination of the regulations of the influence of the characteristics of the rails on the form resistance of furniture panels made of beech wood of different constructions

A regression relationship was obtained for predicting the dimensional stability of furniture panels, in which slats made of solid beech of different cross-sections, in particular 24 mm thick, wide (B_{width} = 36, 60, 84 mm) and the angle of inclination of the annual layers, A_{angle}: tangential 0-30º; semi-radial 31-60º; radial 61-90º. The results of this study made it possible to obtain a regression equation for determining the arrow of the deflection of furniture panels Spн, depending on the variable factors - the angle of inclination of the annual layers (x1, Aangle) and the width of the blanks (x2, B_{width}). Both variable factors affect in different ways: an increase in the angle reduces the deflection beam, the width is directly proportional, that is, it increases the deflection beam with an increase in width. The first factor A_{angle} (x1) - the angle of inclination of the annual layers in the slats - has the greatest effect on the dimensional stability of furniture boards made of hardwood species, in particular common beech with alternating stacking. It was established that the influence of the second factor Bwidth (x2) on Srn compared to the first factor Aangle (x1) is 2.4 times smaller. It was found that an increase in width from 36 to 84 mm leads to an increase in the value of the deflection arrow by 128.17-169.75% for various angles, and an increase in the angles of inclination from 0 to 90 degrees also leads to a decrease by 145.57-234.81% for different widths. According to the results of experimental studies, it was found that an increase in the width of the rails from 1:1 to 1:3.5 (thickness - width ratio) leads to an increase in the deviation from flatness (by 128.17-169.75%); increasing the angle of inclination of the annual rings to the shield layer from 0 to 90° leads to an improvement in dimensional stability (by 145.57-234.81%).

Keywords: forest or European beech (Fagus sylvatica L.), furniture board, technology, furniture board designs, form of stability, humidity, temperature, swelling, drying, stress, deformation, orthotropic materials, polyvinyl acetate adhesives, adhesive wooden joint, strength.

УДК 674.041

Аспір. Т.І. Подібка[1] – НЛТУ України
doi: https://doi.org/10.36930/42214805

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ БЕЗДЕФЕКТНИХ ВІДРІЗКІВ ДЛЯ ФОРМОСТІЙКИХ МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ

Розроблено математичну модель розрахунку економічної ефективності $ЕЕ_{МЩ}$ процесу одержання ламелей із монолітних та зрощених ламелей із бездефектних відрізків залишків деревини (ЗД) та первинної деревини (ПД) для меблевих щитів заданої формостійкості, використання якої дасть можливість прогнозувати перспективи розвитку підприємства, ефективно та швидко визначити кошторис виробничої собівартості меблевих щитів з бездефектних ділянок соснових та букових ламелей. Розраховано, що підсумкова $ЕЕ_{МЩ}$ використання ЗД категорії ЗД-0 у порівнянні із ПД I сорту для виготовлення якісних заготовок із деревини бука становить 207,44 %, а із деревини сосни 184,921 % і стимулює до впровадження ресурсоощадних технологій з виробництва, зокрема меблевих щитів. Встановлено, що, як демонструють результати порівняльних досліджень з визначення кошторису виробничої собівартості традиційних МЩ із ПД та МЩ із ЗД, при застосуванні ЗД можливо одержати фінансову та еколого-економічну вигоду. Основна вигода виробника полягає у зменшенні матеріальних витрат на виготовлення МЩ із ЗД у порівнянні з традиційними МЩ із ПД. Так, при конструкціях меблевих щитів 50 % із ПД та 50% із ЗД дохід від продажу меблевих щитів для обсягів 257,91 тис. м3 для сосни та 32,73 тис. м3 для бука складе: сосна звичайна – 5841,49 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 1018,74. млн.грн, а відповідно – заощадження складуть 1741,00 млн.грн; та 356,00 млн. грн. А конструкцій меблевих щитів 100% із ЗД дохід від продажу меблевих щитів для даних обсягів складе: сосна звичайна – 4100,49 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 662,73 млн.грн, а відповідно – заощадження складуть 3482,00 млн.грн; та 712,00 млн. грн. Таким чином, розрахунки демонструють, що здешевлення МЩ із ЗД складає від 22,96 % до 25,89 % при конструкції 50%/50%, від 45,92 % до 51,79 % при 100% використанні ЗД. Розраховано, що при конструкціях меблевих щитів 50 % із ПД та 50% із ЗД вартість 1 $м^2$ складе: сосна звичайна – 539,27 грн; бук звичайний (лісовий) – 741,04 грн; при конструкціях меблевих щитів 100% із ЗД вартість 1 $м^2$ складе: сосна звичайна – 321,45 грн; бук звичайний (лісовий) – 517,93 грн.

Ключові слова: меблевий щит, сосна звичайна (Pinus sylvestris), бук звичайний (Fagus sylvatica L.), математична модель, рейка, ламель, фізико-механічні властивості, характеристики, моделювання, формостійкість, стріла прогину, деформативність, технології, склеювання, зрощування, укладання.

Актуальність. Одними з поширених конструкційних елементів для виробництва різноманітних виробів з деревини є клеєні конструкції, зокрема одношарові щитові [1-25]. Такі клеєні конструкції здебільшого виготовляють з склеюванням рейок деревини на гладку фугу [1, 5, 8, 9, 21-25] або ж при личкуванні пластей щити переходять в категорію столярних плит [2-4, 6, 7, 11, 16, 18]. Однією з основних визначальних характеристик клеєних щитів, окрім естетичності та економічності, є відповідність певним технологічним параметрам, визначальним з яких є формостійкість. Формостійкість клеєних щитів (меблевих щитів, столярних плит) здебільшого характеризують показниками прямолінійності, площинності та величиною всихання і розбухання, які залежать від впливу експлуатаційних факторів та постійних пружності : модулів пружності, модулів зсуву та коефіцієнтів

[1] Подібка Тарас Іванович, аспірант, кафедра технологій меблів та виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-098-415-23-94. Email: t.podibka@nltu.edu.ua ; https://orcid.org/0009-0008-2335-9223

поперечної деформації певної породи деревини, як первинної так і вторинної, використаної для виготовлення конструкційного щитового матеріалу.

Гранично допустимі значення відхилень наведених показників (прямолінійність, площинність, всихання та розбухання) регламентуються чинними нормативними документами, зокрема ДСТУ EN 13353:2009. Формостійкість клеєних щитів із первинної деревини із вживаної деревини [10-14, 17-20], із залишків деревини (ЗД), давно зацікавлює науковців та викликає інтерес у виробничників, оскільки додаткові деревинні ресурси безперечно впливають на економічну ефективність. У відповідності до сучасної тенденції використання залишків деревини, поводження із цим додатковим резервом сировини повинно базуватись на загальних нормативно-технічних та еколого-економічних стандартах. При значному потенціалі ЗД, а також вживаної деревини в Україні цей не завжди задіяний деревинний матеріал може за матеріального використання приносити як економічну, так і екологічну вигоди [6, 13-20].

Розроблення математичної моделі економічної ефективності одержання бездефектних відрізків із різної сировини. Розроблення моделі розрахунку економічної ефективності меблевого щита ($ЕЕ_{МЩ}$,) процесу виготовлення заготовок для ламелей базується на врахуванні всіх затрат, що виникають під час перероблення ЗД на специфікаційні заготовки монолітні чи для процесу зрощування.

Проведено детальний аналіз вартості кожної операції, що супроводжує технологічний процес виготовлення розмірно-придатних рейок – монолітних або зрощених ламелей. Показниками цін за 1 м^3 на кожному етапі розрахунку економічної ефективності стали: ціна на місці утворення; ціна за збирання або заготівлю; ціна за перевезення; ціна за сортування; ціна за розкрій; ціна за сушіння.

Аналіз цін для ЗД та первинної деревини (ПД) за кожним показником став основою для розрахунку економічної доцільності перероблення ЗД, у тому числі і для кожного сорту залишків деревини.

Критерієм оптимізації вибрано показник економічної ефективності $ЕЕ_{МЩ}$, який має бути максимальним при забезпеченні якості заготовок – дотриманні вимог до якості в процесі підготовки ламелей із ЗД до матеріального перероблення:

$$\begin{cases} ЕЕ_{МЩ} = \sum_{i=1}^{n=6} e_i \rightarrow \max, \\ R_m \leq [R_m] \rightarrow \textit{якісно підготовлена поверхня щита} \end{cases} \quad (1)$$

де: e_i – часткова ЕЕ на окремих технологічних процесах, які передбачають зменшення/збільшення грошових витрат, що пов'язано із матеріальними ресурсами, %; R_m,– якісно підготовлена заготовка ЗД згідно з експериментом, мкм, $[R_m]$ – нормативне значення параметра шорсткості для ПД на етапі підготовки ЗД, мкм.

З врахуванням грошових витрат на кожному етапі перероблення ЗД для одержання якісних заготовок $ЕЕ_{МЩ}$ досягається за рахунок низької ціни на ЗД, зменшення витрат на збирання та заготівлю, суттєвого скорочення часу на сушіння заготовок ЗД в порівнянні із заготовками із ПД (для різних порід від 14-18 до 4-6 днів), особливостей сортування та розкрою.

Загальний вигляд оптимізаційної моделі для розрахунку економічної ефективності $ЕЕ_{МЩ}$ використання ЗД для отримання ламелей з метою склеювання у меблевий щит :

$$ЕЕ_{МЩ} = \left[6 - \frac{В_{ЗДу}}{В_{ПДу}} - \frac{В_{ЗДз}}{В_{ПДз}} - \frac{В_{ЗДп}}{В_{ПДп}} - \frac{В_{ЗДс}}{В_{ПДс}} - \frac{В_{ЗДр}}{В_{ПДр}} - \frac{В_{ЗДв}}{В_{ПДв}}\right] \cdot 100\ \%, \quad (2)$$

де, ціна: $В_{ЗДу}$ – ЗД на місцях утворення, грн; $В_{ЗДз}$ – ЗД на місцях збирання, грн; $В_{ЗДп}$ – ЗД за перевезення до місць складування, грн; $В_{ЗДс}$ – ЗД за сортування, грн; $В_{ЗДр}$ – ЗД за розкрій, грн; $В_{ЗДв}$ – ЗД за сушіння (висушування), грн; $В_{ПДу}$ – ЗД на місцях заготівлі, грн; $В_{ПДз}$ – ціна ЗД на місцях збирання, грн; $В_{ПДп}$ – ЗД за перевезення до місць складування, грн; $В_{ПДс}$ – ЗД за сортування, грн; $В_{ПДр}$ – ЗД за розкрій, грн; $В_{ПДв}$ – ЗД за сушіння (висушування), грн.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності процесу виготовлення заготовок для ламелей меблевого щита, згідно з рекомендаціями експертів галузі та власних міркувань і обчислень, наведено у табл. 1.

Таблиця 1.

Затрати на технологічні операції виготовлення ламелей із ЗД та ПД, 10.08.23

ЗД-0	1600	400	125	75	960	620	840	3780	4000
ЗД-1	1000	400	125	100	1020	620	840	3265	3485
ЗД-2	800	400	125	125	1080	620	840	3150	3370
ЗД-3	600	400	125	150	1140	620	840	3035	3255
	$В_{ЗДу}$	$В_{ЗДз}$	$В_{ЗДп}$	$В_{ЗДс}$	$В_{ЗДр}$	$В_{ЗДв}$	$В_{ЗДв}$	$В_{ЗД12}$	$В_{ЗД18}$
Деревина	Ціна на місці	Ціна за збирання, заготівлю	Ціна за перевезення	Ціна за сортування	Ціна за розкрій	W=12	W=18	W=12	W=18
						Ціна за сушіння		Абсолютна вартість 1 м^3	
Бук	$В_{ПДу}$	$В_{ПДз}$	$В_{ПДп}$	$В_{ПДс}$	$В_{ПДр}$	$В_{ПДв}$	$В_{ПДв}$	$Ц_{ПД60}$ (W=60 %)	
Сорт-А	6400	1000	250	60	800	2000	2200	10510	
Сорт-В	5440	1000	250	80	850	2000	2200	9620	
Сорт-С	5120	1000	250	100	900	2000	2200	9370	
Сорт-D	4800	1000	250	120	950	2000	2200	9120	
Сосна	$В_{ПДу}$	$В_{ПДз}$	$В_{ПДп}$	$В_{ПДс}$	$В_{ПДр}$	$В_{ПДв}$	$В_{ПДв}$	$Ц_{ПД60}$ (W=60 %)	
Сорт-А	5100	1000	250	60	750	1600	1800	8760	
Сорт-В	4335	1000	250	80	800	1600	1800	8065	
Сорт-С	4080	1000	250	100	850	1600	1800	7880	
Сорт-D	3825	1000	250	120	900	1600	1800	7695	

Примітка: ЗД – залишки деревини, вологість визначали: ЗД основного виробництва – W=12±2 %, ЗД відкритого, зовнішнього користування – W=18±2 %, ПД свіжа – W=60±5 %. Час сушіння становить 4-6 та 14-18 днів відповідно, що і вплинуло суттєво на затрати.

Результати розрахунків економічної ефективності процесу виготовлення заготовок для монолітних чи зрощених ламелей, відповідно до функції мети за допомогою процедури «Пошук рішень» програми Ecxel, наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Показники економічної ефективності перероблення ЗД на ламелі

Категорія	МЩ із бука, %		МЩ із сосни, %	
	W=12, %	W=18,%	W=12, %	W=18,%
ЗД-0	207,44	200,26	184,92	177,00
ЗД-1	215,62	208,44	195,68	187,77
ЗД-2	218,38	211,19	199,58	191,67
ЗД-3	225,67	218,48	209,13	201,21

Із табл. 2 видно, що чим менша якість ЗД, тобто короткомірні розмірно-придатні відрізки деревини, зокрема для ЗД-3, тим більша економічна ефектив-

ність $ЕЕ_{МЩ}$ використання ЗД для виготовлення заготовок (на 8,7 % для бука та 13,5 % для сосни, у порівнянні із ЗД-0). По-друге, чим більша вологість ЗД, тим більший час сушіння. Для традиційних меблевих щитів при збільшенні вологості ЗД-0 від 12 до 18 % економічна ефективність понижується на 3,5 %.

Аналіз показників економічної ефективності $ЕЕ_{МЩ}$ перероблення ЗД на ламелідля меблевого щита показує, що найефективнішим, тобто оптимальним є варіант виготовлення меблевих щитів із зрощених бездефектних відрізків ЗД. Розроблена оптимізаційна модель для розрахунку економічної ефективності $ЕЕ_{МЩ}$ перероблення ЗД на заготовки дає можливість швидко приймати рішення про найбільш вигідні варіанти використання ЗД певного сорту, виходячи з наявних на даний період часу ЗД на складі підприємства.

За допомогою оптимізаційної моделі можна визначити економічну ефективність $ЕЕ_{МЩ}$ доцільності залучення для матеріального перероблення ЗД та дієздатності ресурсоощадної технології, зокрема при виробництві меблевих щитів різної конструкції. Відсоток ефективності залежить не тільки від кількості заготовок, що підлягають, наприклад, зрощенню, але і від кількості зєднаннь в одиниці довжини ламелі. Аналогічно і визначають особливості під час розкрою ЗД на заготовки – бездефектні розмірно-придатні відрізки деревини.

Вплив складових математичної моделі та технологічних факторів на функцію відгуку. Оскільки загальна $ЕЕ_{МЩ}$ складається з суми часткових економічних ефективностей e_i, то необхідно визначити вплив кожного з восьми доданків на загальний результат. Вплив кожного із них поданий на рис. 1. Як бачимо з рис. 1., запропонована технологія перероблення ЗД на заготовки дасть змогу значно зекономити первинну деревину, оскільки ЗД дешевша від ПД в діапазоні від 4,0 до 8,0 разів (табл. 5.1) залежно від якості та сорту. При використанні ЗД для одержання заготовок часткова економічна ефективність (e_1) буде додатною із результатом 73,44 % для бука (рис. 5.1), 66,67 % для сосни (рис. 2).

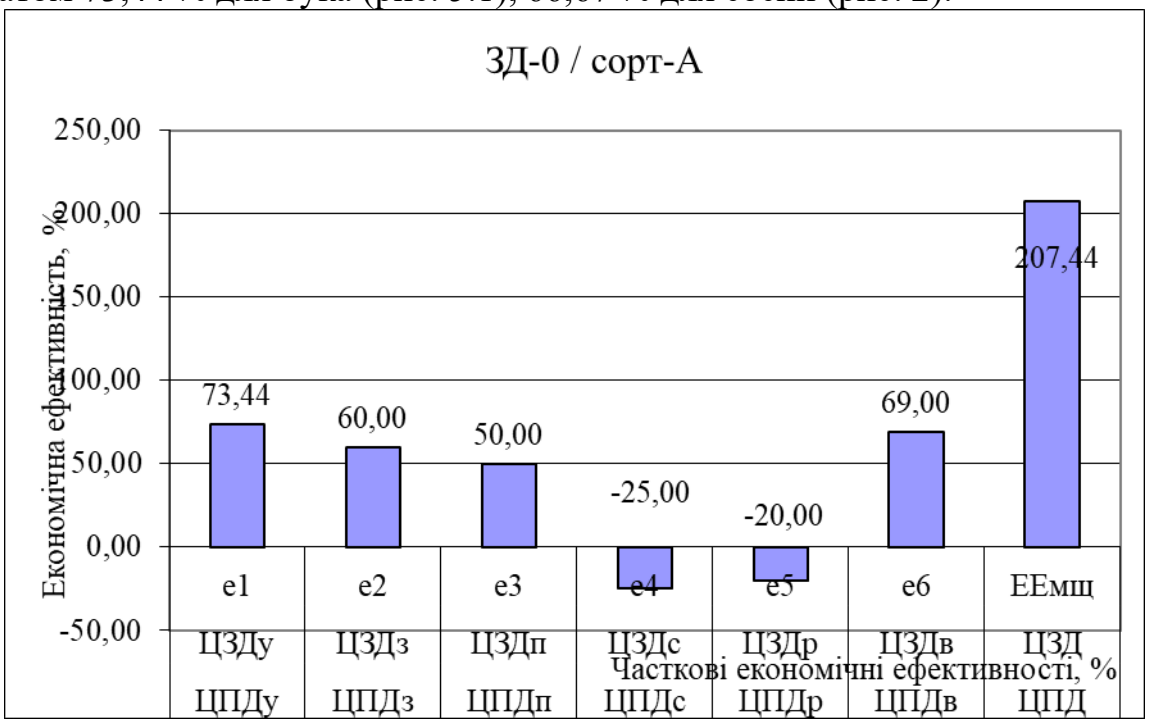


Рис. 1. Розрахункові значення часткових економічних ефективностей при використанні деревини бука

Економія затрат на збирання ЗД є також суттєвою, оскільки даний вид робіт проводиться на різних підприємствах, де залишки деревини не придатні до основного виробництва і, на відміну від заготівлі ПД в лісі, де витрати пов'язані із різкою дерев та доставлянням їх на нижній склад, що характеризується більшими трудозатратами. Часткова економічна ефективність (e_2) на даному етапі є додатною та складає в середньому 60 % для двох порід.

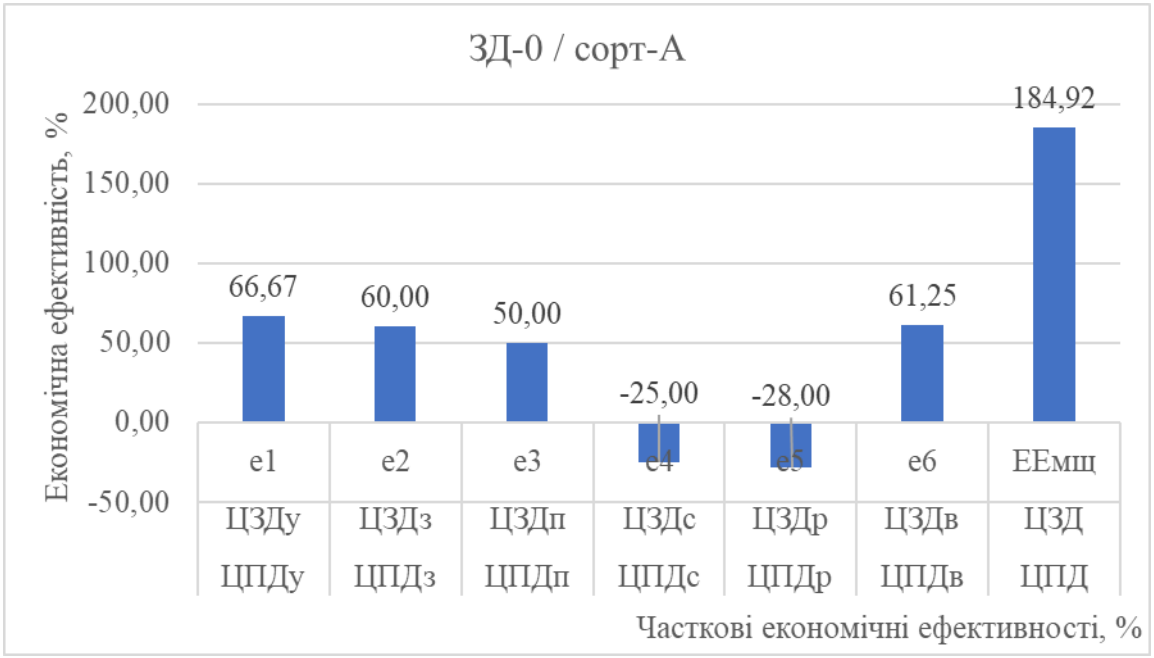


Рис. 2. Розрахункові значення часткових економічних ефективностей при використанні деревини сосни

Економія затрат на перевезення кожного із видів ресурсу пов'язана тільки із відстанню доставки в пункти накопичення, тобто на склад сировини підприємства. Логічно, що відстані доставки від підприємств є значно коротшими, ніж з лісових територій та гірських масивів. Часткова $ЕЕ_{МЩ}$ (e_3) на економії перевезень складає 50 %.

Часткова $ЕЕ_{МЩ}$ (e_4) сортування ЗД для матеріального використання, за категоріями та за видом розмірно-придатного матеріалу також поступається сортуванню колод за сортами і має від'ємний показник, що становить -25 %.

$ЕЕ_{МЩ}$ (e_5) пов'язана із особливостями розкрою кожного виду ресурсу. З одного боку, ЗД у більшості випадків є використаним пиломатеріалом, який потрібно розкроїти на специфікаційні заготовки, з іншого – потрібно вибирати між якістю розмірно-придатної ЗД залежно від матеріалу, породи та інших характеристик. Розкрій ПД базується на традиційних технологіях, але потребує специфіки розкрою на якісні заготовки, оскільки для меблевих щитів в основному використовується деревина I та II сортів. Отож маємо показник не на користь ЗД, який становить - 20 % для бука (рис. 1), 28 % для сосни (рис. 2).

Найсуттєвішим показником часткової ЕЕ (e_6) є вартість сушіння. Для сушіння ЗД витрати є значно меншими. Якщо для сушіння 1 $м^3$ ПД сосни вологістю 60 % до вологості 8 % потрібно 14 днів із затратами 1600 грн, то для сушіння заготовок ЗД вологістю 12% потрібно 4 дні при затратах 6200 грн, а при вологості ЗД 18 % від зовнішнього користування потрібно 6 днів при затратах 840 грн. Тоб-

то, ЕЕ на восьмому етапі пов'язана із економію теплових ресурсів на сушіння і склала 69 % для бука (рис. 1), 61,25 % для сосни (рис. 2).

Таким чином, підсумкова $ЕЕ_{МЩ}$ використання ЗД категорії ЗД-0 у порівнянні із ПД І сорту для виготовлення якісних заготовок із деревини бука становить 207,44 %, а із деревини сосни 184,921 % і стимулює до впровадження ресурсоощадних технологій з виробництва, зокрема меблевих щитів.

Розрахунок кошторису виробничої собівартості традиційних меблевих щитів та меблевих щитів із залишків деревини різних конструкцій. Для впровадження результатів досліджень шляхом залучення розмірно-придатних бездефектних відрізків, отриманих із первинної деревини та із залишків деревини не основного виробництва, у виробничий процес, необхідно виконати розрахунок економічної ефективності.

Початкові дані для розрахунку собівартості меблевих щитів:

- Заготівля ділової ліквідної деревини з офіційного сайту Державної служби статистики України маємо дані за 2022 рік для порід: сосна звичайна – 7368,8 тис.м3; бук звичайний (лісовий) – 935,2 тис.$м^3$;
- Приймаємо корисний вихід під час розпилювання первинної деревини на рівні 70%;
- Ймовірність використання вищезгаданих порід для виробництва меблевого щита на рівні 20 %;
- Тоді обсяги сировина для виробництва меблевого щита складуть відповідно: сосна звичайна – 1031,632 тис.м3; бук звичайний (лісовий) – 130,928 тис.м3;
- Приймаємо корисний вихід під час виготовлення ламелей на рівні 25%;
- Тоді обсяги меблевого щита складуть відповідно: сосна звичайна – 257,91 тис.м3; бук звичайний (лісовий) – 32,73 тис.$м^3$;
- Приймаємо ринкову середньозважену ціну на меблеві щити, користуючись відповідними сайтами, на рівні: сосна звичайна – 29400 тис. грн за 1 $м^3$; бук звичайний (лісовий) – 42000 тис. грн за 1 $м^3$;
- Дохід від продажу меблевих щитів для даних обсягів складе: сосна звичайна – 7582,5 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 1374,74. млн.грн;
- Приймаючи товщину меблевого щита 24 мм, розраховуємо та заокруглюємо до цілого числа кількість щитів розміром 1000х1000 мм в одному кубі, приймаємо 42 шт.
- Тоді вартість одного метра квадратного меблевого щита із первинної деревини буде становити на рівні: сосна звичайна – 700 тис. грн за 1 $м^2$; бук звичайний (лісовий) – 1000 тис. грн за 1 $м^2$;
- Для розрахунку річної економії для даних обсягів розглянемо заміну первинної деревини даних порід на 50 % та на 100%;
- Використовуючи отримані значення економічної ефективності для порід (табл. 5.2 для ЗД-0: сосна звичайна – 184,92 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 207,44 млн.грн, ціна меблевих щитів складе : сосна звичайна – 15899 тис. грн за 1 м3; бук звичайний (лісовий) – 20247 тис. грн за 1 м3;
- Тоді, при конструкціях меблевих щитів 50 % із ПД та 50% із ЗД дохід від продажу меблевих щитів для даних обсягів складе: сосна звичайна – 5841,49 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 1018,74. млн.грн, а відповідно – заощадження складуть 1741,00 млн.грн; та 356,00 млн. грн.

- При конструкціях меблевих щитів 100% із ЗД дохід від продажу меблевих щитів для даних обсягів складе: сосна звичайна – 4100,49 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 662,73 млн.грн, а відповідно – заощадження складуть 3482,00 млн.грн; та 712,00 млн. грн.
- Аналогічно, при конструкціях меблевих щитів 50 % із ПД та 50% із ЗД вартість одного метра квадратного складе: сосна звичайна – 539,27 грн; бук звичайний (лісовий) – 741,04 грн;
- При конструкціях меблевих щитів 100% із ЗД вартість одного метра квадратного складе: сосна звичайна – 321,45 грн; бук звичайний (лісовий) – 517,93 грн.

На основі одержаних та наведених результатів побудуємо порівняльну гістограму собівартості (рис. 3) МЩ із 100 % із ПД, МЩ 50 % із ПД та 50% із ЗД та МЩ із 100 % із ЗД. За даними всіх порівняльних досліджень з визначення кошторису виробничої собівартості МЩ із ПД та МЩ із ЗД, можна одержати фінансову та еколого-економічну вигоду.

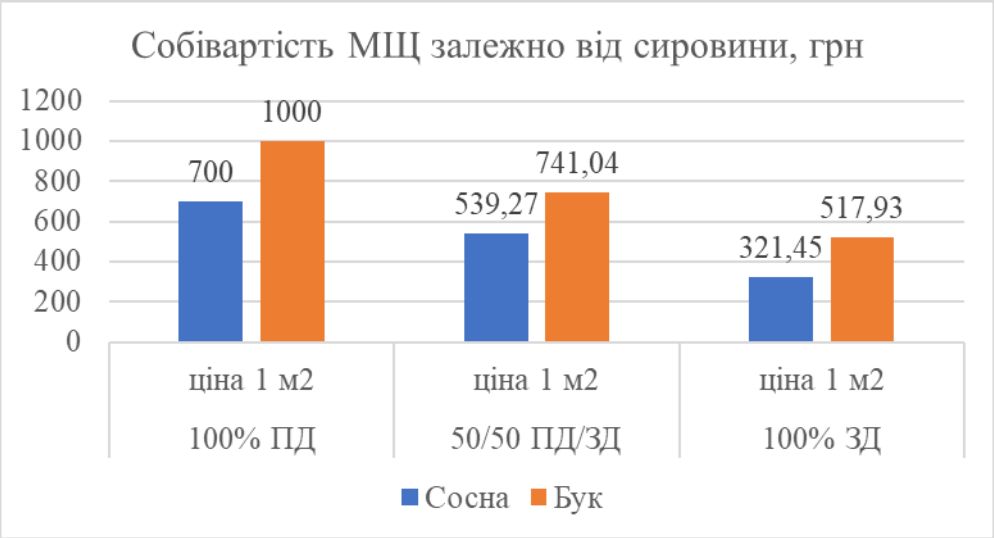


Рис. 3. Порівняльний аналіз виробничої собівартості МЩ із ПД та МЩ із ЗД різних конструкцій

Розрахунок економічного ефекту розрахункової вартості меблевих щитів від запровадження практичних рекомендацій щодо формостійкості. Обґрунтування та початкові дані для розрахунку економічного ефекту розрахункової вартості меблевих щитів від запровадження практичних рекомендацій щодо формостійкості наступна:

- Заготівля ділової ліквідної деревини з офіційного сайту Державної служби статистики України маємо дані за 2022 рік для порід: сосна звичайна – 7368,8 тис.м^3; бук звичайний (лісовий) – 935,2 тис.м^3;
- Ймовірність використання вищезгаданих порід для виробництва меблевого щита на рівні 20 %;
- Тоді обсяги колод для виробництва меблевого щита складуть відповідно: сосна звичайна – 1473,76 тис.м^3; бук звичайний (лісовий) – 187,04 тис.м^3;
- Приймаємо корисний вихід під час розпилювання колод на рівні 70%;
- Тоді обсяги сировина для виробництва меблевого щита складуть відповідно: сосна звичайна – 1031,632 тис.м^3; бук звичайний (лісовий) – 130,928 тис.м^3;
- Приймаємо корисний вихід під час виготовлення ламелей на рівні 25%;

- Тоді обсяги меблевого щита складуть відповідно: сосна звичайна – 257,91 тис.м3; бук звичайний (лісовий) – 32,73 тис.м^3.

Зведені розрахунки початкових даних у табл. 3.

Таблиця 3

Початкові дані для розрахунку економічного ефекту

Порода	Заготівля колод	На МЩ	Обсяг колод МЩ	Вихід дощок	Обсяг дощок МЩ	Вихід бездефектних ламелей	Обсяг МЩ
2022	тис.м3	20%	тис.м3	70%	тис.м3	25%	тис.м3
Сосна	7368,8	0,2	1473,76	0,7	1031,632	0,25	257,908
Бук	935,2	0,2	187,04	0,7	130,928	0,25	32,732

Методика розрахунку економічного ефекту розрахункової вартості меблевих щитів від запровадження практичних рекомендацій щодо формостійкості наступна:

- Приймаємо брак (втрати) через проблеми з формостійкістю – випадкове укладання на рівні 10%;
- Тоді обсяги браку меблевого щита складуть відповідно: сосна звичайна – 25,791 тис.м3; бук звичайний (лісовий) – 3,273 тис.м^3;
- Приймаємо ринкову середньозважену ціну на меблеві щити, користуючись відповідними сайтами, на рівні: сосна звичайна – 29400 тис. грн за 1 м^3; бук звичайний (лісовий) – 42000 тис. грн за 1 м^3;
- Тоді втрати через брак меблевих щитів для даних обсягів складе: сосна звичайна – 758,25 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 137,474. млн.грн;
- Після запровадження практичних заходів щодо прогнозування стріл прогину брак зменшиться орієнтовно на 6 %;
- Тоді обсяги браку меблевого щита складуть відповідно: сосна звичайна – 10,316 тис.м^3; бук звичайний (лісовий) – 1,309 тис.м^3;
- Тоді річна економія від запровадження практичних рекомендацій щодо формостійкості складе: сосна звичайна – 454,95 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 82,485 млн.грн;
- Економія від запровадження практичних рекомендацій щодо формостійкості складе для 1 м^3 меблевого щита складе: сосна звичайна – 1764 грн; бук звичайний (лісовий) – 2520 грн.

Зведені розрахунки економічного ефекту у табл. 4.

Таблиця 4.

Розрахунок економічного ефекту від впровадження рекомендацій

	Обсяг МЩ	Втрати укладання	Брак	Ціна, ПД	Втрата	Впровадження заходів	Брак	Річна економія	Економія на 1 м^3
	тис.м3	10%	тис.м3	грн	млн. грн	4%	тис.м3	млн. грн	грн
Сосна	257,908	0,1	25,791	29400	758,25	0,04	10,316	454,950	1764
Бук	32,732	0,1	3,273	42000	137,47	0,04	1,309	82,485	2520

На основі одержаних та наведених результатів побудуємо порівняльну гістограму економічного ефекту від запровадження практичних рекомендацій щодо формостійкості (рис. 4).

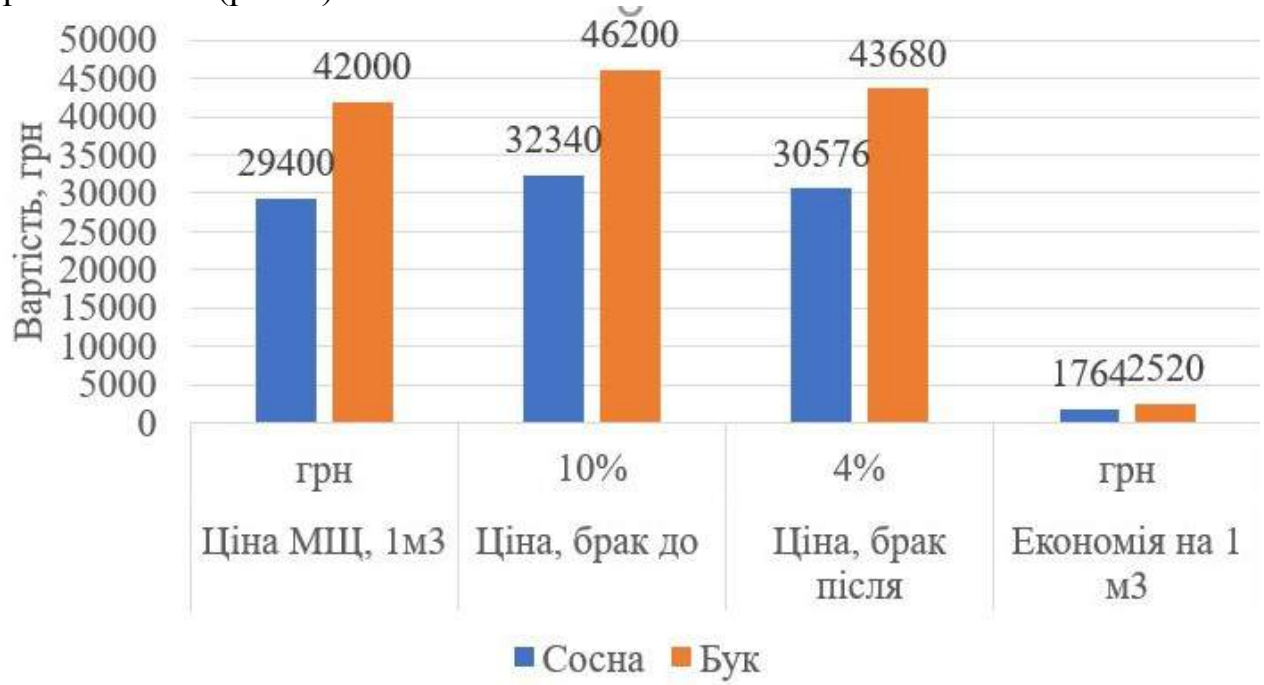


Рис. 4. Гістограма економічного ефекту від запровадження практичних рекомендацій щодо формостійкості для 1 м^3 меблевого щита

Висновки.

1. Розроблено математичну модель розрахунку економічної ефективності процесу одержання ламелей із монолітних та зрощених ламелей із бездефектних відрізків ЗД та ПД для меблевих щитів заданої формостійкості, використання якої дасть можливість прогнозувати перспективи розвитку підприємства, ефективно та швидко визначити кошторис виробничої собівартості меблевих щитів з бездефектних ділянок соснових та букових ламелей

2. Побудовано модель, яка базується на часткових $ЕЕ_{МЩ}$ на окремих технологічних процесах, які передбачають зменшення/збільшення грошових витрат, що пов'язано із матеріальними або енергетичними ресурсами. Враховано витрати на таких етапах перероблення ЗД: на місцях утворення, на місцях збирання, за перевезення до місць складування, за сортування, за розкрій, за сушіння.

3. Встановлено, що з врахуванням витрат на кожному етапі залучення ЗД для одержання розмірно-якісних заготовок $ЕЕ_{МЩ}$ досягається за рахунок низької ціни на ЗД, зменшення витрат на збирання та заготівлю, суттєвого скорочення часу на сушіння заготовок ЗД у порівнянні із заготовками із ПД, особливостей складування, сортування та розкрою ЗД.

4. Отримана модель дає змогу правильно організовувати технологічний процес матеріального перероблення ЗД на заготовки та забезпечувати виготовлення розмірно-придатних заготовок належної міцності. Досліджено вплив складових оптимізаційної моделі та основних технологічних факторів процесу перероблення ЗД на заготовки на значення $ЕЕ_{МЩ}$. У результаті доцільність використання оптимізаційної моделі $ЕЕ_{МЩ}$, в першу чергу, дозволить оптимізувати режими основних технологічних операцій як розкрій та сушіння.

5. Розраховано, що найсуттєвішим показником часткової ЕЕ (e_6) є вартість сушіння. Для сушіння ЗД витрати є значно меншими. Якщо для сушіння 1 м^3 ПД сосни вологістю 60 % до вологості 8 % потрібно 14 днів із затратами 1600 грн, то для сушіння заготовок ЗД вологістю 12% потрібно 4 дні при затратах 6200 грн, а при вологості ЗД 18 % від зовнішнього користування потрібно 6 днів при затратах 840 грн. Тобто, ЕЕ на восьмому етапі пов'язана із економію теплових ресурсів на сушіння і склала 69 % для бука, 61,25 % для сосни.

6. Розраховано, що підсумкова ЕЕ використання ЗД категорії ЗД-0 у порівнянні із ПД І сорту для виготовлення якісних заготовок із деревини бука становить 207,44 %, а із деревини сосни 184,921 % і стимулює до впровадження ресурсоощадних технологій з виробництва, зокрема меблевих щитів.

7. Встановлено, що, як демонструють результати порівняльних досліджень з визначення кошторису виробничої собівартості традиційних МЩ із ПД та МЩ із ЗД, при застосуванні ЗД можливо одержати фінансову та еколого-економічну вигоду. Основна вигода виробника полягає у зменшенні матеріальних витрат на виготовлення МЩ із ЗД у порівнянні з традиційними МЩ із ПД. Так, при конструкціях меблевих щитів 50 % із ПД та 50% із ЗД дохід від продажу меблевих щитів для обсягів 257,91 тис. м3 для сосни та 32,73 тис. м3 для бука складе: сосна звичайна – 5841,49 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 1018,74. млн.грн, а відповідно – заощадження складуть 1741,00 млн.грн; та 356,00 млн. грн. А конструкцій меблевих щитів 100% із ЗД дохід від продажу меблевих щитів для даних обсягів складе: сосна звичайна – 4100,49 млн.грн; бук звичайний (лісовий) – 662,73 млн.грн, а відповідно – заощадження складуть 3482,00 млн.грн; та 712,00 млн. грн. Таким чином, розрахунки демонструють, що здешевлення МЩ із ЗД складає від 22,96 % до 25,89 % при конструкції 50%/50%, від 45,92 % до 51,79 % при 100% використанні ЗД.

8. Розраховано, що при конструкціях меблевих щитів 50 % із ПД та 50% із ЗД вартість 1 м^2 складе: сосна звичайна – 539,27 грн; бук звичайний (лісовий) – 741,04 грн; при конструкціях меблевих щитів 100% із ЗД вартість 1 м^2 складе: сосна звичайна – 321,45 грн; бук звичайний (лісовий) – 517,93 грн.

9. Визначено, що економія від запровадження практичних рекомендацій щодо формостійкості складе для 1 м^3 меблевого щита складе: сосна звичайна – 1764 грн; бук звичайний (лісовий) – 2520 грн.

References

1. **Denysyuk V.A., Kushpit A.S., Kushpit O.M.** (2018) *Analiz vplyvu vydu z"yednan' za shyrynoyu na formostiykist' meblevykh shchytiv* [Analysis of the influence of the type of joints by width on the dimensional stability of furniture boards] / Comprehensive quality assurance of technological processes and systems: theses materials, add. VIII International science – practice conf. (Chernihiv, May 10-12, 2018) . – Chernihiv. Vol. 1:209-210. (in Ukrainian).

2. **Gayda S.V.** (2015): *Tekhnologiï i fiziko-mekhanichni vlastivosti stolyarnikh plit iz vzhivanoï derevini* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood]. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems* 3(1):145-152, (in Ukrainian).

3. **Gayda S.V.** (2016): *Formoustoychivost' stolyarnykh plit iz vtorichno ispol'zuemoy drevesin* [A form of stability of blockboards made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 46:148-153, (in Russian).

4. **Gayda S.V.** (2016): Research on physical and mechanical characteristics of front blockboards made from post-consumer wood [Дослідження фізико-механічних характеристик фасадних столя-

рних плит із вживаної деревини]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 33-50. doi: https://doi.org/10.36930/42164206

5. **Gayda S.V.** (2018): Дослідження та аналіз характеристик щитових конструкцій із вживаної деревини / *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktsiy iz vzhyvanoyi derevyny* [A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44:15-25 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42184402

6. **Gayda S.V.** (2019): *Naukovo-tekhnichni osnovy vykorystannya vzhyvanoyi derevyny v derevoobrobtsi* [Scientific and technical basis of the use of used wood in woodworking]: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23. – Lviv: UNFU. – 465 (in Ukrainian).

7. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018): Формостійкість як критерій якості столярних плит із вживаної деревини / *Formostiykist' yak kryteriy yakosti stolyarnykh plyt iz vzhyvanoyi derevyny* [Shape stability as a quality criterion for PCW-made blockboards]. Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine 17:185-192 (in Ukrainian).

8. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2021): Властивості вживаної деревини як визначальний чинник якості меблевих виробів / *Vlastyvosti vzhyvanoyi derevyny yak vyznachal'nyy chynnyk yakosti meblevykh vyrobiv* [Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products]. Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine 23:152-162 (in Ukrainian). https://doi.org/10.15421/412135

9. **Gayda S.V., Ya.M. Bilyy** (2016): Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини / *Doslidzhennya formostiykosti kleyenykh shchytiv iz vzhyvanoyi derevyny* [The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 69-79 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42164211

10. **Gayda, S.V.** (2007). A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:55-63 (in Ukrainian).

11. **Gayda, S.V.** (2010). A comparative analysis of physical and mechanical parameters of variously designed glued boards made of post-consumer recovered wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 36:81-91.

12. **Gayda, S.V.** (2013). Resource-saving technologies of recycling of post-consumer wood. Scientific Bulletin of NULES of Ukraine: Technology and Energy of agroindustrial complex 185(2):271-280 (in Ukrainian).

13. **Gayda, S.V.** (2013). Technologies and recommendations on the utilization of post-consumer wood in woodworking industry. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 39(1):48-67 (in Ukrainian).

14. **Gayda, S.V.** (2015). Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood (PCW). Actual problems of forest complex 43:175-179 (in Russian).

15. **Gayda, S.V.** (2016). A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. ProLigno 12(1):22-31.

16. **Gayda, S.V.** (2017). A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). Actual problems of forest complex 48:34-38 (in Russian).

17. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** (2020). Determining the regime parameters for the surface cleaning of post-consumer wood by a needle milling tool. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(1(107)): 89–97. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212484

18. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. Poznan: Drewno, 63(206): 77-102. doi: https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10

19. **Gayda, S.V., Kiyko O.A., Guz M.M.** (2022): Research of the structure of stump and rootwood for effective use in the production of wood products. Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry, 64 (3):131–142, doi: https://doi.org/10.2478/ffp-2022-0011

20. **Gayda, S.V., Maksymiv, V.M.** (2007): Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:63-73 [in Ukrainian].

21. **Kryvyk, O.O., & Mayevskyy, V.O** (2011) *Dynamika zminy formostiykosti shchytiv kleyenykh z poyednannyam riznykh porid de- revyny* [Dynamics of shape stability change for glued panels with a

combination of different wood species]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, Lviv. Vol. 37(1):30-33 (in Ukrainian).

22. **Mayevskyy, V.O, & Benyah, Yu.V.** (2005). Investigations of stability of shape of Composite boards from oak solid. Collection Bulletin UNFU, Lviv. Vol. 15(5):199-208 (in Ukrainian).

23. **Podibka T.I.** (2018) : *Konstruktsiyi ta tekhnolohichni aspekty meblevykh shchytiv v normatyvnykh dokumentakh* [Constructions and technological aspects of furniture panels in regulatory documents] // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44: 83-90. doi: https://doi.org/10.36930/42184411

24. **Podibka T.I.** (2020) : *Doslidzhennya formostiykosti meblevykh shchytiv iz derevyny sosny riznykh konstruktsiy* [A investigation of form of stability of variously designed furniture board made of pine wood of different constructions]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 46:108-121 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42204613

25. **Podibka T.I., Kiyko O.A.** (2019) : *Doslidzhennya vplyvu poperechnykh rozmiriv bukovykh reyok na formostiykist' meblevykh shchytiv* [A study of the influence of the transverse dimensions of beech of strips on the form of stability of furniture board]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 45: 155-171. doi: https://doi.org/10.36930/42194521

UDC 684.41

Postgraduate student T.I. Podibka – UNFU

Mathematical model for calculating the economic efficiency of the process of manufacturing defect-free sections for shape-resistant furniture panels

A mathematical model was developed for calculating the economic efficiency of the EEFB process of obtaining lamellas from monolithic and jointed lamellas from defect-free pieces of wood residues (WR) and primary wood (PW) for furniture panels of a given dimensional stability, the use of which will make it possible to forecast the prospects for the development of the enterprise, to efficiently and quickly determine the estimate of the production cost price of furniture boards made of defect-free areas of pine and beech lamellas. It is calculated that the final EEFB of using WR category WR -0 in comparison with PW I grade for the production of high-quality blanks from beech wood is 207.44%, and from pine wood is 184.921% and stimulates the introduction of resource-saving production technologies, in particular furniture panels. It has been established that, as demonstrated by the results of comparative studies on the estimation of the production cost of traditional FB with PW and FB with WR, it is possible to obtain financial and ecological and economic benefits when using WR. The main benefit of the manufacturer is the reduction of material costs for the production of MH with WR in comparison with traditional FB with PW. Thus, with the construction of furniture boards 50% from PW and 50% from WR, the income from the sale of furniture boards for the volumes of 257.91 thousand m3 for pine and 32.73 thousand m3 for beech will be: common pine – 5841.49 million hryvnias ; ordinary beech – 1018.74. million hryvnias, and accordingly – savings will amount to 1741.00 million hryvnias; and UAH 356.00 million. And for the constructions of furniture panels 100% from WR, the income from the sale of furniture panels for these volumes will be: common pine – 4100.49 million hryvnias; ordinary beech – 662.73 million hryvnias, and accordingly – savings will amount to 3482.00 million hryvnias; and UAH 712.00 million. Thus, the calculations show that the price reduction of FB with WR is from 22.96% to 25.89% with the 50%/50% design, from 45.92% to 51.79% with 100% use of WR. It is calculated that for the construction of furniture panels 50% from PW and 50% from WR, the cost of 1 m2 will be: ordinary pine – UAH 539.27; ordinary beech – UAH 741.04; for the construction of furniture panels 100% from WR, the cost of 1 m2 will be: common pine – UAH 321.45; common beech (forest) – UAH 517.93.

Keywords: furniture board, pine (Pinus sylvestris), beech (Fagus sylvatica L.), mathematical model, slat, lamella, physical and mechanical properties, characteristics, modeling, form stability, deflection beam, deformability, technologies, gluing, splicing.

УДК 674-419.33
Аспірант Л.Е. Лесів[1] – НЛТУ України
doi: https://doi.org/10.36930/42214806

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КОМБІНОВАНИХ СТОЛЯРНИХ ПЛИТ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

Обґрунтовано, деревинні ресурси повинні комплексно використовуватись, зокрема це стосується деревинних відходів та залишків на всіх етапах виробництва. Але сьогодні як ніколи постало питання перероблення вживаної деревини (ВЖД) – додаткового резерву деревини, яка у виробах втратила вже свої споживчі характеристики. Запропоновано її використання у виробництві конструкційних щитових матеріалів, зокрема для одержання у заводських умовах традиційних та нормативних столярних плит. Запропоновано конструкції столярних звичайних та комбінованих плит із ВЖД, яку отримано із демонтованих вікон, дверей та будинкових конструкцій. Зроблено партію столярних плит із ВЖД шляхом реалізації В-плану другого порядку, де змінними були ширина рейок внутрішнього щита, при чому рейки були із брусків деревини та із випиляних деревностружкових плит. З отриманих експериментальних плит розміром 440х440 мм, були одержані взірці для випробування на показники міцності під час статичного згинання. Побудовано регресійну модель залежності вихідних параметрів міцності під час статичного згинання залежно від ширини рейок комбінованих столярних плит із деревинних ресурсів ВЖД. Моделі адекватні. Встановлено, що механічні характеристики всіх столярних плит із ресурсів ВЖД не залежно від їх конструкції задовольняють вимоги DIN 68705-2:2014-10. Встановлено за результатами експериментальних досліджень, що найвищими механічними параметрами характеризується комбіновані столярні плити із ВЖД таких конструкцій за шириною рейки: $В_{ВЖД}$ = 30 мм; $В_{ДСП}$ = 30 мм – показник на міцність під час статичного згинання – 32,252 МПа. Встановлено, що найвищими механічними показниками характеризується личковані фанерою товщиною 4 мм столярні плити з клеєним щитом із ВЖД та комбінована столярна плита з клеєним щитом із ВЖД та ДСП. При ширині рейок 50 мм середня міцність під час статичного згинання таких плит становить відповідно 27,88 та 25,211 МПа. Розраховано, що використання ВЖД дає фінансову та екологічну вигоду, а саме, що столярні плити із ВЖД (312 грн) є на 17-23 % дешевшими за аналогічні із первинної деревини (378 грн).

Ключові слова: столярна плита, меблевий щит, вживана деревина, міцність, деформація, напруження, метод випробування, математична модель, регресійна модель, склеювання, полівінілацетатний клей, технологія, перероблення, заготовки, деревина.

Актуальність та проблема дослідження: Залучення деревинних додаткових ресурсі до матеріального використання є актуальним та нагальним питанням сьогодення. Вживана деревина (ВЖД) є ресурсною базою деревинної сировини, але в даний час вона ефективно не використовується. В цьому і проблема, оскільки засмічується довкілля та виникають екологічні проблеми щодо забруднення територій [8, 12, 14, 20, 28, 29]. Дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених із зазначеної проблеми стосуються, в основному, використання виробничих деревних відходів, без залучення ВЖД до процесу перероблення – виготовлення виробів з неї [1, 3, 25, 27, 30, 31, 35, 36].

Проблема дослідження: відсутність ресурсоощадних та екологобезпечних технологій з практичними рекомендаціями щодо використання ВЖД. По можливості часткове вирішення даної проблеми дасть можливість забезпечити галузі деревообробки додатковим джерелом сировини, альтернативним додатковим ресурсом шляхом перероблення ВЖД на столярну плиту. Тепер людство суттєво за-

[1] Лесів Лев Едуардович – аспірант кафедри технології меблів і виробів з деревини. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103. м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-238-45-04, +38-097-127-42-26. E-mail: levlesiv123@gmail.com

думалось над екологічними проблемами [8, 9, 10, 11, 13, 19, 22]. Ці виклики також стосуються лісових ресурсів, деревообробних та меблевих галузей, вторинних деревинних резервів сировини, відходів, залишків деревини основного виробництва, твердих побутових відходів і так дальше. Додатковим, незадіяним резервом деревинної сировини в Україні є вживана деревина (ВЖД), річні запаси приблизно складають два 2 млн. тон». У Європи питання використання ВЖД частково вирішені. В Україні це питання ще не вирішувалось. З одного боку, серед вчених та виробників меблевої і столярної продукції, а також виробників електричної та теплової енергії інколи виникає дилема – спалювати ВЖД чи дати цій деревині «друге життя ».

Мета дослідження – проаналізувати основну механічну характеристику (міцність під час статичного згинання згідно DIN 68705-2:2014-10 [4]) столярної плити із первинної деревини та столярної плити із ВЖД як звичайної конструкції, так і комбінованої.

Мета роботи – здійснити порівняльний аналіз механічних параметрів столярної плити із первинної деревини та плити із ВЖД різних конструкцій.

Об'єкт дослідження – столярна плита (СП) із ВЖД.

Предмет дослідження – закономірності впливу конструкцій щита столярної плити та комбінованого укладання рейок різної ширини на міцність під час статичного згину столярної плити із ВЖД.

Класифікація ВЖД. В Україні також є напрацювання з цього питання. Особливо ініціативним є Національний лісотехнічний університет України. Вчені університету розробили класифікатор ВЖД, запропонували класифікацію за ступенем забруднення з поділом на чотири категорії [6, 8, 18, 29]:

1. Перша ступень чистоти – це абсолютно чиста та природня деревина без будь яких шкідливих домішок.
2. Друга ступень чистоти – це деревина яке не містить галогенопохідних, зокрема ПВХ.
3. Третя ступень чистоти – це деревина яка містить галогенопохідних, зокрема ПВХ, але не має речовин захисту.
4. Четверта ступень чистоти – це деревина яка містить речовини захисту: антипірети, антисептики та інші.

Вживана деревина після очищення може сміливо залучатись до матеріального використання. З габаритної ВЖД для потреб меблевої та деревообробної галузі можуть виготовлятись кондиційні рейки для залучення у виробництві щитових конструкцій : столярної плити, меблевого щита, каркасів м'яких меблевих виробів, зрощених ламелей для меблевого щита та євробруса та інших виробів. Обґрунтованим та найкращим варіантом є залучення ВЖД для виробництва столярних плит, в яких щити личковані шпоном, фанерою або ДВП. Столярні плити , що личковані шпоном, фанерою або ДВП діляться на три типи за міцністю, за укладанням рейок в середині плити, видом личківок, способом шліфування, за сортом пиломатеріалів, товщиною личківки та габаритними розмірами виготовлення 1525х1525, 2500х1525, 1525х1200 мм:

НР – звичайної механічної міцності на статичний згин до 15 МПа при ширині рейок більше 50 мм личковані струганим шпоном та шліфовані з двох боків 3-го або 4-го сорту для шпилькових порід і 3-го сорту для листяних порід при то-

вщині личківки 2 мм, 3 мм, 4 мм габаритними розмірами виготовлення 1525х1525 мм, 2500х1525 мм, 1525х1200 мм, рейки не склеєні.

СР – підвищеної механічної міцності на статичний згин більше 15 МПа при ширині рейок менше 50 мм личковані струганим шпоном та шліфовані з двох боків 3-го або 4-го сорту для шпилькових порід і 3-го сорту для листяних порід при товщині личківки 2 мм, 3 мм, 4 мм габаритними розмірами виготовлення 1525х1525 мм, 2500х1525 мм, 1525х1200 мм,: рейки склеєні.

БР – підвищеної механічної міцності на статичний згин більше 15 МПа при ширині рейок менше 30 мм личковані струганим шпоном та шліфовані з двох боків 3-го або 4-го сорту для шпилькових порід і 3-го сорту для листяних порід при товщині личківки 2 мм, 3 мм, 4 мм габаритними розмірами виготовлення 1525х1525 мм, 2500х1525 мм, 1525х1200 мм,: В середині конструкції столярної плити рейки укладені пластями.

Класифікація столярних плит в країнах ЄС.

Battenboard– столярна плита, з серединним заповненням із склеєних тонких рейок при відношенні розмірів поперечного перерізу один до трьох склеєних крайками і личкованих шпоном (фанерою, МДФ), (рис. 1).

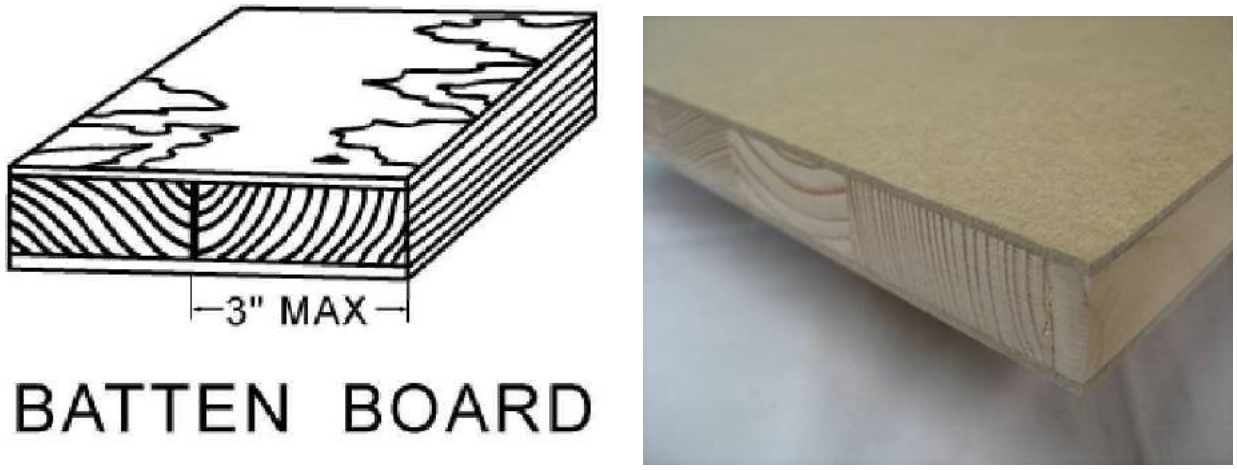


Рис. 1. Тип столярної плити у країнах ЄС Battenboard

Blockboard– столярна плита, з серединним заповненням із дощок шириною рейок при відношенні розмірів поперечного перерізу один до одного, покритої шпоном (фанерою, МДФ), (рис. 2)

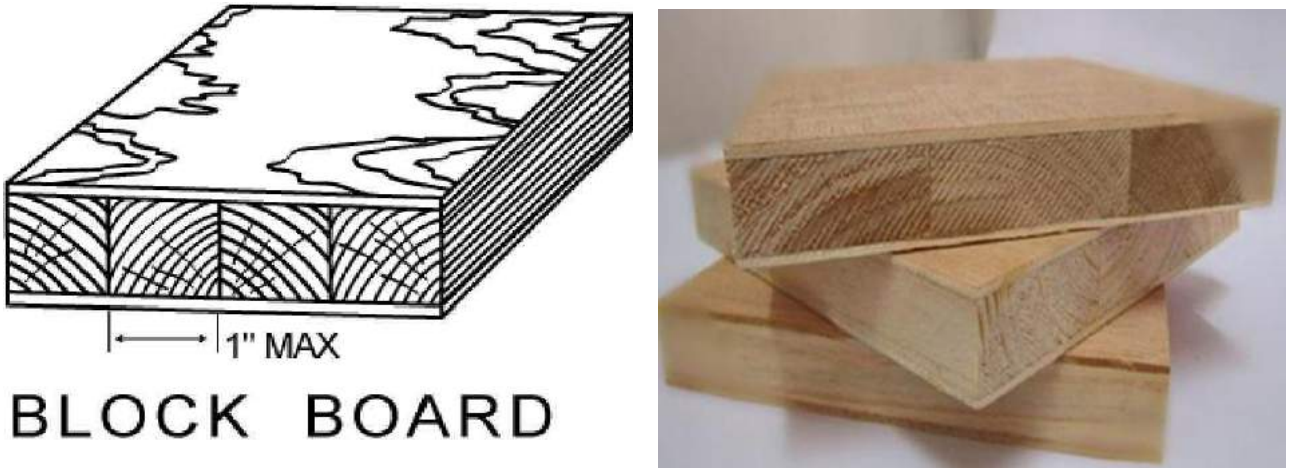


Рис. 2. Тип столярної плити у країнах ЄС Blockboard

Laminboard– столярна плита, з серединним заповненням із дощок товщиною 6-7 мм і шириною 25-30 мм, поставлених на ребро і склеєних пласть до пласті, що створюють стійкий блок, покритий зверху і знизу шпоном або фанерою товщиною від 3мм до 6 мм, (рис. 3.)

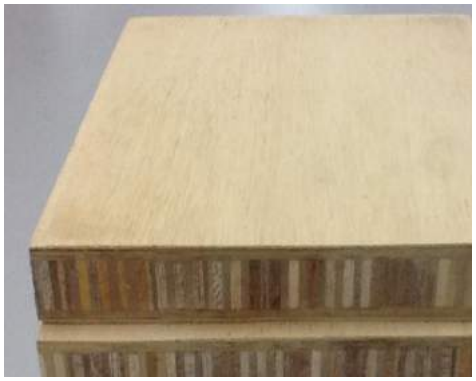


Рис. 3. Тип столярної плити у країнах ЄС Laminboard

Аналіз джерел літератури. У теперішній літературі зустрічаємо праці по різних сферах використання деревинних відходів та залишків, але дуже мало інформації по використанню ВЖД. Окремі теми розглядаються, але тільки частково. Проведені Пардаєвим А.С. [30, 31], дослідження стануть у нагоді при виготовленні склеєних щитів, меблевого щита або столярної плити, оскільки він вивчав площинну формостійкість, тобто відхилення від площинності клеєних щитових конструкцій. Дослідженням міцності та формостійкості щитових конструкцій займались також інші вчені, зокрема Гайда С.В. [5, 7, 13, 16, 17, 22, 23, 27, 36],

Науковці НЛТУ України впевнені, що майбутнє ВЖД – за матеріальним використанням, зокрема Гайда С.В. описує в своїх наукових працях [5-20]. Він накреслив шляхи перероблення ВЖД, що забезпечить деревообробні та меблеві підприємства додатковою сировиною, а також зменшить обсяги накопичень на звалищах відходів, крім того все це в комплексі покращить екологію зовнішнього середовища, збереже первинні лісові ресурси, що є актуальним та перспективним у майбутньому. Інші вчені займались математичним моделюванням та прогнозуванням характеристик щитових матеріалів, зокрема це науковці Дендюк М.В., Поберейко Б.П., Соколовський Я.І., Головата С., Мокрицька О.В. [2, 21, 24, 34, 37, 38]. Питання довговічності деревини та деревинних матеріалів, а також процесів склеювання піднімались вченими Пінчевською О.О., Спірочкіним А. [32, 33], Кшивецьким Б.Я. [26]. Тому, в цьому напрямку ще можна проводити багато досліджень. Розробляти практичні рекомендації з перероблення ВЖД, для одержання у заводських умовах традиційних та нормативних столярних плит різних конструкцій.

Завдання дослідження. Для реалізації мети дослідження потрібно реалізувати наступні задачі дослідження:

- Виготовити столярні плити із ВЖД (звичайну та комбіновану) та традиційну столярну плиту;
- Виготовити із столярної плити із ВЖД 100 пробних зразків для визначення підпорядкованості механічних характеристик таких плит закону нормального розподілу згідно із діючими стандартами;
- При успішній реалізації попередньої задачі, виготовити зразки для порівняння механічних характеристик виготовлених плит;

- Проаналізувати межу міцність під час статичного згинання столярної плити із первинної деревини та столярної плити із ВЖД як звичайної конструкції, так і комбінованої;
- Реалізувати В-плани для виявлення впливу ширини рейок на механічні характеристики столярної плити та виявлення раціональної ширини рейки;
- Отримати закономірності впливу конструкцій щита столярної плити та комбінованого укладання рейок різної ширини на міцність під час статичного згину столярної плити із ВЖД;
- Подати практичні рекомендації на основі отриманих даних.

Методика проведення експериментальних досліджень. Для реалізації поставлених завдань було розроблено комплексну методику, що включає такі логічні розробки:

- Виготовлення звичайних та комбінованих СП із ВЖД;
- Отримання взірців для випробування;
- Порівняння результатів досліджень.

Матеріали:

- Вживані віконні рами та коробки, дверні коробки та дверні полотна, вживані елементи гратчастих, мяких, спеціалізованих корпусних меблів;
- Вживані ДВП та фанера 4 мм, зокрема із задніх стінок корпусних меблів;
- Клей ПВА класом міцності D3 моделі «J-o-w-a-t 1.0.3.0.5»

Прилади та обладнання: типового устаткування та обладнання, контрольно вимірювальний інструмент, допоміжні складові для здійснення експериментальних досліджень.

Технологія. Технологічний процес одержання у заводських умовах традиційних та нормативних столярних плит включає: виготовлення щита, личкування його шпоном і обробка столярних плит. Відмінна особливість у технології плит різних видів – процес виготовлення щита. Столярна плита виготовляється товщиною 22мм. Технологічний процес виготовлення столярної плити із ВЖД складався з наступних стадій:

1. Збирання та складування
2. Сортування за типом, породою та забрудненням
3. Очищення деревини від фурнітури та інших сторонніх включень;
4. Руйнування шипових з’єднань та вирізання дефектних місць;
5. Очищення деревини від поверхневого забруднення;
6. Створення базової поверхні – фугування пласті;
7. Повздовжній розкрій деревини та торцювання в розмір;
8. Двобічне фрезування крайок;
9. Склеювання у ваймі столярного щита;
10. Розкрій фанери на необхідний розмір;
11. Напресування на столярний щит фанери;
12. Форматний розкрій та шліфування.

Підготовка дерев’яних брускових компонентів СП включає очищення ВЖД від фурнітури та інших сторонніх включень; руйнування шипових з’єднань та вирізання дефектних місць; очищення поверхонь деревини від лакофарбових матеріалів; фугування пласті; повздовжній розкрій деревини; двобічне фрезування крайок; торцювання в розмір 520 мм.

Підготовка рейок з ДСП для комбінованих СП включає зовнішнє очищення від фурнітури та інших сторонніх включень; поверхневе очищення щитів від лакофарбових матеріалів та плівок; форматний розкрій з отриманням рейок шириною 30; 50; 70 мм та довжиною 520 мм; двобічне фрезування в розмір 14 мм. Для очищення деревини від фурнітури використовувались стандартні інструменти плоскогубці, викрутки, цвяховидьоргувачі.

Для очищення плоских поверхонь від лакофарбових матеріалів використовувався фугувальний верстат. Очищена деревина розкроювалась на рейки товщиною 17 мм та шириною 43; 63; 83 мм. Отримані рейки фрезувались на двобічному рейсмусовому верстаті по ширині з отриманням рейок шириною 30; 50; 70 мм. На відповідні розміри розкроювалась фанера.

Отримання столярного щита включає підбір рейок за шириною рейок та за кутом нахилу річних шарів для звичайних плит, а для комбінованих – почергове укладання рейок з різних матеріалів, нанесення клею П-ВА моделі «J-o-w-a-t 1.0.3.0.5» на крайки рейок з витратою 200-250 г/м^2, склеювання у ваймах (режимні параметри: температура – 85-90 ºС, час витримки – 30-40 хв, тиск – 0,5-1,0 МПа) на столярні щити розміром 520х520 мм, технологічна витримка (вологість – 50±5 %, температура 20±2 ºС) протягом 8-12 год., фрезерування за товщиною з двох боків до 14 мм. Кінцевий етап виготовлення СП включає наступні операції: нанесення клею П-ВА моделі «J-o-w-a-t 1.0.3.0.5» на пласті столярного щита з витратою 150-200 г/м^2, формування пакету, личкування у плоскому пресі (режимні параметри: температура – 115-120 ºС, час витримки – 4-6 хв, тиск – 1,2-1,3 МПа), технологічна витримка (вологість – 50±5 %, температура 20±2 ºС) протягом 4-8 год., розкрій за периметром на розміри 500×500 мм, для формостійкості розміри зменшували до 440×440 мм.

Методика реалізації композиційного В-плану. Оскільки дослідження базувалися на вивченні залежності характеристик структурних компонентів СП зокрема, механічних характеристик отриманих плит, то було реалізовано В-план другого порядку (табл. 1.). Підготовлені рейки із масиву сосни ($B_{ВЖД}$) та ДСП ($B_{ДСП}$) виготовлялись шириною 30, 50 та 70 мм.

Таблиця 1. Стандартна сітка досліджень для плану В2 двох факторів

№ досліду		Цифри вхідних факторів			
		Натуральні		Кодовані	
		$B_{ВЖД}$	$B_{ДСП}$	x_1	x_2
Повний		30	30	-1	-1
		70	30	1	-1
		30	70	-1	1
		70	70	1	1
Зірковий		30	50	-1	0
		70	50	1	0
		50	30	0	-1
		50	70	0	1

Також було проведено додатковий дослід в центрі плану. Кількість дубльованих досліджень – 5.

Підсумок розрахунків , для реалізації експериментальних досліджень було виготовлено 15 видів СП із ВЖД (Рис. 4).

Для порівняння було виготовлено СП(Брусок)свіжа та нових плит ДСП.

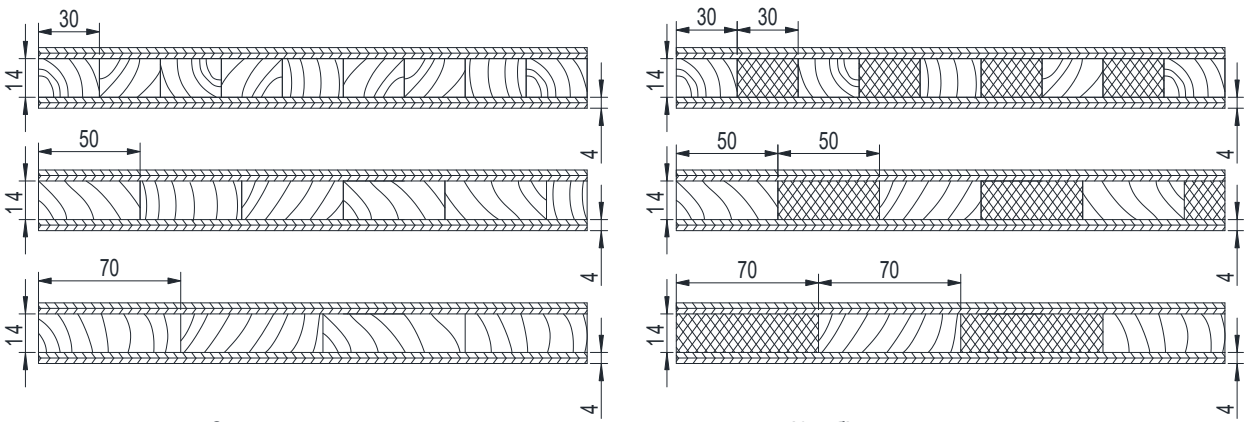


Рис. 4. СП із ВЖД та комбінована СП із ВЖД та ВЖД (ДСП)

Кожен із різновидів щитів личкувався фанерою товщиною 4,0 мм.

Під час виготовлення СП із ВЖД постійними факторами даного дослідження були: відносна вологість повітря 61-66 %; температура повітря 17-21 ºС; атмосферний тиск 740 ммрт. ст.; швидкість циркуляції повітря V≈0 м/с; рівень запиленості повітря; клей П-ВА моделі «J-o-w-a-t 1.0.3.0.5»; метод нанесення; тиск пресування; час витримки; устаткування; об’єм приміщення.

Методика процесу виробництва підготовлених відповідно до розмірів взірців ВЖД для випробовування показника міцності під час статичного згинання впоперек рейок. Зразки столярних плит виготовляють у формі прямокутної призми (рис. 5, рис. 6) з розмірами:

- товщина h – розмір зразка по напрямку дії зусилля, що вигинається;
- ширина b = 50 мм;
- довжина l_1 = 15 h мм при h>10 мм;
- довжина l_1 = 150 мм при h<10 мм.

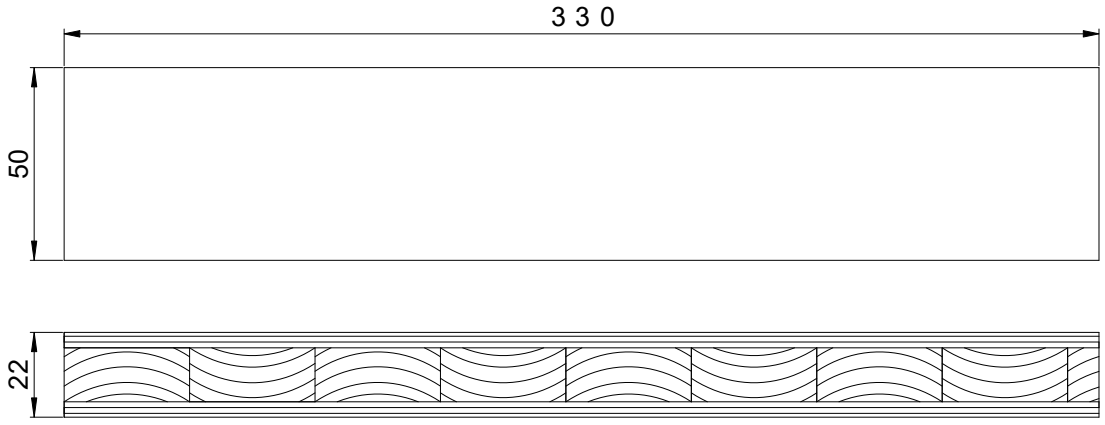


Рис. 5. Зразок столярної плити для випробовування показника міцності під час статичного згину впоперек рейок

Товщина зразка h рівна товщині столярної плити, а саме 22 мм. Ширина зразка b = 50 мм. Довжина тоді відповідно l_1 = 15 *h=15·22=330* мм.

Під час експериментального випробування підготовлених відповідно до розмірів взірців ВЖД довжиною $l_1 = 15\ h$ відстань між опорами l приймають рівною $l=12h=12\cdot22=264$ мм.

Рис. 6 .Загальний вигляд експериментального зразка СП із ВЖД так і ВЖД (ДСП) різних конструкцій для випробовування показника міцності під час статичного згину впоперек рейок

Границю міцності столярної плити під час статичного згинання визначали на машині РМ – 05 за ДСТУ 28840-92 (рис. 7)

Рис. 7. Випробувальна машина УММ – 5

Випробування зразків проводять за схемою, наведеною на кресленні (рис. 8).

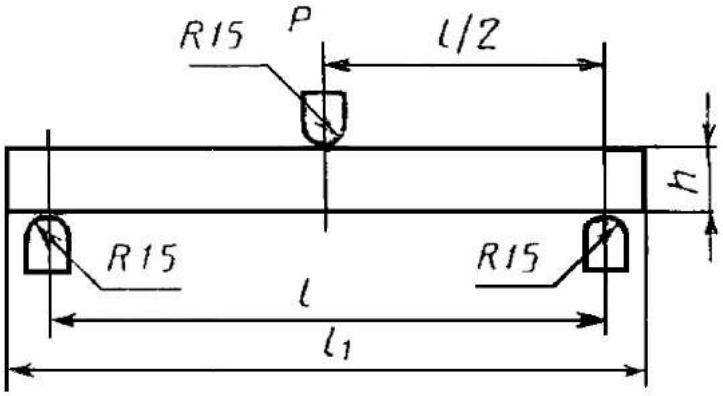


Рис. 8. Схема організації випробовування міцності на статичний згин

Результати одержання столярних плит із ВЖД. Науково-дослідне завдання полягало у виготовленні взірців – столярних плит із ВЖД для подальшого експериментального дослідження та порівняльного аналізу.

Взірці мають вигляд продукції із ряду напівфабрикатів, а саме столярної плити личкованої фанерою з розмірами 500х500 мм., та товщиною 22 мм. (рис. 9). Було виготовлено два види такої продукції: перший вид складається із рейок ВЖД шириною 30 мм., 50 мм. та 70 мм. (Рис. 10), а другий вид (комбінований) складається із рейок ВЖД та рейок ДСП, які склеюються П-ВА моделі «J-o-w-a-t 1.0.3.0.5» почергово такої ж ширини. (Рис. 11) Товщина готової заготовки (рейки) складає 18 мм., а товщина склеєного неличкованого щита 14 мм.

Рис. 9. Загальний вигляд готової столярної плити із ВЖД

Рис. 10. Перший вид столярної плити із ВЖД (звичайна)

Рис. 11. Другий вид столярної плити із ВЖД (комбінована)

Зрощення рейок із ВЖД та ДСП за шириною у щит виконувалося у струбцинах. (рис. 12).

Рис. 12. Процес нанесення клею П-ВА моделі «J-o-w-a-t 1.0.3.0.5» та стискання у приспосібленнях

Результати експериментальних досліджень.

Вплив ширини рейок комбінованих СП на показники міцності під час статичного згину. Дослідження показника міцності під час статичного згину СП(ВЖД), МПА із ВЖД від ширини рейок з масивної деревини та із вживаної ДСП вибрано не випадково. Адже, згідно DIN 68705-2-2003 ширина рейки не повинна перевищувати її товщину більше, ніж в 3 рази. Результати досліджень показали свої залежності і закономірності.

Результати значень показникыв міцності під час статичного згину представлено у табл. 2.

Таблиця 2. Результати середніх значень та дисперсій

	Показника міцності під час статичного згину, МПА, МПа					Усереднений показник	У цій вибірці показник дисперсії
	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5		
1	31,486	31,665	32,682	31,834	31,693	31,872	0,2202
2	27,919	28,384	29,243	28,468	28,223	28,447	0,2419
3	24,242	23,947	24,562	24,255	23,794	24,160	0,0890
4	20,849	20,557	21,146	20,812	20,680	20,809	0,0487
5	27,537	27,217	27,877	27,621	27,353	27,521	0,0643
6	22,998	22,966	23,509	23,045	22,036	22,911	0,2878
7	30,624	30,640	31,192	30,668	30,293	30,683	0,1041
8	21,907	21,811	22,344	21,923	21,765	21,950	0,0528
Сума						208,35	1,1089

Здійснивши статистичну обробку експериментальних даних одержали наступне адекватну регресійну модель – рівняння регресії в кодованих значеннях:

$$У = 25,211-1,898x_1-4,014x_2+0,005\ x_1^2+1,106x_2^2+0,018x_1x_2$$

Аналізуючи рівняння регресії, бачимо що найбільший вплив на вихідне значення функції має безумовно фактор x_2, та значно менше фактор x_1. При чому зі зростанням x_1 та x_2 вихідне значення зменшується.

Графічна побудова залежності за даними експерименту наведена на рис. 13 та рис. 14.

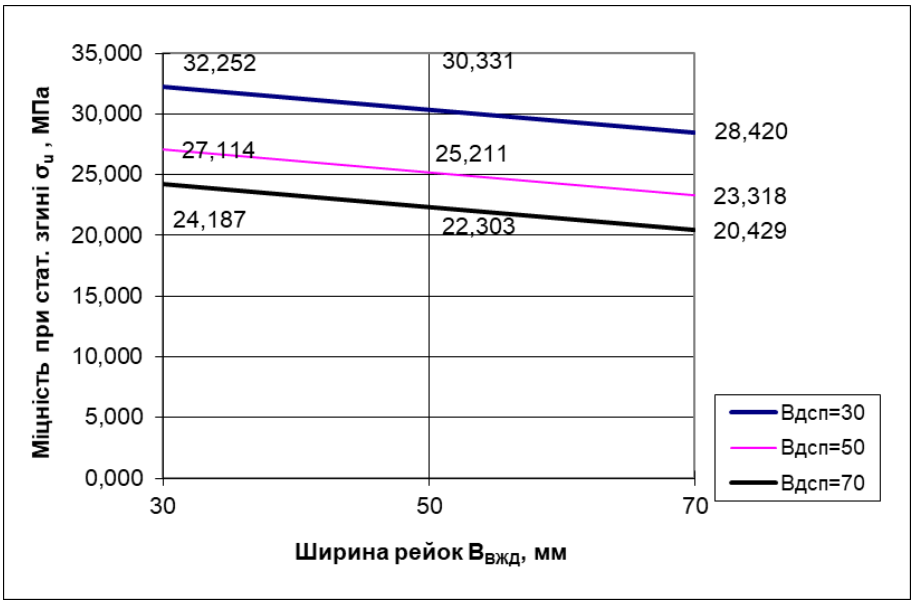


Рис. 13.. Залежність показника міцності під час статичного згину σ_u столярної плити від ширини рейки з ВЖД (масив) $B_{ВЖД}$ (x_1)

Як видно з Рис. 13, збільшення ширина рейки з ВЖД (масив) СП призводить до зменшення показника міцності під час статичного згину σ_u. Тенденція щодо залежності впливу ширина рейки з ВЖД (ДСП) на зменшення показника міцності під час статичного згину є аналогічною (Рис. 14).

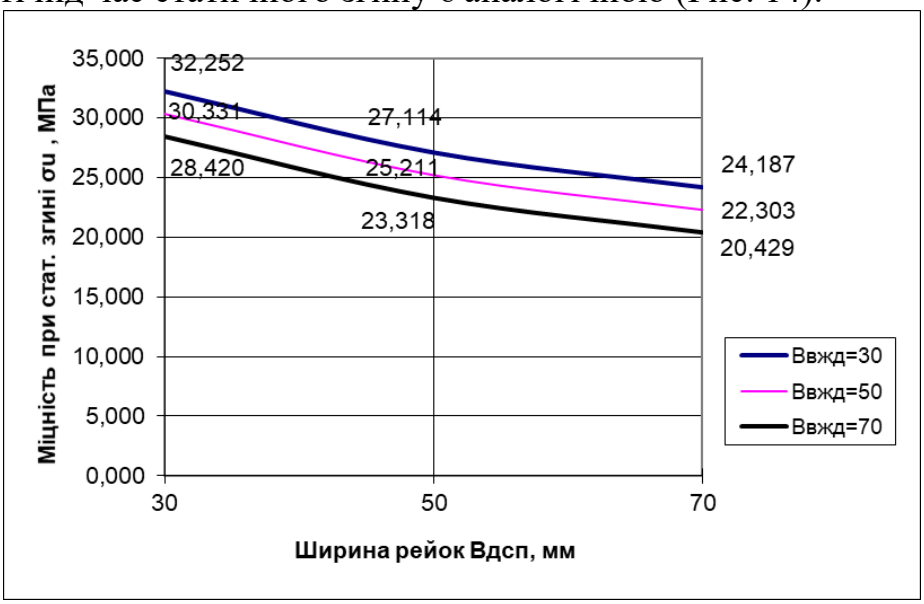


Рис. 14. Залежність показника міцності під час статичного згину σ_u столярної плити від ширина рейки з ВЖД (ДСП) (x_2)

Отже, найбільше на міцність СП на статичний згин впливає ширина рейки, і не значно впливає ширина рейки з ВЖД (ДСП).

Міцність на статичний згин СП із ВЖД товщиною 22 мм для всіх експериментальних зразків, задовольняють нормативні вимоги

За результатами експерименту здійснено оптимізацію ширини рейок за допомогою градієнтного методу, внаслідок якої виявлено, що максимальне значення

показника міцності під час статичного згину $\sigma_и$ = 32,252 МПа, взяте за абсолютною величиною можна отримати зафіксувавши розмірні параметри ширини рейок СП із ВЖД: $В_{ВЖД}$ = 30 мм; $В_{ДСП}$ = 30 мм (Рис. 15).

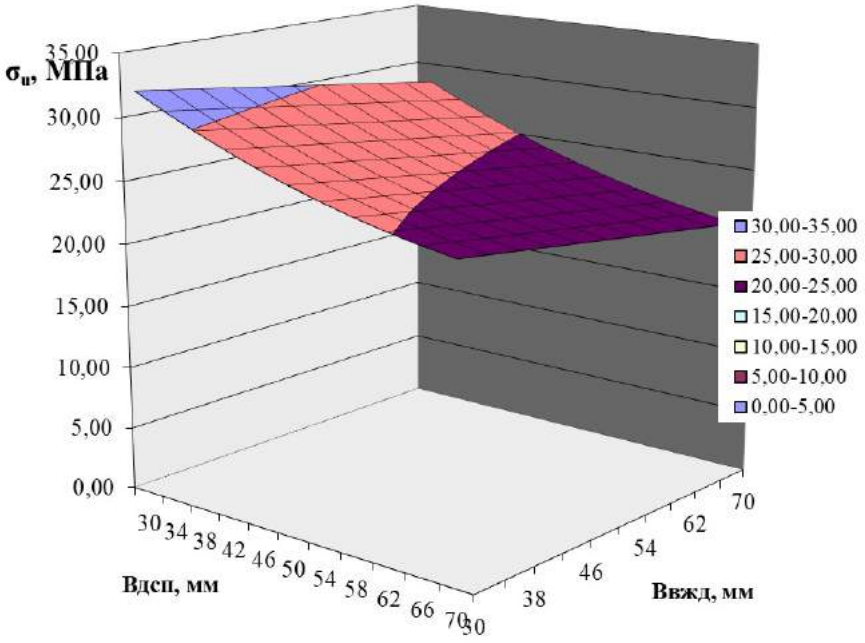


Рис. 15. Залежність показника міцності під час статичного згину $\sigma_и$ столярної плити від ширини рейки з ВЖД (масив та ДСП)

Порівняльний аналіз отриманих експериментальних даних показника міцності під час статичного згинання. В результаті проведення основного експерименту були отримані дані показника міцності під час статичного згинання інших столярних плит, (табл. 3, рис. 16).

Таблиця 3. Зведена таблиця показника міцності під час статичного згинання

Розроблені та запропоновані конструкції СП	Розрахунок	Норма	% норми
СП(Брусок-ДСП)ВЖД	25,21	15	168
СП(ДСП)ВЖД	19,57	15	130
СП(ДСП)свіжа	20,03	15	134
СП(Брусок)ВЖД	27,88	15	186
СП(Брусок)свіжа	29,12	15	194

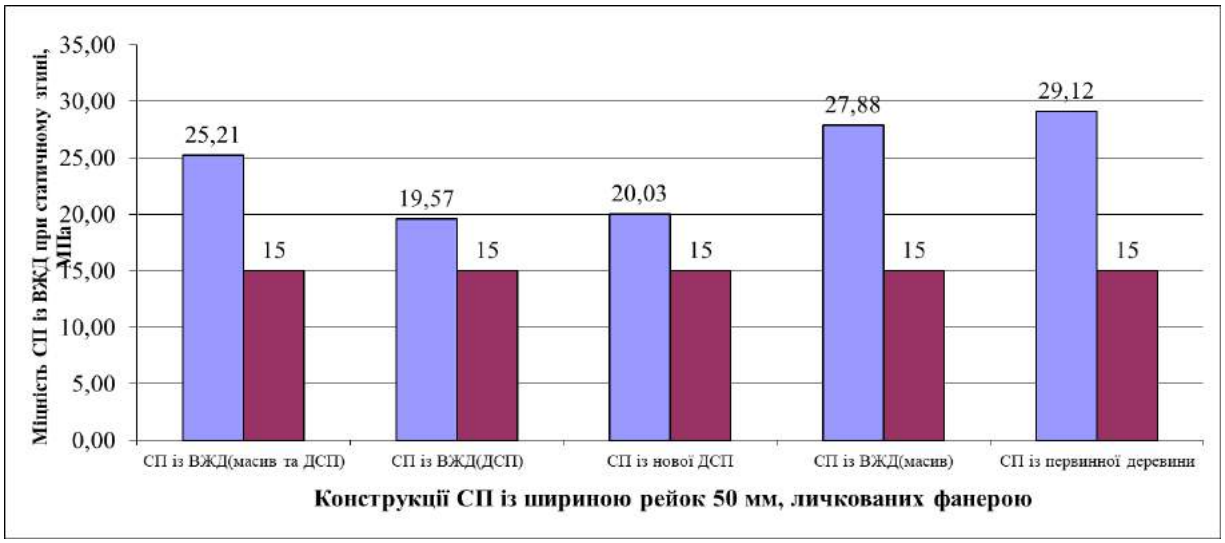


Рис. 16. Порівняльні гістограми СП різних конструкцій на міцність

Як видно з гістограми *(Рис. 16)* найменшої міцності плита щит якої виготовлений з ВЖД(ДСП) – 19,57 МПа. Судячи з характеру руйнування зразків *рис. 17.* (по внутрішніх шарах ДСП) це пов'язано з низькою міцністю ДСП на зсув по внутрішньому шарі.

Рис. 17. Зразки комбінованої СП(Брусок-ДСП)ВЖД під навантаженням та в момент руйнування

Дещо вищу міцність показала столярна плита з щитом із первинної ДСП – 20,03 МПа. Комбіновані СП мають вже міцність 25,21 МПа. Причиною цього є компенсація низької міцності ДСП на зсув по внутрішньому шарі високою міцністю на зсув деревних рейок. В свою чергу ДСП частково компенсує низьку міцність деревини на статичний згин впоперек волокон. Найбільшу міцність мали СП з рейок з масиву як із ВЖД, так із первинної сировини.

Високу міцність показала столярна плита з щитом із ВЖД у порівнянні із вмістом рейок з ДСП. Причиною руйнування взірця став послідовний розрив шарів шпону фанери починаючи від зовнішнього (рис. 18).

Традиційна столярна плита показала дещо вищу міцність в порівнянні з столярною плитою із ВЖД. Характер руйнування аналогічний плиті із ВЖД. Руйнування відбулося в наслідок розриву фанери.

Рис. 18. Взрірець личкованої фанерою Столярної лабораторної плити з щитом з ВЖД в момент руйнування

На основі одержаних результатів економічних розрахунків побудовано порівняльну гістограму собівартості столярної плити із первинної деревини та плит із ВЖД різних конструкцій (рис. 19).

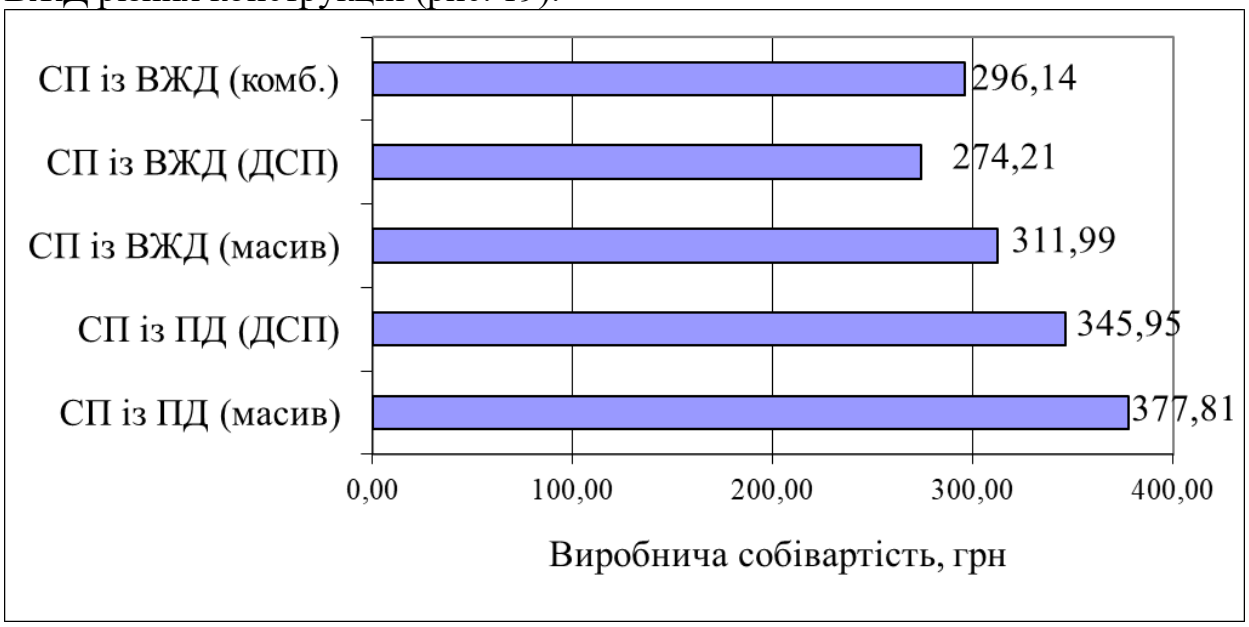


Рис. 19. Порівняльна гістограма виробничої собівартості столярної плити із первинної деревини та плит з ВЖД

Висновки.

1. Обґрунтовано, деревинні ресурси повинні комплексно використовуватись, зокрема це стосується деревинних відходів та залишків на всіх етапах виробництва. Але сьогодні як ніколи постало питання перероблення ВЖД (ВЖД) – додаткового резерву деревини, яка у виробах втратила вже свої споживчі характеристики.

2. Проаналізовано, що ВЖД заслуговує особливої уваги – придатна для матеріального використання з одного боку, та економить первинну деревину, а її утилізація мінімізує негативний вплив на довкілля.

3. З'ясовано шляхи підготовки ВЖД до перероблення, та запропоновано її використання у виробництві конструкційних щитових матеріалів, зокрема для одержання у заводських умовах традиційних та нормативних столярних плит.

4. Запропоновано конструкції столярних звичайних та комбінованих плит із ВЖД, яку отримано із демонтованих вікон, дверей та будинкових конструкцій.

5. Зроблено партію столярних плит із ВЖД шляхом реалізації В-плану другого порядку де змінними були ширина рейок внутрішнього щита, при чому рейки були із брусків деревини та із випиляних полос деревностружкових плит.

6. З отриманих експериментальних плит розміром 440х440 мм, були одержані взірці для випробування на показники міцності під час статичного згинання

7. Побудовано адекватну регресійну модель залежності вихідних параметрів міцності під час статичного згинання залежно від ширини рейок комбінованих столярних плит із деревинних ресурсів ВЖД.

8. Встановлено, що механічні характеристики всіх столярних плит із ресурсів ВЖД не залежно від їх конструкції задовольняють нормативні вимоги

9. Встановлено за результатами експериментальних досліджень, що найвищими механічними параметрами характеризується комбіновані СП із ВЖД таких

конструкцій за шириною рейки: $B_{ВЖД}$ = 30 мм; $B_{ДСП}$ = 30 мм – показник на міцність під час статичного згинання – 32,252 МПа.

10. Встановлено, що найвищими механічними показниками характеризується личковані фанерою товщиною 4 мм столярні плити з клеєним щитом із ВЖД та комбінована столярна плита з клеєним щитом із ВЖД та ДСП. При ширині рейок 50 мм середня міцність під час статичного згинання таких плит становить відповідно 27,88 та 25,211 МПа

11. Розраховано, що використання ВЖД дає фінансову та екологічну вигоду, а саме, що столярні плити із ВЖД (312 грн) є на 17-23 % дешевшими за аналогічні із первинної деревини (378 грн).

Практичні рекомендації за результатами експериментальних досліджень

1. Для досягнення формостійкості та максимальної міцності столярної плити під час статичного згинання , рекомендується ширину рейки для склеювання столярного щита приймати в межах 2-4 її товщини.

2. При мінімальних вимогах до формостійкості та для збільшення об'ємного виходу з ВЖД доцільно використовувати рейки шириною 50-70 мм.

3. При високих вимогах до формостійкості та для збільшення об'ємного виходу з ВЖД доцільно використовувати дерев'яні рейки радіального перерізу шириною до 40 мм

4. Плиту з щитом з ДСП, як і плиту з щитом з ВЖД та ДСП, тобто комбіновану з шириною рейок більше 70 мм рекомендовано використовувати для виготовлення каркасів м'яких меблевих виробів.

5. Для забезпечення формостійкості СП із ВЖД, які експлуатуються в умовах змінної вологості, бажано застосовувати співвідношення сторін у поперечному перерізі рейок 1:3, а кут нахилу річних шарів в торці рейок повинен бути не менше 45°.

6. Личковану фанерою столярну плиту з клеєним щитом із ВЖД рекомендовано використовувати для виготовлення корпусних меблевих виробів.

7. Личковану фанерою столярну плиту з клеєним щитом з ВЖД та ДСП з шириною рейок меншою, ніж 30 мм рекомендовано використовувати там, де необхідна висока міцність під час статичного згинання .

References

1. **Boyko S.V., Yeroshenko A.M.** (2011): *Modelyuvannya fizyko-mekhanichnykh vlastyvostey modyfikovanoyi derevyny metodom skinchennykh elementiv* [Modeling of physical and mechanical properties of modified wood using the finite element method] / Technical sciences and technologies: Bulletin of ChDTU 2.4:184–188 (in Ukrainian).
2. **Dendyuk M.V., Pobereyko B.P., Sokolovskyy Y.I.** (2003): *Zastosuvannya metodu skinchennykh elementiv dlya rozrakhunku nestatsionarnykh poliv volohoperenesennya u vysushuvaniy derevyni* [Application of the finite element method for the calculation of non-stationary moisture transfer fields in drying wood] / Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 27:100-106. (in Ukrainian).
3. **Denysyuk V.A., Kushpit A.S., Kushpit O.M.** (2018) *Analiz vplyvu vydu z"yednan' za shyrynoyu na formostiykist' meblevykh shchytiv* [Analysis of the influence of the type of joints by width on the dimensional stability of furniture boards] / Comprehensive quality assurance of technological processes and systems: theses materials, add. VIII International science – practice conf. (Chernihiv, May 10-12, 2018) . – Chernihiv. Vol. 1:209-210. (in Ukrainian).
4. **DIN 68705-2:2014-10.** Plywood – Part 2. Blockboard and laminboard for general use. Germany.

5. **Gayda S.V.** (2015): *Tekhnologiï i fiziko-mekhanichni vlastivosti stolyarnikh plit iz vzhivanoï derevini* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood]. Technical service of agriculture, forestry and transport systems 3(1):145-152, (in Ukrainian).

6. **Gayda S.V.** (2016): *Formoustoychivost' stolyarnykh plit iz vtorichno ispol'zuemoy drevesin* [A form of stability of blockboards made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 46:148-153, (in Russian).

7. **Gayda S.V.** (2018): *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktsiy iz vzhyvanoyi derevyny* [A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44:14-24 (in Ukrainian).

8. **Gayda S.V.** (2019): *Naukovo-tekhnichni osnovy vykorystannya vzhyvanoyi derevyny v derevoobrobtsi* [Scientific and technical basis of the use of used wood in woodworking]: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty 05.23. – Lviv: UNFU. – 465 (in Ukrainian).

9. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2016): *Doslidzhennya formostiykosti kleyenykh shchytiv iz vzhyvanoyi derevyny* [The investigation of the shape stability of glued panels made of post-consumer wood]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 42: 33-51. , (in Ukrainian).

10. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2021): *Vlastyvosti vzhyvanoyi derevyny yak vyznachal'nyy chynnyk yakosti meblevykh vyrobiv* [Properties of used wood as a determining factor in the quality of furniture products]. Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine 23:152-162 (in Ukrainian). https://doi.org/10.15421/412135

11. **Gayda S.V., Salapak L.V., Lesiv L.E.** (2021). *Vyznachennya efektyvnoho tekhnolohichnoho protsesu vyhotovlennya riznykh opornykh elementiv dlya funktsional'nykh ploshchyn.* [Determination of an efficient technological process of manufacturing various support elements for functional surfaces]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 47: 58-72, (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42214708

12. **Gayda, S.V.** (2007). *Problema derevnoyi syrovyny u Yevropi ta Ukrayini* [A problem of arboreal raw material is in Europe and Ukraine]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:55-63 (in Ukrainian).

13. **Gayda, S.V.** (2010). A comparative analysis of physical and mechanical parameters of variously designed glued boards made of post-consumer recovered wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 36:81-91.

14. **Gayda, S.V.** (2013). Resource-saving technologies of recycling of post-consumer wood. Scientific Bulletin of NULES of Ukraine: Technology and Energy of agroindustrial complex 185(2):271-280 (in Ukrainian).

15. **Gayda, S.V.** (2013). Technologies and recommendations on the utilization of post-consumer wood in woodworking industry. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 39(1):48-67 (in Ukrainian).

16. **Gayda, S.V.** (2015). Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood (PCW). Actual problems of forest complex 43:175-179 (in Russian).

17. **Gayda, S.V.** (2016). A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. ProLigno 12(1):22-31.

18. **Gayda, S.V.** (2017). A technology and properties of furniture board (FB) made of post-consumer wood (PCW). Actual problems of forest complex 48:34-38 (in Russian).

19. **Gayda, S.V., Kiyko O.A.** (2020). The investigation of properties of blockboards made of post-consumer wood. Poznan: Drewno, 63(206): 77-102. doi: https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.352.10

20. **Gayda, S.V., Maksymiv, V.M.** (2007). Analysis, features, problems and experience of the use of additional resources of raw material – wastes and of used wood. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 33:63-73 (in Ukrainian).

21. **Holovata S., Sokolovskyy Y., Pobereyko B., Holovatyy A.** (2021). Mathematical Modeling of Boundary Stress State of Orthotropic Material. Materials Science and Engineering (MSE), Volume 1016, 012001, DOI https://doi.org/10.1088/1757-899X/1016/1/012001.

22. **Kiyko I.O.** (2013). Possibilities of the woodworking industry's wastes using for manufacturing of the furniture boards with improved aesthetic properties . Technical University in Zvolen (Slovakia). Proceedings of the XXI symposium. Vydavatelstvo TU Zvolen, 107-112.

23. **Kiyko, I.O** (2014). *Vplyv rozmiriv strukturnykh elementiv kleyenykh shchytiv na yikh formostiykist'.* [The impact of the structural element sizes on the furniture board form stability]. Collection Bulletin UNFU, Lviv. Vol. 24(5).169-175 (in Ukrainian).

24. **Kryshtapovych, V. I., Sokolovskyy, Ya. I.** (2017). The Rheological Model of Limited Creep of Wood. Scientific Bulletin of UNFU, 27(3), 182–186. Retrieved from: http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/378. DOI: https://doi.org/10.15421/40270341.

25. **Kryvyk, O.O., Mayevskyy, V.O** (2011). *Dynamika zminy formostiykosti shchytiv kleyenykh z poyednannyam riznykh porid de- revyny* [Dynamics of shape stability change for glued panels with a combination of different wood species]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry, Lviv. Vol. 37(1):30-33 (in Ukrainian).

26. **Kshyvetskyy B., Kindzera D., Sokolovskyy Y., Somar H., Sokolovskyi I.** (2023). Prediction of the strength of oakwood adhesive joints bonded with thermoplastic polyvinyl acetate adhesives. Chem. Chem. Technol., 17(1):110–117. DOI: https://doi.org/10.23939/chcht17.01.110

27. **Mayevskyy, V.O, Benyah, Yu.V.** (2005). *Doslidzhennya formostiykosti kleyenykh shchytiv z masyvnoyi derevyny duba* [Investigations of stability of shape of Composite boards from oak solid]. Collection Bulletin UNFU, Lviv. Vol. 15(5):199-208 (in Ukrainian).

28. **Medvid L.M.** (2021). *Vzhyvana derevyna – dodatkovyy rezerv syrovyny dlya konstruktsiynykh materialiv* [Post-consumer wood – an additional reserve of raw materials for construction materials]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 47:34-46 (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42214706

29. **Medvid L.V.** (2018). *Systematyzatsiya derevynnykh vidkhodiv – osnova yikh efektyvnoho vykorystannya* [Systematization of wood waste – the basis of their effective use] // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44: 91-104. (in Ukrainian). doi: https://doi.org/10.36930/42184412

30. **Pardaev, A.S** (2008). *Modelyuvannya fizyko-mekhanichnykh vlastyvostey derevyny pry zvychayno-elementnomu analizi stolyarnykh vyrobiv* [Modeling of physical and mechanical properties of wood during conventional elemental analysis of carpentry]. Collection Bulletin USTU, Ekaterinburg. Vol. 3:77-83 (in Russian).

31. **Pardaev, A.S** (2009). *Otsinka yakisnykh pokaznykiv deformatyvnosti vyrobiv z derevyny na osnovi modelyuvannya navantazhen' i vplyviv* [Increased form stability glued board of wood based on process modeling shrinkage and swelling]. Architecture and Construction, Minsk. Vol. 3(202):41-44 (in Russian).

32. **Pinchevska O., Gorbachova O., Spirochkin A., Rogovskyy I.** (2019). Properties of hornbeam (carpinus betulus) wood thermally treated under different conditions. Acta Facultatis Xylologiae Zvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 61(2): 25−39, DOI: https://doi.org/10.17423/afx.2019.61.2.03

33. **Pinchevska O., Sedliačik Ján, Zavorotnuk O., Spirochkin A., Hrabar I., Oliynyk R.** (2021). Durability of kitchen furniture made from medium density fibreboard (MDF). Acta Facultatis Xylologiae ZvolenZvolen, Technická univerzita vo Zvolene, 63(1): 119-130, DOI: https://doi.org/10.17423/afx.2021.63.1.11

34. **Pobereyko B.P.** (2011). *Teoretychni osnovy rozrakhunku mitsnosti derevyny zi zminnymy potentsialamy teplomasoperenesennya* [Theoretical basis for calculating the strength of wood with variable potentials for heat and mass transfer]: thesis of the Doctor of Technical Sciences in the specialty: 05.23.06. - Lviv. - 320 (in Ukrainian).

35. **Podibka T.I.** (2018). *Konstruktsiyi ta tekhnolohichni aspekty meblevykh shchytiv v normatyvnykh dokumentakh* [Constructions and technological aspects of furniture panels in regulatory documents] // Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 44: 83-90. doi: https://doi.org/10.36930/42184411

36. **Podibka T.I., Kiyko O.A.** (2019). *Doslidzhennya vplyvu poperechnykh rozmiriv bukovykh reyok na formostiykist' meblevykh shchytiv* [A study of the influence of the transverse dimensions of beech of strips on the form of stability of furniture board]. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 45: 155-171. doi: https://doi.org/10.36930/42194521

37. **Sokolovsky Ya.I.** (1997). *Doslidzhennya ploskoho napruzheno-deformivnoho stanu derevyny u protsesi sushinnya* [Study of the flat stress-strain state of wood in the drying process] / Scientific bulletin of the UNFU 8:161-168 (in Ukrainian).

38. **Sokolovskyy Y., Levkovych M., Mokrytska O., Kaspryshyn Y., Yavorska N.** (2020). "Investigation on the Processes of Deformation, Heat- and-Moisture Transfer in Media with the Properties of the Effects of "Memory" and Self-Similarity," 2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, Ukraine, pp. 382-385, doi: https://doi.org/10.1109/DSMP47368.2020.9204137 .

UDC 674-419.33

Postgraduate student L.E. Lesiv – UNFU

Study of the characteristics of combined of blockboards made of post-consumer wood

Reasonably, wood resources should be used comprehensively, in particular, this applies to wood waste and residues at all stages of production. But today, more than ever, the question of processing post-consumer wood (PCW) has arisen – an additional reserve of wood that has already lost its consumer characteristics in products. It is proposed to use it in the production of structural panel materials, in particular for the production of traditional and normative carpentry boards in factory conditions. Designs of carpentry ordinary and combined blockboards from PCW, obtained from dismantled windows, doors and house structures, are proposed. A batch of carpentry boards from PCW was made by implementing the B-plan of the second order, where the variables were the width of the rails of the inner shield, and the rails were made of wooden bars and sawn strips of particleboard (PB). From the obtained experimental plates measuring 440x440 mm, samples were obtained for testing strength indicators during static bending. A regression model of the dependence of the initial strength parameters during static bending depending on the width of the rails of the combined carpentry blockboards from PCW resources. The models are adequate. It was established that the mechanical characteristics of all carpentry blockboards from PCW resources, regardless of their design, meet the requirements of DIN 68705-2:2014-10. Based on the results of experimental studies, it was established that the highest mechanical parameters are characterized by the combined carpentry blockboards made of PCW of the following designs in terms of rail width: B_{PCW} = 30 mm; B_{PB} = 30 mm – strength index during static bending – 32.252 MPa. It has been established that the highest mechanical indicators are characterized by 4 mm plywood-faced carpentry blockboards with a glued shield made of PCW and a combined carpentry blockboards with a glued shield made of PCW and PB. When the width of the rails is 50 mm, the average strength during static bending of such plates is 27.88 and 25.211 MPa, respectively. It is calculated that the use of B_{PCW} gives financial and environmental benefits, namely, that carpentry blockboards made of B_{PCW} (312 UAH) are 17-23% cheaper than similar ones made of primary wood (378 UAH).

Keywords: blockboards, furniture board, post-consumer wood, strength, deformation, stress, test method, mathematical model, regression model, gluing, polyvinyl acetate glue, technology, processing, blanks, wood

ДО ВІДОМА АВТОРІВ СТАТЕЙ

Під час підготовки статей для міжвідомчого науково-технічного збірника **"Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість"** радимо авторам дотримуватись таких рекомендацій.

Текст статті обсягом 15-30 сторінок необхідно подавати англійською мовою, друкувати на папері формату А4 за допомогою комп'ютера у редакторі MS Word (шрифт – Times New Roman, розмір – 14 points, рядки – через 1.5 інтервали, поля – 2 см по периметру) без присвоєння жодних стилів і оформляти в такій послідовності. На початку статті **ОБОВ'ЯЗКОВО** проставляється індекс УДК, в заголовку вказуються: вчене звання, ініціали і прізвище автора (або авторів), науковий ступінь, скорочена назва закладу, в якому виконана робота, назва статті, анотація (1800-1900 знаків) та ключові слова. Далі – українською мовою: ініціали і прізвище автора (або авторів), скорочена назва закладу, в якому виконана робота, назва статті, анотація та ключові слова.

У наступних роках запрошує до спілкування працівників лісового і деревообробного комплексу, співробітників середньо-технічних, вищих навчальних і науково-дослідних закладів, науковців з-за кордону.

Статті здавати проф. С.В. Гайді, корп. №2, вул. Залізняка 11, 2 пов., каб. 22а;
тел. роб. 238-45-04; моб. 067-79-12-522;
e-mail: serhiy.hayda@nltu.edu.ua ; volodymyr_mayevskyy@nltu.edu.ua
http://forest-woodworking.nltu.edu.ua/index.php/journal

Ліс. госп-во, ліс., папер. і деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2022, вип. 48. – 88 с.

Збірник науково-технічних праць

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО, ЛІСОВА, ПАПЕРОВА І ДЕРЕВООБРОБНА ПРОМИСЛОВІСТЬ

Міжвідомчий
науково-технічний збірник

виходить з 1964 р.

ВИПУСК 47

Літературний редактор : В.В. Дудок
Редагування іноземних мов : В.В. Лентяков
Комп'ютерне макетування : С.В. Гайда

Електронна версія наукового фахового видання знаходиться на депозитарному зберіганні у Національній бібліотеці України ім. В.І. Вернадського

Підписано до друку 29.12.22. Формат 60×84/16
Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк офсетний
Умов. друк. арк. 5,12. Умов. фарб. відб. 5,35
Наклад 250 прим. Зам. № 912/2022

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
(Серія КВ, № 11890-761ПР від 26.10.2006 р.)

Згідно з переліком №19, «Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість» належить до наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата технічних наук за такими напрямами:
технічні науки (Додаток до наказу Міністерства освіти і науки України від 21.12.2015 р. № 1328),
сільськогосподарські науки (Додаток до наказу Міністерства освіти і науки України від 07.10.2015 р. № 1021)

Віддруковано з готових оригіналів.
ТзОВ «Графік Стар», вул. Володимира Великого, 2.
Тел.: +38 (032) 244 28 37, 244 46 77