

**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 44**

**Львів – 2018**

УДК 691.11

Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів: НЛТУ України. – 2018, вип. 44. – 106 с.

**Рекомендовано до друку Вченою Радою НЛТУ України**

(протокол №11 від 29.12.18 р.).

У статтях збірника містяться матеріали наукових досліджень і проектно-конструкторських робіт, спрямованих на вдосконалення технології та техніки лісового господарства, лісової, паперової, деревообробної промисловості та економіки.

Збірник розрахований на наукових, інженерно-технічних працівників, а також студентів, які виявляють інтерес до наукової діяльності.

Збірник підготовлено Національним лісотехнічним університетом України.

**Адреса університету :** 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](mailto:serhiy.hayda@nltu.edu.ua)

e-mail: [vmmax@ukr.net](mailto:vmmax@ukr.net)

e-mail: [f-wood-ind@nltu.lviv.ua](mailto:f-wood-ind@nltu.lviv.ua)

<http://forest-woodworking.nltu.lviv.ua>

**Головний редактор:** д-р техн. наук, проф. В.М. Максимів;

**заступники головного редактора:** д-р с.-г. наук, проф. С.І. Миклуш;

д-р екон. наук, проф. І.П. Соловій;

**відповідальний секретар:** канд. техн. наук, доц. С.В. Гайда, **секретарі:** канд. техн. наук, доц. О.Л. Сторожук, канд. техн. наук, асист. Р.Б. Щупаківський.

**Редакційна колегія:** д-р екон. наук, проф. Ю.Ю. Туниця; д-р екон. наук, проф. І.М. Синякевич; д-р екон. наук, проф. Г.С. Шевченко; д-р екон. наук, проф. Т.Ю. Туниця; д-р екон. наук, проф. А.М. Дейнека; д-р екон. наук, проф. М.А. Козоріз; д-р екон. наук, проф. Л.С. Гринів; проф. Джек Морріс (США); д-р біол. наук, проф. В.І. Парпан; д-р с.-г. наук, проф. М.М. Гузь; д-р с.-г. наук, проф. В.П. Кучерявий; д-р с.-г. наук, проф. В.П. Рябчук; д-р с.-г. наук, проф. І.Ф. Калущкий; проф. Ервін Гуссендборфер (Німеччина); д-р техн. наук, проф. П.А. Бехта; д-р техн. наук, проф. О.А. Кійко; д-р техн. наук, проф. Н.І. Библиук; д-р техн. наук, проф. І.М. Озарків; д-р техн. наук, проф. П.В. Білей; проф. Адам Краєвські (Польща); проф. Єва Ратайчак (Польща); проф. Стефан Тобіш (Німеччина); проф. Ян Сідлячік (Словаччина); проф. Гавріл Будау (Румунія); проф. Александер Пфрім (Німеччина); проф. Андреас Шульте (Німеччина)

## ЗМІСТ

<b>1. WOODWORKING INDUSTRY // ДЕРЕВООБРОБНА ПРОМИСЛОВІСТЬ</b>	<b>5</b>
<i>M.I. Pylypchuk, V.V. Shostak, S.P. Stepanchuk, I.T. Rebezniuk, K. Lazarchuk, S. Salovskyy, M. Salun //</i> <i>М.І. Пилипчук, В.В. Шостак, С.П. Степанчук, І.Т. Ребезнюк, К.Я. Лазарчук, С.А. Саловський, М.С. Салун</i> <b>MATHEMATICAL MODEL OF WOOD SAWING ACCURACY ON HORIZONTAL BAND SAW MACHINES // Математична модель точності пиляння деревини на горизонтальних стрічкопилкових верстатах</b>	<b>5</b>
<i>C.V. Gayda //</i> <i>S.V. Gayda</i> <b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ // A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood</b>	<b>15</b>
<b>2. ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО // FORESTRY</b>	<b>26</b>
<i>V.V. Gilpert //</i> <i>V.V. Gilpert</i> <b>ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В СФЕРІ БЕЗПЕКИ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ І МОЖЛИВІСТЬ ЙОГО ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ // Experience of risk management implementation in hygiene and labour safety and possibility of its implementation at forestry units in Ukraine</b>	<b>26</b>
<i>I.O. Ben' //</i> <i>I.O. Ben</i> <b>РАЦІОНАЛЬНІ РЕЖИМИ ЗАГОСТРЮВАННЯ БАГАТОЧАШКОВИМ АБРАЗИВНИМ КРУГОМ З ПЛАНІТАРНИМ ПРИВОДОМ // Rational models of acceleration of multi-purple abrasive circuit with planetary drive</b>	<b>32</b>
<i>I.D. Ivanjuk, T.M. Ivanjuk //</i> <i>I.D. Ivanjuk, T.M. Ivanjuk</i> <b>ДИНАМІКА ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТІВ У ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ РОСЛИННОСТІ ДУБОВИХ ЛІСІВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ //</b> <i>Dynamics of ecological soil parameters in the process of vegetation of oak forests' restoration of polissia of Ukraine</i>	<b>36</b>

<p><b>О.Б. Ференц, В.О. Маєвський, Н.В. Марченко, З.П. Копинець, Й.В. Андрашек</b> // <i>O.B. Ferents, V.O. Mayevskyy, N.V. Marchenko, Z.P. Kopynets, Yo.V. Andrashek</i></p> <p><b>ЩОДО МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТИ ПИЛОВОЇ СИРОВИНИ НА ВИГОТОВЛЕННЯ НЕОБРІЗНИХ ТА ОБРІЗНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ</b> // <i>On the methodology of researching the consumption of dust raw materials for the production of unedged and edged lumber</i></p>	<b>43</b>
<p><b>А.А. Новак, С.Л. Копій, І.В. Фізик</b> // <i>A.A. Novak, S.L. Kopyu, I.V. Fyzyk</i></p> <p><b>ЛІСОТИПОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ДУБОВИХ ЛІСОСТАНІВ ВОЛИНСЬКОЇ ВИСОЧИНИ</b> // <i>Forest typological structure of oak forests of volyn height</i></p>	<b>51</b>
<p><b>Р.Я. Оріховський</b> // <i>R.Ya. Orikhovskyy</i></p> <p><b>ВПЛИВ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ ЛІНІЙ У ДЕРЕВООБРОБЦІ</b> // <i>The influence of stability of technological operations on the efficiency of functioning of automatic lines in woodworking</i></p>	<b>58</b>
<p><b>Б.Я. Бакай, В. М.Гобела</b> // <i>B.Ya. Bakay; V.M. Hobela</i></p> <p><b>ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДЙІМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН МАНІПУЛЯТОРНОГО ТИПУ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ</b> // <i>Formation of parameters of elements of hoisting and transport machines of manipulator type at the design stage</i></p>	<b>64</b>
<p><b>С.В. Гайда</b> // <i>S.V. Gayda</i></p> <p><b>ТЕХНОЛОГІЇ МДФ-ФАСАДІВ</b> // <i>MDF Facade Technologies</i></p>	<b>72</b>
<p><b>Т.І. Подібка</b> // <i>T.I. Podibka</i></p> <p><b>КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ В НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТАХ</b> // <i>Constructions and technological aspects of furniture panels in regulatory documents</i></p>	<b>83</b>
<p><b>Л.В. Медвідь</b> // <i>L.V. Medvid</i></p> <p><b>СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДЕРЕВИННИХ ВІДХОДІВ – ОСНОВА ЇХ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ</b> // <i>Systematization of wood waste – the basis of their effective use</i></p>	<b>90</b>
	<b>104</b>

UDC 674:621.9.001.57 *Assoc. Prof. M.I. Pylypchuk, Ph.D.; prof. V.V. Shostak; S.P. Stepanchuk, Ph.D.; prof. I.T. Rebezniuk, Doktor of Sciences; postgraduate student K. Lazarchuk; postgraduate student S. Salovskyy; student M. Salun – UNFU*  
doi: <https://doi.org/10.36930/42184401>

## MATHEMATICAL MODEL OF WOOD SAWING ACCURACY ON HORIZONTAL BAND SAW MACHINES

Creation of the mathematical model of wood sawing accuracy on the horizontal band saw machines and its realization as an application program on a computer will enable to predict the accuracy of sawing, to determine effective ways of its increasing and to automate the regulation of cutting modes on these machines. Develop a mathematical model for the accuracy of wood sawing on the horizontal band saw machines to determine the nature of the influence of factors and find effective methods for increasing the accuracy of sawing. The energy method, the methods of analytical mechanics for determining forces acting on the saw, and the finite element method for studying the stiffness of the band saw using 3D modeling were used. The mathematical dependence of the accuracy of wood sawing on the horizontal band saw machines was established, on the basis of which the analysis of the influence a set of factors on the accuracy of sawing was made and methods of its increasing were determined. The obtained mathematical model of the accuracy of sawing of wood on the horizontal band saw machines allows to determine the value of sawing waviness, to establish rational modes of cutting of wood and to carry out automated regulation of sawing modes on machine tools.

**Keywords:** the mathematical model, the accuracy of wood sawing, sawing waviness, horizontal band saw machine, 3D modeling, finite element method, methods of analytical mechanics.

**Nomenclature:**  $a_{l(2)}$  - distance between the contact points of the saw with the pulleys and adjacent guides;  $a_{hl(2)}$  - distance between the axes of the pulleys and the adjacent guides horizontally;  $a_p$  - coefficient of blunting of lateral cutting edges of saw teeth;  $B$  - width of the saw;  $B_{eq}$  - equivalent width of the saw;  $D$  - diameter of the pulleys;  $E$  - elastic modulus of saw material;  $e$  - asymmetry of the location of the cutting area on the workpiece of the saw;  $H$  - cutting height;  $h$  - height of teeth;  $J_x$  - moment of inertia of the saw blade in the plane of its least stiffness;  $j$  - working stiffness of the saw;  $j_o$  - working stiffness of the saw in the case of symmetrical placing cutting area;  $j_s$  - initial stiffness of the saw;  $J_y$  - moment of inertia of the saw blade in the plane of greatest stiffness;  $L$  - length of the workpiece of the saw;  $l_1, l_2$  - distances from contact points of the saw with pulleys to the adjacent guides;  $M_{p1}, M_{p2}$  - reaction moments;  $M$  - bending moment in the saw body on the pulleys;  $N$  - tension force of the saw;  $n_z$  - number of teeth on saw;  $P_x, P_y$  - lateral and normal components of cutting force;  $P_{xm1(2)}, P_{ym1(2)}$  - allowable values of the lateral and normal components of the cutting force for each of the guides;  $P_{r1(2)}$  - the force of pressing the saw to the guides;  $P_{cr}$  - critical force;  $P_z$  - tangent component of cutting force;  $p$  - fictitious force of cutting on rear surface of the tooth;  $p_z$  - coefficient, which depends on the shape and size of the teeth profile;  $p_s$  - specific pressure of sawdust on the side surface of the saw blade;  $R_{1x}, R_{2x}$  - reaction forces at the contact points of the saw with the pulleys;  $R$  - radius of pulleys;  $S$  - thickness of the saw;  $S_1, S_2$  - size of bending of the saw teeth in the opposite sides;  $t$  - step of teeth of a saw;  $u_{1(2)}, u_0$  - distance from rear edge of the saw to the line of action of the longitudinal force in zones of contact with the guides and cutting zone;  $v_s$  - feed rate;  $w$  - influence of each of the factors in percentage;  $y_0$  - medium deviation of the saw;  $y_{+1}, y_{-1}$  - value of the deviation of the saw;  $y_1$  - value of transverse displacement of contact points of the saw with guides;  $y_r$  - displacement of guides;  $y_s$  - initial deflection of the saw in the cutting zone;  $\theta_{in}$  - angle between plane of the saw and velocity vector;  $\theta_1$  - angle between perpendicular to rear surface of the tooth and the plane of the saw;  $\theta_2$  - angle between perpendicular to front surface of the tooth and the plane of the saw;  $\rho$  - the radius of rounding of the main cutting edges of the teeth;  $\sigma_N$  - tensile strength of the saw;  $\varphi$  - angle between axes of pulleys.

**Formulation of the problem.** Creating a mathematical model for the accuracy of wood sawing on horizontal band saw machines to determine the nature of the impact on

the accuracy of sawing a number of factors will provide an opportunity to identify effective ways to increase the accuracy of sawing, which is an urgent task to date.

The purpose of the work:

1) develop a mathematical model for the accuracy of wood sawing on horizontal band saw machines, on the basis of which to perform the analysis of the influence of a set of factors on the accuracy of sawing;

2) improve the method of theoretical determination of the working stiffness of narrowband saws;

3) investigate, how the partial loss of contact between the saw blade and the guides affects the accuracy of sawing and to formalize the dependencies for determining the permissible cutting modes;

4) investigate the influence of asymmetry of the location of cutting zone on the working saw chain and the displacement values of the guides;

5) identify the main ways and effective ways to improve the accuracy of sawing on horizontal band saw machines.

**Literature review.** Investigating the establishment of true laws and predicting the accuracy of sawing on band saw machines was undertaken by different groups of scientists from the middle of the twentieth century. The significant contribution to the development of studies on the accuracy of wood sawing on band saw machines was made by A.E. Feoktistov, S.P. Pohekutov, B. Tunnell, G.F. Prokofiev [1-4], who first investigated the connection of the accuracy of sawing at a feed rate and concluded that there is a need to increase the stability of band saws to ensure the accuracy of sawing. G.F. Prokofiev [5] proposed a method for the theoretical determination of the accuracy of sawing on band saw machines, linking the size of the deviation of the saw from the initial position with its stability and stiffness, developed theoretical dependencies for the execution of calculations. His theory was found to be continued in the studies by A. A. Bannikov and I. S. Lobanova [6,7], but the inconsistency of the calculation schemes in studies of the hardness of pollen indicates the need for an additional analysis of the conditions of fixing the working branch of the band saw on the machine. The basic principles of the method of theoretical determination of the stiffness of pollen using the energy method are developed in [8]. In order to determine the stiffness of narrow band saw blades in order to ensure proper accuracy of the results, this technique needs to be improved, namely: taking into account the impact on the stiffness of the saw blade, the asymmetric placement of the cutting area on the saw blade, the displacement values of the guides, and the rationale for choosing the design circuit of the working line saws. I. T. Rebezniuk [9] investigated the influence of features of preparation of band saws on the accuracy of sawing and proposed a new method of breeding the teeth of saws and rational sawing modes on the horizontal band saw machines.

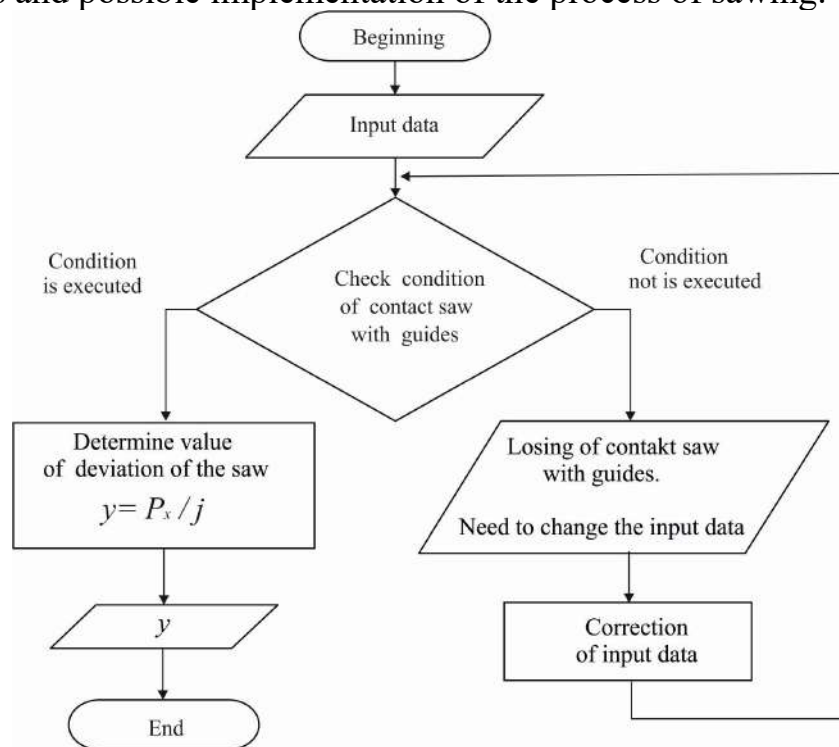
On the basis of the performed analysis, it should be noted that most of the well-known studies on the accuracy of sawing wood by band saws [1-7] were carried out for wide-spread in the last century vertical sawing machines with wide saws. For horizontal band saw machines with narrow saws, which are widely used in modern sawmill production, the results of these studies can not be used because of significant differences in power-supply parameters of the sawing process, the size of band saws and conditions for extraction sawdust. The studies of the precision of wood sawing on the horizontal band saw machines with narrow saws [8, 9] showed, that the accuracy problem for these

machines is even more urgent, but conclusions and recommendations for improving accuracy are based on a limited number of factors. In addition, optimized in terms of precision sawing modes do not ensure the use structural capabilities of the machine tools, which limits their performance. Therefore, in order to improve the accuracy of sawing on the horizontal band saw machines with narrow saws simultaneously with the provision of high productivity of sawing process, further theoretical and experimental research is required.

**Materials and methods.** The basis of the algorithm of the mathematical model were the characteristic reasons for reducing the accuracy of sawing (Fig. 1): as a result of deformation of the working saw branch under the action of cutting forces and partial loss of contact between the saw and the guides. To determine the value of the deformation of the instrument, the classical dependence [5] in the form of the ratio of the lateral force acting on the band saw in the cutting zone, to the working stiffness of the saw

$$y = P_x / J. \quad (1)$$

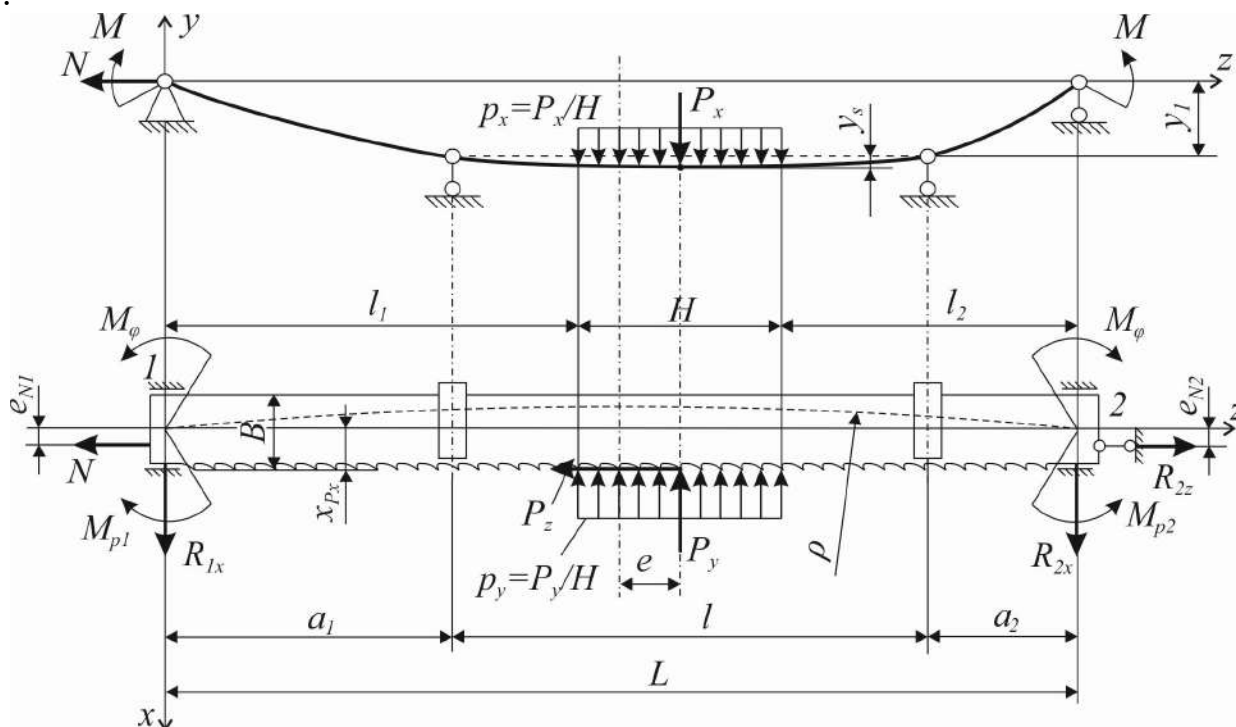
In the case of a partial loss of the saw contact with one of the guides, a sharp decrease in the stiffness of the saw [6] and a change in the position of the saw in relation to the feed rate direction, which results from the immersion of the saw in the workpiece (the phenomenon of "cutting" the saw). It is impossible to continue the sawing process in this case. Therefore, it is important to determine the conditions under which saw contact with guides and possible implementation of the process of sawing.



**Fig. 1. Block diagram of the algorithm for the accuracy of sawing on horizontal band saw machines**

Therefore, in order to develop a mathematical model for the accuracy of sawing on the horizontal band saw machines, it is necessary to establish: the conditions for the contact of the saw with guides, working stiffness of the saw and side force acting on the saw in the cutting zone. For theoretical studies of working stiffness of the saw, a calculation scheme of the working branch of a band saw, whose length is equal to the distance between the axes of pulleys (Fig. 2), is used. In the calculation scheme of the

workpiece of the saw, the following conditions of fastening are given: tight pinching on both ends of the saw blade in a horizontal plane; hinged fixing on ends of the workpiece of saw in a vertical plane; hinged fixings in contact areas of saw with guides in the vertical plane. The following factors influence the working branch of the saw: longitudinal forces (force of tension and the tangent component of cutting force), transverse forces (lateral and normal components of force of cutting), moments arising from bending of saw on the pulleys. The cutting area is located on the workpiece of the saw with asymmetry.



**Fig. 2. The calculation scheme of the working branch of the band saw to determine its stiffness**

Since both ends of the workpiece of the saw in the horizontal plane are tightly pinched, the calculation scheme in this plane is a statically uncertain system. As a result of the disclosure of static uncertainty with the use of the force method and the rules of Vereshchagin [10], we determine the forces and moments of the reaction of the supports at the points of contact of the saw with the pulleys. Consequently, the calculation scheme of the working branch of a band saw with its definite static uncertainty makes it possible to examine the conditions of the contact of the saw with the guides on the horizontal band saw machines.

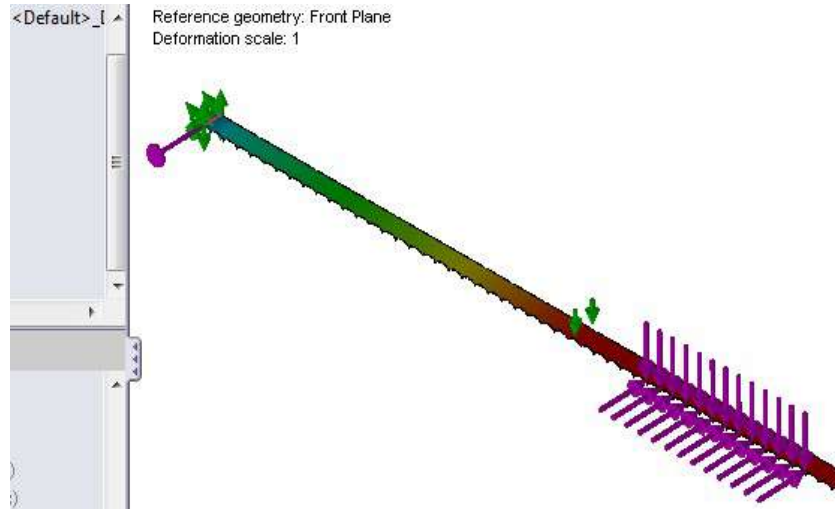
The method of determining the lateral force and working stiffness of the band saw is developed taking into account new components such as: the pressure on the saw blade, which remains in the saw blade; uneven load on the saw teeth due to their dilution method through one uncut tooth; initial deflection of the saw in the cutting zone.

The method of determining the working stiffness of band saws is improved, taking into account the impact on the stiffness of the saw blade, the asymmetry of placing the cutting zone on the saw blade and eccentricity of the saw tension as a variable, depending on the cutting mode and the angle between the axes of the pulley pulleys.

Based on the analysis of working conditions of the saws on horizontal band saw machines, rational conditions for its attachment were established for the construction of the calculation scheme of the saw: at the ends of the saw in places of contact with pul-



leys - the hinged fixing in vertical plane and stiff contraction in horizontal plane; in places of contact with guides - hinged attachment of the saw in vertical plane. Taking into account these requirements, a three-dimensional virtual model of working tape of a band saw has been created to study its hardness by computer solid-state simulation using the Solid Works environment.



**Fig. 3. The image of the virtual three-dimensional model of the workpiece of the band saw in the Solid Works environment**

The values of the required tension forces and moments from the bending of the saw on the pulleys are calculated according to the formulas

$$N = \sigma_N S B_{eq} , \quad (2)$$

$$M = \frac{2EJ_x}{D} = \frac{EB_{eq}S^3}{6D} . \quad (3)$$

The working stiffness of the saw during research using solid state modeling was determined according to the dependence

$$j = \frac{P_x}{\Delta y_1 - \Delta y_0} . \quad (4)$$

Accordingly, in order to obtain a single value of the stiffness of the saw, the determination of the value of displacement of the teeth of the saw was performed twice - without the action of lateral force and with the applied lateral force.

The accuracy of the finite element method depends on the size of elements [11]. During body sampling, two basic parameters are used for elements: global size and tolerance. Values of these parameters, in accordance with recommendations given in [11], are as follows: tolerance of 0,25 mm, global size - 5,0 mm.

**Results.** Determination of value of transversal deformation of the saw in cutting zone is preceded by a check of the condition for ensuring the contact of the saw with guides. The condition for a contact of the saw with the guides is fulfilled if the value of lateral force and normal component of a cutting force are less than certain allowable values for each of the guides of the saw:

$$P_x < P_{xm1} , P_x < P_{xm2} , P_y < P_{ym1} , P_y < P_{ym2} . \quad (5)$$

Acceptable values of the lateral force and the normal component of the cutting force for each of the guides, which for one-sided directions are equal

$$P_{x_{m1(2)}} = \frac{2P_{r1(2)}u_{1(2)} - P_y(y_1 + y_s)}{B - u_0 + u_{1(2)} + P_y / j}, \quad P_{y_{m1(2)}} = \frac{2P_{r1(2)}u_{1(2)} - P_x(B - u_0 + u_{1(2)})}{y_1 + y_s + P_x / j} \quad (6)$$

The initial deflection of the saw in the cutting zone due to bending in the zones of contact with the guides is determined from the dependence

$$y_{s1(2)} = \frac{S}{4R} \sqrt{\frac{E}{\sigma_N}} \cdot \left( \sqrt{\left( 2a_{h1(2)} - S \sqrt{\frac{E}{\sigma_N}} \right)^2 + 8Ry_r - \frac{ES^2}{3\sigma_N} - 2a_{h1(2)} + S \sqrt{\frac{E}{\sigma_N}}} \right). \quad (7)$$

The force of pressing a saw to one-sided directions is determined taking into account the own stiffness of the saw blade, thus eliminating an error of up to 14%, which may be in the present method of determining this force. Dependence is established

$$P_{cr1(2)} = \frac{1}{a_{1(2)}} \left[ N(y_1 + y_s) - \frac{EJ_x}{R} \right]. \quad (8)$$

In case of the condition of providing contact of the band saw with guides, the value of transverse deformation of the saw blade (1) is determined.

The side force acting on saw during sawing on horizontal band saw machines is determined taking into account new components specific to horizontal band saw machines with narrow saws: due to the initial bending of the saw in the cutting zone, the uneven distribution of sawdust in the saw blade on both sides of the saw blade, a method of cultivating the teeth of a saw through one uncut tooth. The obtained dependence for determining the lateral force has the form

$$P_x = P_y \left( \pm \theta_{in} \pm \theta_1 \pm \frac{(S_2 - S_1)}{B} \pm \frac{y_s}{B} \right) \pm P_z \theta_2 - B_{eq} H p_s \pm 1,635 \frac{n_z S_z H a_\rho^2}{t} (a_\rho - 0,8) p, \quad (9)$$

To determine the working stiffness of band saws, ensuring the proper accuracy of the results of the study, account is taken of characteristic differences of modern horizontal band saw machines from the vertical, namely: the impact of the toothed crown, the asymmetry of the location of the cutting area on the workpiece of the saw, the eccentricity of the tension of the saw, which is defined as the value of the variable in sawing process. To take into account the effect of the toothed crown, the stiffness of the saw is proposed to be determined using their equivalent width

$$B_{eq} = B - p_z h \quad B_{eq3} = B - p_3 h_3. \quad (10)$$

The coefficient, which depends on the shape and size of the teeth profile (for saw with a WM profile, the value of  $p_z = 0.849$  is set).

Applying the equivalent width, the error of determining the stiffness of narrow band saws is reduced to 3-7%, while the full width and width of the saw blade without the height of the teeth, the stiffness is overestimated, respectively, 33-37% and 20-26%.

The influence of asymmetry of location of cutting zone on workpiece of the saw was established using the solid-state modeling method, resulting in the dependence

$$j = j_0 \left( \frac{P_y}{P_{cr}} \frac{e^2}{L^2} + 1 \right). \quad (11)$$

The eccentricity of tension of the band saw during cutting is variable depending on position of the saw on pulleys and the angle between axes of pulleys:

$$e_N = \frac{1}{N} \left[ \frac{M_{p1} + M_{p2}}{2} + \frac{e}{L} (M_{p2} - M_{p1}) - EJ_y \frac{\varphi}{L} \right]. \quad (12)$$

The obtained mathematical model of accuracy of sawing wood on horizontal band saw machines has the form

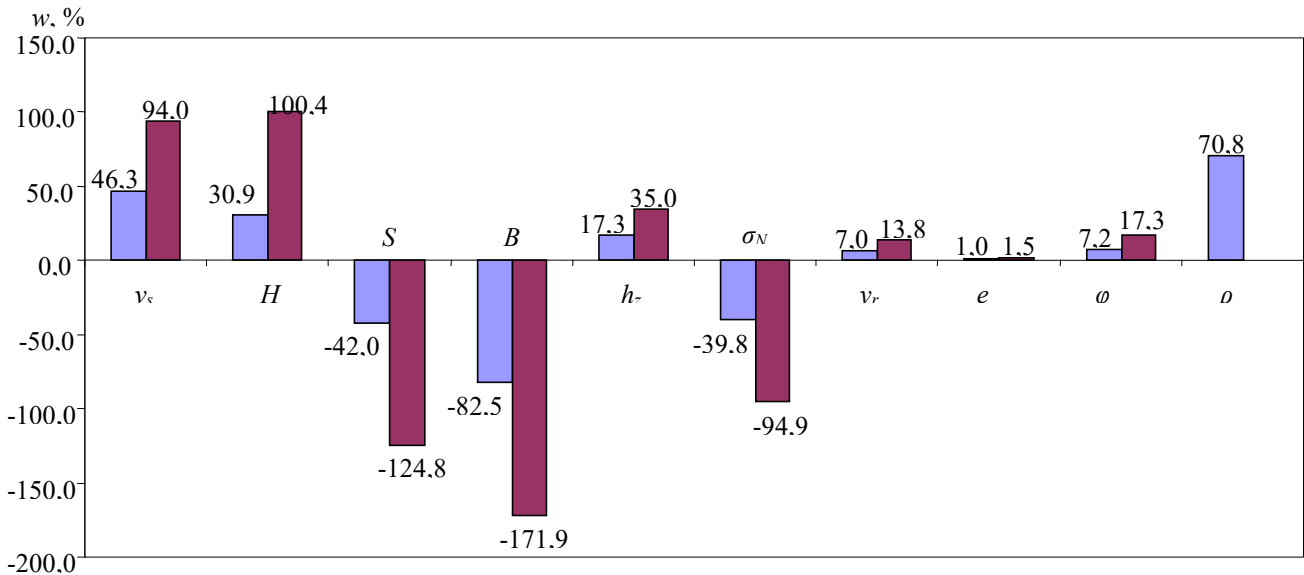
$$y = \frac{P_y \left( \pm \theta_{in} \pm \theta_1 \pm \frac{(S_2 - S_1)}{B} \pm \frac{y_s}{B} \right) \pm P_z \theta_2 - B_{eq} H p_s \pm 1,635 \frac{n_z S_z H a_\rho^2}{t} (a_\rho - 0,8) p}{j_s \left( 1 - \frac{P_y}{P_{cr}} \right) \left( \frac{P_y}{P_{cr}} \frac{e^2}{L^2} + 1 \right)} . \quad (13)$$

The algorithm of developed mathematical model of precision sawing is realized on a computer in the form of a macro in programming language Visual Basic for Applications.

**Discussion.** Using the established mathematical model of accuracy (13), we analyze the influence of factors on the size of deviation of the saw in the cutting zone. The degree of influence of each of the factors will be expressed as a percentage of change in the value of the deviation of the saw due to change in the value of the factor within the area of interest, to the mean deviation of the saw  $y_0$ , when the values of all factors are average:

$$w = \frac{y_{+1} - y_{-1}}{y_0} \cdot 100\% . \quad (14)$$

The results of the study (Fig. 4) showed that the greatest influence on the accuracy of sawing is the feed rate, the height of the saw, the thickness and width of the band saw, the tensile stress, and the radius of rounding of the main cutting edges of the saw teeth. The degree of influence of each of the factors during sawing is gradually increased as a result of the bluntness of the teeth of the saw. Increasing the feed rate, cutting height and bending radius of main cutting edges of the saw teeth leads to a reduction in the accuracy of sawing.



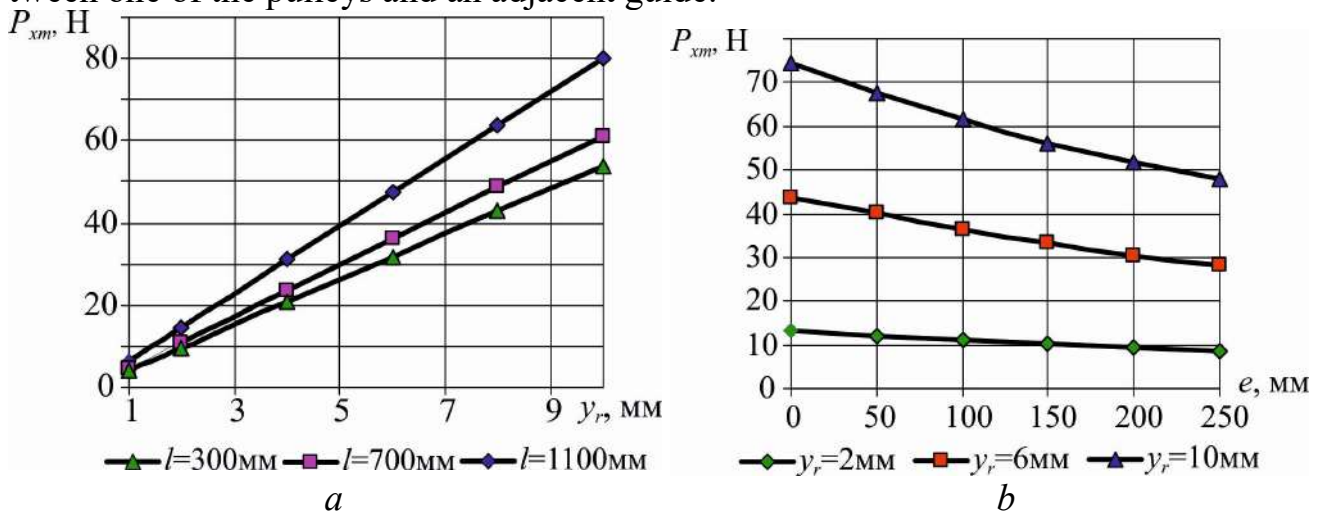
**Fig 4 - The degree of influence of factors on the accuracy of sawing wood on horizontal band saw machines (■ –  $\rho = 20 \mu\text{m}$ ; ■ –  $\rho = 40 \mu\text{m}$ )**

Increasing the tensile strength, width and thickness of the saw provide increased accuracy of sawing. An increase in the height of the teeth of the saw causes a reduction in the accuracy of sawing, as the stiffness of the saw decreases. Increase in deviation of the saw also results in an increase in the values of such factors as the magnitude of bias of the guides, the angle between the plane of rotation of the pulley pulleys, the asymmetry of the location of the cutting area on the working saw chain. The magnitude of

the deviation of the saw has a linear dependence on the magnitude of displacement of guides and angle between planes of rotation of pulleys. In addition, the degree of influence of the displacement of guides increases with the increase in the width of the saw.

Analyzing the possibility of increasing the accuracy of the horizontal band saw machines, it should be noted that certain factors such as thickness and width of the saw, the distance between pulley axes are defined the design of the machine and must be taken into account at the design stage of the machine. Tension stress is determined by the properties of the saw material, and its rational limits are recommended by manufacturers of band saws in terms of their durability. The height of the teeth is determined by the cutting mode and the properties of the wood, since the volume of the intercostal cavity should be sufficient for the propagation of sawdust. Cutting height refers to the characteristics of the workpiece and is an uncontrollable factor. Improved accuracy can be accomplished by the use of band saws as much width and thickness (within the permissible specifications of the machine) and a choice of rational values speed feeder.

Results of the study of a partial loss of contact the saw with the guides (Fig. 5) show that in case of unilateral guides permissible lateral force which is provided by contact between saw and guides decreases with decreasing offset of guides and distance between guides. For typical characteristics of horizontal band saw machines, when changing the parameters of adjustment of guides, the permissible lateral force varies within the limits of 4,12 ... 80,07 N, that is, in 19,4 times. Increasing asymmetry placing the cutting area on the working branch saws permissible lateral force decreases maximum asymmetry value of 250 mm permissible lateral force is 36% less compared to the symmetrical placement of the cutting area. This is due to an increase in the distance between one of the pulleys and an adjacent guide.



**Fig. 5. Dependence permissible lateral force provided ensuring contact with the guides saw the magnitude of displacement guides (a) and asymmetric placement of cutting area on working branch of saw (b)**

Based on analysis of the results of performed mathematical modeling, the following rational methods for improving the construction of horizontal band saw machines are defined in order to improve the accuracy of wood sawing process:

- Design a saw new construction of guides that provide saws eliminate bending in contact with guides and the loss of contact between them during sawing and limit displacement saw on pulleys under the normal component of cutting force;

- Implementation of automatic control of feed speed for precision sawing.

**Conclusions.** The mathematical model of accuracy of wood sawing on horizontal band saw machines with narrow pulley saws has been developed, which allowed to describe the nature of impact on the accuracy of sawing a number of factors, to choose rational ways to increase the accuracy of sawing and to determine the rational modes of cutting with accuracy. The method of theoretical determination of working stiffness of band saws is improved, in which, unlike the known: the effect of height and type of teeth profile is taken into account using an equivalent saw blade width; the eccentricity of tension of the saw is given as a variable value, depending on cutting forces and angle between axes of pulleys; the influence of asymmetry of location of cutting zone on the saw is taken into account. The method of determination of lateral force in the cutting area of wood was also improved, which takes into account the new components that are characteristic of horizontal band saw machines: the pressure of sawdust on the saw blade, bending of teeth through one unalloyed tooth, initial deflection of the saw in cutting zone. For the first time, it was investigated how the accuracy of sawing on band saw machines affects the partial loss of contact between the saw blade and the guides, which made it possible to determine the conditions for the provision of this contact and to formalize the dependencies for determining the permissible cutting modes.

Prospects for further research are the creation of new methods for analyzing and predicting the accuracy of sawing on horizontal band saw machines and developing effective structural solutions for the even higher accuracy of sawing.

## References

1. **Feoktistov A.E.** (1959): *Issledovaniya vliyaniya nekotorykh faktorov na ustoychivost lentochnykh pil* [Studies of the influence of certain factors on the stability of band saws]: the dissertation of the candidate of technical sciences: 05.421. – Khimki-Arkhangelsk. – 220 p.
2. **Pochekutov S.P.** (1967): *Issledovanie tochnosti lentochnoj raspilovki breven* [Research of accuracy of tape sawing up of logs]: the dissertation of the candidate of technical sciences: 421. – Krasnoyarsk. – 272 p.
3. **Thunell B.** (1975): Dimensional Accuracu in Sawind // Svenska Träforskning Institutet.– Serie B. – No 109. – 17 p.
4. **Prokofiev G.F.** (1996): *Tochnost' pileniya drevesiny ramnymi i lentochnymi pilami* [The accuracy of wood sawing with frame and band saws] / Forest journal. – No. 6. – P. 74–80.
5. **Prokofiev G.F.** (2001): *Issledovanie nachalnoj zhestkosti polosovykh pil* [Investigation of the initial stiffness of band saws] / Forest journal. – No. 3. – P. 88-95.
6. **Lobanova I.S.** (2004): *Sovershenstvovanie metodov povysheniya zhestkosti i ustojchivosti ramnykh i lentochnykh pil* [Perfection of methods of increase of rigidity and stability of frame and band saws]: the dissertation of the candidate of technical sciences: 05.21.05. – Arkhangelsk. – 145 p.
7. **Bannikov A.A.** (2007): *Povyshenie tochnosti pileniya drevesiny na delitelnykh lentochnopilnykh stankah* [Improving the accuracy of wood sawing on dividing band saws]: the dissertation of the candidate of technical sciences: 05.21.05. – Arkhangelsk. – 177 p.
8. **Slepchenko I.V.** (2009): *Povyshenie tochnosti raspilovki drevesiny na ciklopozicionnykh gorizontalnykh lentochnopilnykh stankah legkogo klassa* [Improving the accuracy of sawing wood on cycloposition horizontal band saws of the light class]: the dissertation of the candidate of technical sciences: 05.21.05. – Tomsk. – 171 p.
9. **Rebeznyuk I.T.** (2008): *Rozvytok naukovykh osnov rozpyliuvannia derevyny na strichkopilkovykh verstatakh* [Development of scientific foundations of rozpilyuvannya villages on strechkopilkovykh versts]: the dissertation of the doctor of technical sciences: 05.05.04. – Lviv, – 375 p.
10. **Pisarenko G.S.** (1986): *Soprotivlenie materialov: uchebnik dlya vuzov* [Resistance of materials: textbook for high schools]. – Kiev: Vishka school. – 775 p.

11. Alyamovskyy A.A. (2004): SolidWorks / CosmosWorks. *Inzhenernyj analiz metodom konechnykh elementov* [Finite Element Engineering Analysis]. – М.: DMK Press. – 432 p.

УДК 674:621.9.001.57

*Доц. М.І. Пилипчук, канд. техн. наук;  
проф. В.В. Шостак, д-р техн. наук; аспір. С.П. Степанчук, канд. техн. наук;  
проф. І.Т. Ребезнюк, д-р техн. наук; аспір. К.Я. Лазарчук;  
аспір. С.А. Саловський; магістрант М.С. Салун – НЛТУ України*

### **Математична модель точності пиляння деревини на горизонтальних стрічкопилкових верстатах**

Створення математичної моделі точності пиляння деревини на горизонтальних стрічкопилкових верстатах та реалізація її у вигляді прикладної програми на ЕОМ дасть можливість прогнозувати точність пиляння, визначити ефективні способи її підвищення та автоматизувати регулювання режимів різання на даних верстатах. Розробити математичну модель точності пиляння деревини на горизонтальних стрічкопилкових верстатах для встановлювання характеру впливу чинників та визначання ефективних способів підвищення точності пиляння. Було застосовано енергетичний метод, методи аналітичної механіки для визначання сил, що діють на робочу вітку пилки, а також метод скінченних елементів для дослідження жорсткості пилки за допомогою 3D-моделювання. Встановлено математичну залежність точності пиляння деревини на горизонтальних стрічкопилкових верстатах, на основі якої виконано аналіз впливу сукупності чинників на точність пиляння та визначено способи її підвищення. Отримана математична модель точності пиляння деревини на горизонтальних стрічкопилкових верстатах дає змогу визначати величину хвилястості пропилу, встановлювати раціональні режими різання деревини та виконувати автоматизоване регулювання режимів пиляння на верстатах.

**Ключові слова:** математична модель, точність пиляння деревини, хвилястість пропилу, горизонтальний стрічкопилковий верстат, 3D-моделювання, метод скінченних елементів, методи аналітичної механіки.

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ ІЗ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ

Обґрунтовано, що ВЖД є додатковим деревинним ресурсом для деревообробної галузі. Встановлено, що фізико-механічні параметри всіх меблевих щитів не залежно від їх конструкції задовольняють вимоги нормативних документів. Виявлено, що найбільше на фізико-механічні властивості меблевого щита впливає співвідношення товщини до ширини рейки. Найвищими фізико-механічними параметрами характеризується меблевий щит з перерізом рейки 22×20 мм. Середня міцність на статичний згин впоперек рейок такого меблевого щита становить 27,03 МПа. Найнижчими фізико-механічними показниками характеризується меблевий щит з перерізом рейки 22×80 мм. Середня міцність на статичний згин впоперек рейок такого меблевого щита становить 16,10 МПа. Фізико-механічні параметри традиційного меблевого щита з первинної деревини дещо вищі від фізико-механічних параметрів аналогічного по конструкції меблевого щита з ВЖД. Так міцність на статичний згин впоперек рейок традиційної меблевого щита становить 22,05 МПа, а міцність меблевого щита із ВЖД становить 19,88 МПа.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що для досягнення формостійкості та достатньої міцності меблевого щита на статичний згин впоперек рейок, рекомендується ширину рейки для склеювання меблевого щита приймати не більше потрійної її товщини. Рекомендовано під час виготовлення меблевих щитів для забезпечення високої формостійкості використовувати дерев'яні рейки радіального перерізу. Перероблення ВЖД на меблеві щити принесе фінансову та екологічну вигоду. Фінансова вигода виробника полягає у зменшенні матеріальних витрат на виготовлення меблевих щитів із ВЖД у порівнянні з традиційними меблевими щитами. Так, одержані нами розрахунки показують, що здешевлення МЩ із ВЖД складає від 43,57 % і більше в залежності від конструкції щита. Суспільна та еколого-економічна вигода полягає в тому, що використовуючи вживану деревину маємо зменшення на три 4% площі сміттєзвалищ, зменшення вирубування лісів на 0,29 га кожного року, чим покращується стан навколишнього середовища.

**Ключові слова:** деревинознавство та технології, переробка деревини, деревина для споживачів, залишки деревини, меблевий щит, характеристики, формостійкість, міцність.

**Актуальність.** Вживана деревина (ВЖД), як додатковий ресурс, може на основі економічних та екологічних міркувань стати ефективним для виконання та розв'язання основних завдань держави в галузі деревообробки. Технологія утилізації відходів – перероблення вживаної деревини (ВЖД) для виробництва щитових виробів, є рентабельною та ефективною через низьку собівартість даної деревної біомаси. 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. Результати їхніх досліджень свідчать, що дана проблема не є повністю вирішеною, бо не розроблено наукової бази та практичних рекомендацій для ефективних виробничих процесів з прогнозуванням властивостей продукції із ВЖД.

Таким чином, розроблення ресурсощадних та екологобезпечних технологій, встановлення закономірностей впливу використання ВЖД, а саме лінійних розмірів одиничних елементів (ширина та товщина рейок) на фізико-механічні показники одержаної продукції, зокрема меблевих щитів (МЩ) є важливою та актуальною проблемою сьогодення.

**Стан питання.** У процесі досліджень характеристик МЩ із ВЖД проаналізовано низку наукових праць і статей, дотичних до теми досліджень. Серед них

праці С.В. Гайди [1-16], А.С. Пардаєва, В.Н. Биковського, Б.С. Соколовського, Л.М. Ковальчук, Н.А. Попова, В.Н. Волинського, О.О. Кривик, В.О. Маєвського, І.О. Кійко. Як відзначають різні дослідники найбільший вплив мають геометрія рейок, тобто поперечні розміри (відношення між шириною та товщиною) та вид підготовлених рейок, який характеризується кутом нахилу річних кілець до пласти майбутнього щитового виробу.

Проблема ширини рейок є дискусійною і сьогодні. Так, науковці Маєвський В.О., Бенях Ю.В. під час дослідження клеєних щитів із деревини дуба для виготовлення тахель фасадних поверхонь рекомендують використання рейок шириною 40 мм при куті нахилу  $68^\circ$ , а при використанні тільки радіальних рейок максимальна ширина може становити 67,9 мм. Вчений С.В. Гайда при дослідженні клеєних щитів із хвойних порід рекомендує рейки в поперечному перерізі один до трьох із середнім кутом нахилу  $45^\circ$  і більше.

Вчений Пардаєв А.С. при дослідженні клеєних щитів із сосни пропонує співвідношення сторін в поперечному перерізі рейок 1:2,5-3,2 із середнім кутом нахилу не менше  $40^\circ$ . Інші вчені Войтович І.Г., Бобиков П.Д., Волинський В.Н. вважають, що відношення ширини рейки до її товщини може бути в діапазоні 1,5-2,2 рази. Кійко І.О. у своїй науковій роботі дослідила те, як структурні елементи клеєних щитів впливають на формостійкість. Згідно з вимогами ГОСТ 13715-78 [18] для МЩ із склеєних рейок ширина брусків з первинної деревини повинна бути не більше 40 мм для звичайної точності, і 20 мм – для підвищеної точності. За стандартом ДСТУ DIN 68705-2:2014-10 [17] ширина рейок повинна бути меншою 30 мм. У виробничій діяльності зустрічається використання рейок від 40 до 80 мм. Зі сказаного випливає, що дослідження, спрямовані на підвищення формостійкості клеєних конструкцій і виробів з деревини на основі моделювання їх деформацій при всиханні і розбуханні, з урахуванням анізотропії деревини становлять великий практичний інтерес і належать до пріоритетного напрямку науково-технічної діяльності НЛТУ України.

У процесі виготовлення клеєних щитів, для меблевого щита 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  $180^\circ$  один відносно одного. Проте виконання цих умов для забезпечення виробництва клеєних щитів не є оптимальним варіантом з точки зору використання сировини, трудозатрат та затрат коштів. У спеціалізованій науково-технічній літературі питання вибору ширини заготовок, з яких склеюють щити, є дискусійним. Одні вважають, що відношення ширини ділянки до її товщини не має перевищувати 1,5 рази, інші – 4,2. Ряд науковців дотримуються думки, що максимально допустима ширина брусків із масивної деревини для виготовлення меблевих виробів, не має перевищувати 100 мм.

Тому дослідження формостійкості клеєних щитів з масивної деревини, які після відповідної механічної обробки використовуватимуться у меблевих щитових конструкціях є актуальним питанням, особливо стосовно впливу нахилу річних шарів і ширини заготовок на якість виробу в умовах його експлуатації. Дослідження, спрямовані на підвищення формостійкості клеєних конструкцій і виробів



з деревини, якими є меблевий щит з урахуванням анізотропії деревини, зокрема ВЖД, становлять великий практичний інтерес.

**Мета дослідження** – дослідити фізико-механічні характеристики МЩ із ВЖД різних конструкцій. А також провести порівняльний аналіз фізико-механічних параметрів (міцність на статичний згин впоперек рейок, формостійкість) традиційної меблевого щита та МЩ із ВЖД.

**Об'єкт дослідження** – меблевий щит із вживаної деревини.

**Предмет дослідження** – фізико-механічні властивості меблевого щита із вживаної деревини.

**Задачі дослідження:**

- підготувати якісні заготовки із асортименту зібраної ВЖД;
- виготовити меблеві щити із ВЖД та із первинної деревини;
- здійснити випробування взірців МЩ із ВЖД за основними параметрами;
- провести аналіз фізико-механічних характеристик отриманих МЩ;
- реалізувати В-план для виявлення впливу ширини рейок на фізико-механічні властивості меблевого щита;
- запропонувати практичні рекомендації.

**Матеріали та обладнання**

Матеріали для МЩ із ВЖД: вживані віконні рами та коробки, вживані дверні коробки, вживані елементи корпусних меблів; клей ПВА.

Прилади та обладнання для виготовлення МЩ із ВЖД: штангенциркуль; мірний стакан; щільний поролоновий валік; круглопилковий верстат; фугувальний верстат; рейсмусовий верстат; 2 площинні вайми; 2 повздожні вайми; ручна стрічкова шліфувальна машинка;

Прилади та обладнання для випробування МЩ із ВЖД:

- Для вимірювання стріли прогину (відхилення від площинності) як однієї з основних характеристик формостійкості, здійснювали після двотижневої витримки експериментальних зразків у кімнатних умовах та використовували експериментальну установку з числовим програмним управлінням, яка обладнана числовим індикатором ИЧЦ (З)-25-0,01. Покази індикатора (точність вимірювання 0,001 мм) зчитували за допомогою програмного забезпечення фірми МІКРОТЕХ (Україна) типу УИС- Р1-СОМ та передавали у середовище Microsoft Excel для запису і оброблення.

- Для визначення міцності на статичний згин впоперек рейок використовували випробувальну машину ИЗ5057-50 з погрешністю виміру навантаження не більше 1 % та лабораторну випробувальну машину УММ-05 за ГОСТ 28840-90.

**Конструкції МЩ та їх нормативні обмеження за характеристиками.**

Меблеві щити відносяться до клеєних конструкцій та повинні відповідати певним нормативним критеріям. Кожний з нормативних документів надає показники (обмеження) щодо характеристик зазначених виробів:

- Меблеві щити стандартних розмірів, в основі яких є клеєні на гладку фугу рейки: межа міцності при статичному згині впоперек волокон – 15 МПа (товщина 22 мм); межа міцності при сколюванні по клейовому шару – 1 МПа; пожелобленість – 2,5 мм (звичайної точності), 2,0 мм (підвищеної точності); хвилястість – 0,6 мм (звичайної точності), 0,4 мм (підвищеної точності).

- Клеєні щити стандартних розмірів: межа міцності при сколюванні по клейовому шару – 4 МПа (ГОСТ 15613.1-84 «Міцність при сколюванні по клейовому шару»); пожелобленість – 0,2 мм/м; прямолінійність – 0,5 мм/м;

- Щитові конструкції різних виробів характеризуються формостійкістю – відхиленням від площинності (стрілою прогину), регламентується ГОСТ 6449.3-82 «Допуски форми і розташування поверхонь», зокрема для розмірів експериментальних плит 400×400 мм становить 0,3 мм (за 12 ступенем точності), 0,4 мм (за 13 ступенем точності), 0,5 мм (за 14 ступенем точності);

- Щитові конструкції різних виробів характеризуються за зовнішнім виглядом, регламентується ДСТУ DIN EN 13017 «Масивний клеєний щит – класифікація за зовнішнім виглядом поверхні», зокрема за візуальними особливими ознаками поділяються на три класи А, В, С.

- Інші показники клеєної шарової деревини можуть бути визначені у відповідності до вимог діючих стандартів.

Меблеві щити традиційно вважаються кращим матеріалом для виготовлення високоякісних меблів. Це міцний конструкційний матеріал. Меблеві щити екологічно безпечні у виробництві й застосуванні.

### **Методи та методика досліджень**

**Методи дослідження МЩ із ВЖД:** Експериментальні та теоретичні дослідження проводили із застосуванням системного підходу з використанням комп'ютерів та існуючого програмного забезпечення. Використано методи: фізичні та механічні – для визначення розмірів і показників фізико-механічних властивостей ВЖД та характеристик МЩ із ВЖД, математичної теорії планування експериментів – для встановлення регресійних моделей та їх аналізу; математичної статистики – для оброблення результатів експериментальних досліджень; розрахунку економічної ефективності – для визначення економічних показників щодо можливості використання ВЖД в деревообробці, зокрема у виробництві МЩ.

**Методика виготовлення дослідних зразків/ Технологія МЩ із ВЖД.** Технологічний процес виготовлення МЩ із ВЖД складався з наступних стадій: очищення деревини від фурнітури та інших сторонніх включень; руйнування шипових з'єднань та вирізання дефектних місць; очищення деревини від ЛФМ; фугування пластів; повздовжній розкрій деревини; двобічне фрезювання крайок; торцювання в розмір; склеювання меблевого щита; форматний розкрій; шліфування.

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; 19 мм та шириною 23; 43; 63; 83 мм. Отримані рейки фрезувались на двобічному рейсмусовому верстаті по ширині з отриманням рейок шириною 20; 40; 60; 80 мм.

**Методика дослідження формостійкості МЩ із ВЖД.** У процесі досліджень із вивчення впливу розмірних характеристик структурних елементів – ширини рейок меблевого щита на його формостійкість реалізований В-план (табл. 1). Кількість дубльованих досліджень – 3. Заміри знімали з експериментальних зразків меблевих щитів у двох напрямках (напрямок вздовж волокон – напрямок А, вздовж довжини рейок меблевого щита; напрямок поперек волокон – напрямок Б, вздовж ширини меблевого щита).

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

	№	Значення вхідних факторів у досліді			
		У натуральному позначенні		У кодованому позначенні	
		В <sub>ВЖД1</sub>	В <sub>ВЖД2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>
ПФП 2	1	20	20	-1	-1
	2	60	20	1	-1
	3	20	60	-1	1
	4	60	60	1	1
Зіркові точки	5	20	40	-1	0
	6	60	40	1	0
	7	40	20	0	-1
	8	40	60	0	1

У кожному із напрямів меблевого щита вимірювання проводили за 10-ма умовними лініями (всього 20 умовних ліній з кроком між лініями у 40 мм) (рис. 1).

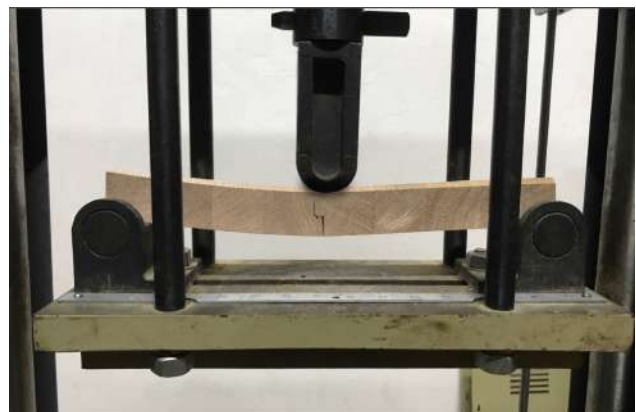


**Рис. 1. Експериментальна установки ЧПУ для визначення формостійкості**

Внаслідок вимірювань на кожній лінії фіксували від 400 до 500 точок. Таким чином за результатами одного вимірювання отримували вибірку сукупність обсягом від 8000 до 1000 (12×(400...500)). За проміжкове значення стріли прогину приймали середнє значення цієї вибіркової сукупності.

**Методика дослідження міцності при статичному згині МЩ із ВЖД.**

Виготовлення зразків проводиться у відповідності з ГОСТ 9625:2013 [21]. Відбір зразків, їхня кількість, виготовлення й підготовка до випробувань - за ДСТУ 9620:1994 [20]. Зразки меблевих щитів виготовляють у формі прямокутної призми (рис. 2) 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. 2. Випробувальна машина ИЗ5057-50 (ГОСТ 28840-90)**

## Результати та обговорення

Результати та порівняльний аналіз границі міцності меблевих щитів на статичний згин впоперек рейок. В результаті проведення основного експерименту були отримані дані міцності на статичний згин впоперек рейок для всіх видів

Конструкція МЩ із ВЖД за різного поперечного перерізу рейок	Міцність, МПа
МЩ із ВЖД (22x80)	16,10
МЩ із ВЖД (22x60)	18,46
МЩ із ВЖД (22x40)	19,88
МЩ з ПД (22x40)	22,05
МЩ із ВЖД (22x20)	27,03

МЩ із ВЖД та ПД. (табл.. 2, рис. 3).

Таблиця 2. Зведена таблиця міцності МЩ на статичний згин

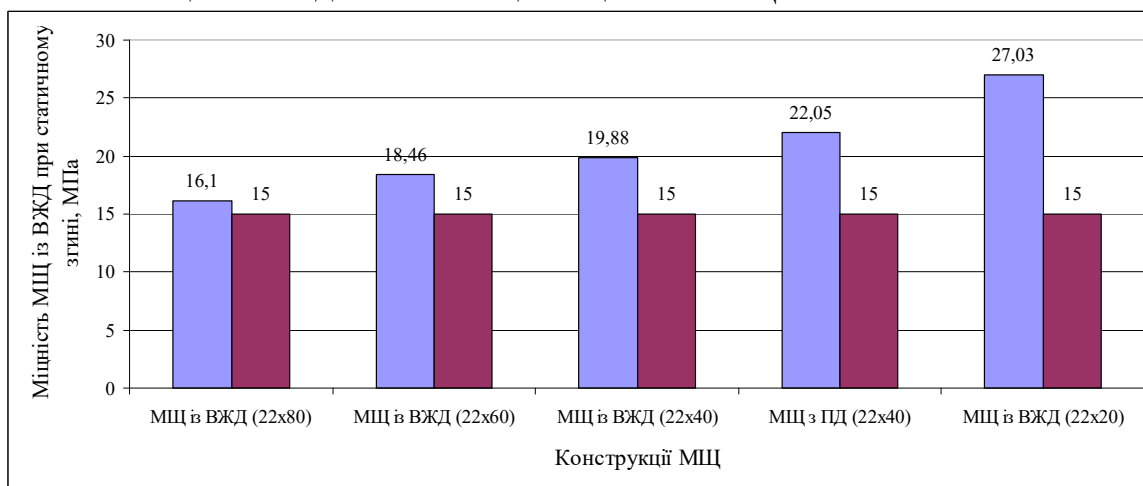


Рис. 3. Гістограма міцності МЩ на статичний згин впоперек рейок

Як видно з гістограми рис. 4. найменшої міцності МЩ із ВЖД (22×80). Судячи з характеру руйнування зразків рис. 4 це пов'язано з низькою міцністю широких рейок на зсув по внутрішньому шарі. Дещо вищу міцність показала МЩ із ВЖД (22×60). Причиною цього є компенсація низької міцності вузьких рейок на зсув по внутрішньому шарі високою міцністю на зсув деревних рейок.

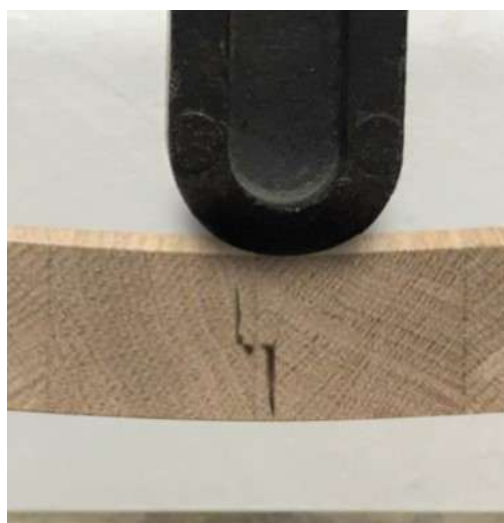


Рис. 4. Зразок МЩ із ВЖД в момент руйнування

Високу міцність показав МЩ із ВЖД (22×40). Причиною руйнування взірця став послідовний розрив волокон. Традиційний МЩ з ПД (22×40) показала дещо вищу міцність в порівнянні з меблевим щитом із ВЖД. Характер руйнування ана-

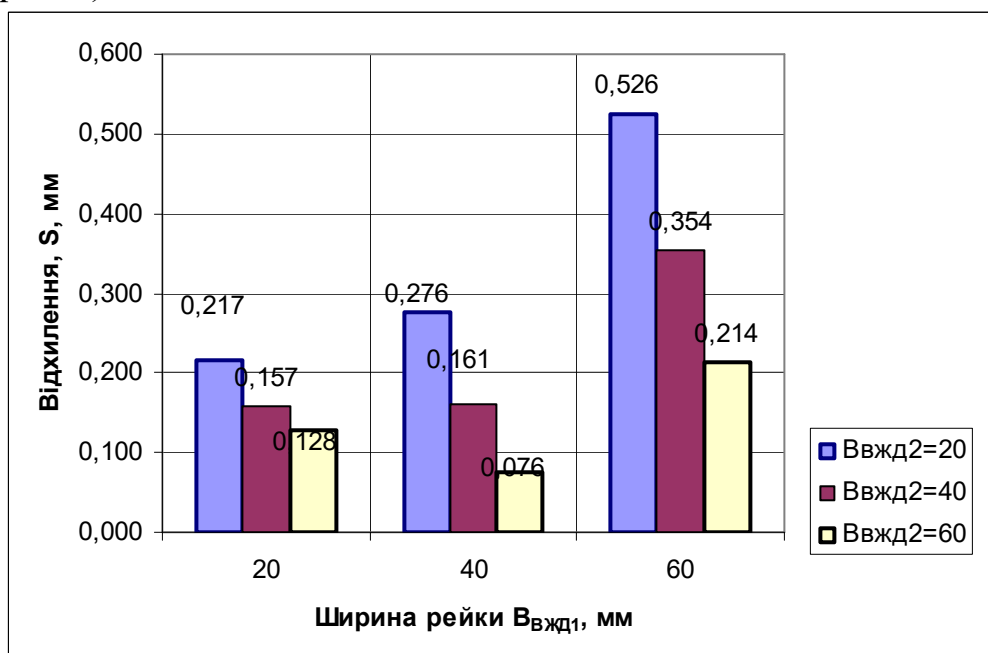
логічний. Руйнування відбулося в наслідок розриву волокон. Найміцнішим виявився МЩ із ВЖД (22×20). Середній показник границі міцності МЩ складає аж 27,03 МПа. В даному випадку руйнування МЩ почалося із виникнення граничних напружень розтягу в рейках з тангентальним розташуванням річних кілець до пласти МЩ із ВЖД.

**Результати дослідження формостійкості меблевих щитів із вживаної деревини різних конструкцій.** Внаслідок оброблення даних експерименту отримано рівняння регресії другого порядку, яке описує залежність стріли прогину  $S$  від ширини структурних елементів, тобто ширини рейок з ВЖД (масив 1)  $V_{ВЖД1}$  ( $x_1$ ) та ширини рейок з ВЖД (масив 2)  $V_{ВЖД2}$  ( $x_2$ ): Одержане рівняння регресії в нормалізованих значеннях змінних факторів

$$y=0,161+0,99x_1-0,100x_2+0,095x_1^2+0,015x_2^2+0,056x_1x_2$$

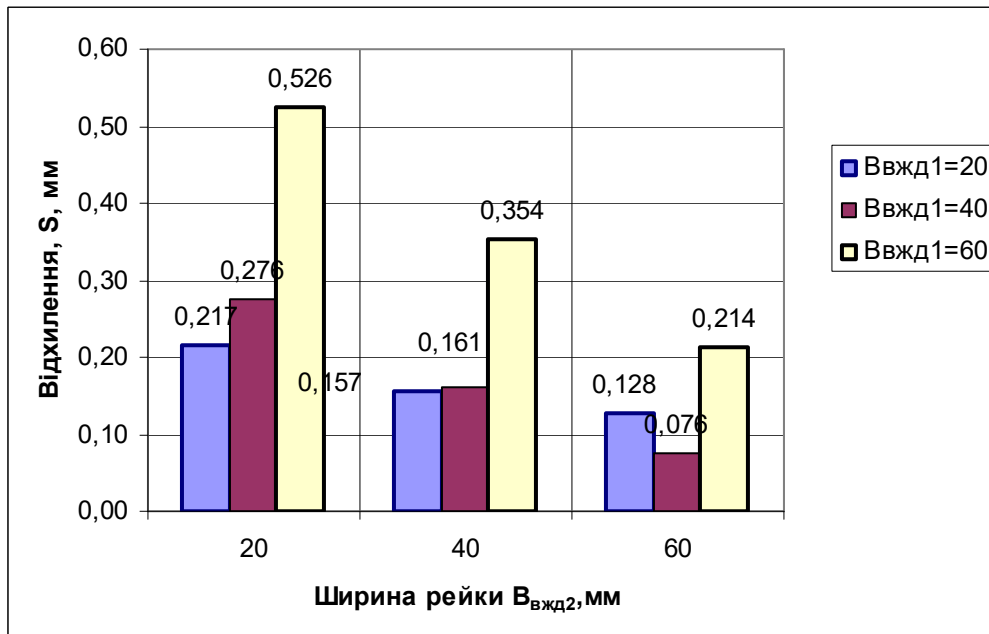
де:  $V_{ВЖД1}$  ( $x_1$ ) – ширина рейки з ВЖД (масив1) меблевого щита;  $V_{ВЖД2}$  – ширина рейки з ВЖД (масив2) меблевого щита;  $S$  – усереднене значення відхилення від площинності, тобто стріла прогину МЩ із ВЖД.

Графічна інтерпретація отриманої регресійної залежності представлена на рис. 5 та рис. 6. Як видно з рис. 5., збільшення ширина рейки з ВЖД (масив1) меблевого щита призводить до збільшення відхилення  $S$ . Натомість, тенденція щодо залежності впливу ширини рейок з ВЖД (масив2) на відхилення МЩ із ВЖД від площинності є зворотною (рис. 6). Варто зазначити, що характер впливу ширини рейок на усереднене відхилення  $S$  є нелінійним, хоча внаслідок можна з певною імовірністю припустити наявність тенденцій оберненої (рис. 5) та прямої пропорційності (рис. 6).



**Рис. 5. Залежність усередненого відхилення  $S$  (від площинності) меблевого щита від ширини рейки з ВЖД (масив1)  $V_{ВЖД1}$  ( $x_1$ )**

Порівняння результатів експерименту і стандартизованих значень (табл. 3) засвідчило, що тільки реальні відхилення від площинності експериментального зразку № 2 ( $V_{ВЖД1} = 60$  мм;  $V_{ВЖД2} = 20$  мм) є більшим за допустимі. Відхилення від площинності за стрілою прогину всіх інших експериментальних зразків задовольняють вимоги стандарту (табл. 3).

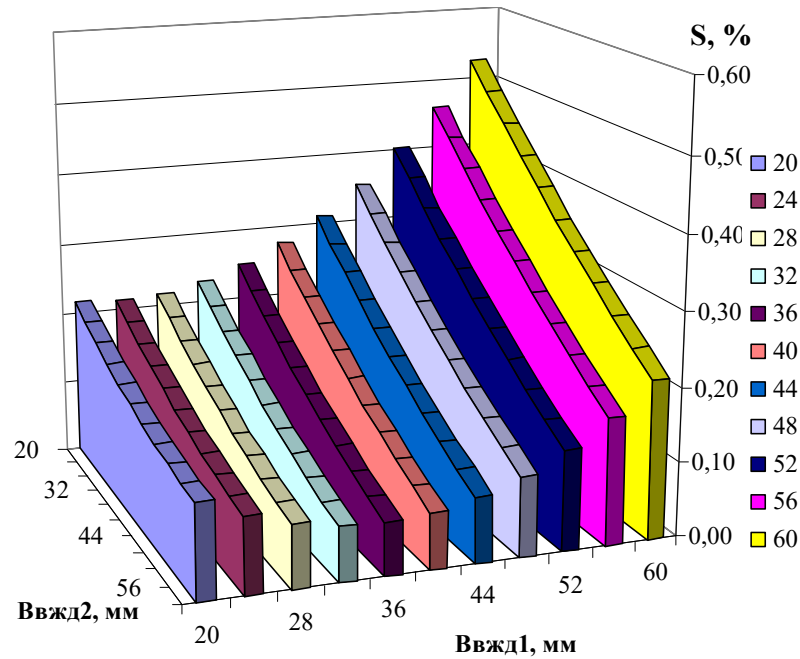


**Рис. 6. Залежність усередненого відхилення  $S$  (від площинності) меблевого щита від ширини рейки з ВЖД (масив2)  $V_{ВЖД2}$  ( $x_2$ )**

За результатами експерименту здійснено оптимізацію ширини рейок за допомогою градієнтного методу, внаслідок якої виявлено, що мінімальне значення відхилення  $S_{min} = 0,037$  мм, взяте за абсолютною величиною можна отримати зафіксувавши розмірні параметри ширини рейок меблевого щита із ВЖД наступним чином:  $V_{ВЖД1} = 40$  мм;  $V_{ВЖД2} = 60$  мм (рис. 7).

**Таблиця 3. Порівняння експериментальних та розрахункових значень із стандартизованими значеннями**

№	Вхідні фактори		Функція мети		
	значення		відхилення від площинності для МЦ 400×400 мм	функція відгуку експериментальне значення $Y_{експ}$	функція відгуку розрахункове значення $Y_{розр}$
	$V_{ВЖД1}$	$V_{ВЖД2}$			
1	20	20	0,4	0,222	0,217
2	60	20	0,4	0,532	0,526
3	20	60	0,4	0,122	0,128
4	60	60	0,4	0,208	0,214
5	20	40	0,4	0,158	0,157
6	60	40	0,4	0,354	0,354
7	40	20	0,4	0,264	0,276
8	40	60	0,4	0,088	0,076



**Рис. 7. Залежність усередненого відхилення  $S$  (від площинності) меблевого щита від ширини рейки з ВЖД (масив2) та з ВЖД (масив1)**

### Висновки

1. Обґрунтовано, що ВЖД є додатковим деревинним ресурсом для деревообробної та меблевої галузей. Досліджено та проаналізовано фізико-механічні характеристики меблевого щита із ВЖД. Встановлено, що фізико-механічні параметри всіх меблевих щитів не залежно від їх конструкції задовольняють вимоги нормативних документів. Виявлено, що найбільше на фізико-механічні властивості меблевого щита впливає співвідношення товщини до ширини рейки.

2. Найвищими фізико-механічними параметрами характеризується меблевий щит з перерізом рейки  $22 \times 20$  мм. Середня міцність на статичний згин впоперек рейок такої плити становить 27,03 МПа. Найнижчими фізико-механічними показниками характеризується Меблевий щит з перерізом рейки  $22 \times 80$  мм. Середня міцність на статичний згин впоперек рейок такої плити становить 16,10 МПа. Фізико-механічні параметри традиційного меблевого щита з первинної деревини дещо вищі від фізико-механічних параметрів аналогічного по конструкції меблевого щита з ВЖД. Так міцність на статичний згин впоперек рейок традиційної меблевого щита становить 22,05 МПа, а міцність меблевого щита із ВЖД становить 19,88 МПа.

3. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що для досягнення формостійкості та достатньої міцності меблевого щита на статичний згин впоперек рейок, рекомендується ширину рейки для склеювання меблевого щита приймати не більше потрійної її товщини. Рекомендовано під час виготовлення меблевих щитів для забезпечення високої формостійкості використовувати дерев'яні рейки радіального перерізу.

4. Перероблення ВЖД на меблеві щити принесе фінансову та екологічну вигоду. Фінансова вигода виробника полягає у зменшенні матеріальних витрат на виготовлення плит із ВЖД у порівнянні з традиційними меблевими щитами. Так, одержані нами розрахунки показують, що здешевлення МЩ із ВЖД складає від

43,57% в залежності від конструкції щита. Суспільна та еколого-економічна вигода полягає в тому, що використовуючи вживану деревину ми зменшуємо на три 4% площі сміттєзвалищ, зменшуємо вирубування лісів на 0,29 га кожного року, чим покращуємо стан навколишнього середовища.

## Література

1. **Gayda S.V.** (2018): *Mitsnist kombinovanykh stolyarnykh plyt iz vzhivanoyi derevyny* [Strength of combined blockboard made of post-consumer wood (PCW)]. *Bulletin of KhNTUA* 197:3-9 (in Ukrainian).
2. **Gayda S.V. Kiyko O.A.** (2018): *Formostiykist yak kryteriy yakosti stolyarnykh plyt iz vzhivanoyi 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).
3. **Gayda S.V.** (2017): *Tekhnolohyya y svoystva mebelnoho shchyta yz vtorychno yspolzuyemoy drevesyny* [A technology and properties of furniture board (fb) made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 48:34-38 (in Russian).
4. **Gayda S.V., Ya.M. Bilyu** (2016): Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини / *Doslidzhennya formostiykosti kleyenykh shchytiv iz vzhivanoyi 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>
5. **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>
6. **Gayda S.V.** (2016): A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. *ProLigno* 12(1):22-31.
7. **Gayda S.V.** (2016): *Ékoloĥo-tekhnolohyeheskye aspekty pererabotky vtorychno yspolzuyemoy drevesyny dlya proizvodstva pressovannykh materyalov* [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).
8. **Gayda S.V.** (2016): *Formoustoychyvost stolyarnykh plyt yz vtorychno yspolzuyemoy drevesyny* [A form of stability of blockboards (BB) made of post-consumer wood (PCW)]. *Actual problems of forest complex* 46:148-153 (in Russian).
9. **Gayda S.V.** (2015): *Tekhnolohiyi i fizyko-mekhanichni vlastyvosti stolyarnykh plyt iz vzhivanoyi derevyny* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood (PCW)]. *Technical service of agriculture, forestry and transport systems* 3(1):145-152(in Ukrainian).
10. **Gayda S.V.** (2015): *Tekhnolohyeheskye osnovy pererabotky vtorychno yspolzuyemoy drevesyny* [Technological of processing basics of of post-consumer wood (PCW)]. *Actual directions of Scientific Research XXI century: Theory and Practice, Voronezh State Forestry Engineering University Named after G.F. Morozov* 3(8-2 (19-2)): 82-86 (in Russian).
11. **Gayda S.V.** (2015): Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 41:39-49. doi: <https://doi.org/10.36930/42154106>
12. **Gayda S.V.** (2015): Моделювання властивостей столярних плит із вживаної деревини на основі методу кінцевих елементів / *Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 41:39-49. doi: <https://doi.org/10.36930/42154106>
13. **Gayda S.V.** (2015): *Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv vtorychno ispol'zuyemoy drevesiny* [Investigation of physical and mechanical properties of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 43:175-179 (in Russian).
14. **Gayda S.V.** (2014): *Sposoby podgotovki k pererabotke vtorychno ispol'zuyemoy drevesiny iglofrezernymi i shchotochnymi stankami* [Preparation methods for processing of post-consumer wood needle-milling and brushing machines]. *Actual problems of forest complex* 40:65-69 (in Russian).



15. Gayda S.V. (2014): *Teoreticheskoye obosnovaniye podkhoda po prognozirovaniyu prochnosti drevesnostruzhechnykh plit iz vtorichno ispol'zuyemoy drevesiny* [The theoretical rationale for the approach on the prediction the strength of particleboard from recycled wood]. *Actual problems of forest complex* 38:212-216 (in Russian).

16. Gayda S.V. (2014): Технології перероблення вживаної деревини для виробництва якісних деревинностружкових плит / Techniques for recycled of post-consumer wood in the production of quality particleboard. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 40:41-51. doi: <https://doi.org/10.36930/42144010>

17. DIN 68705-2:2014-10 Plywood – Part 2: Blockboard and laminboard for general use. Germany, (in Deutsch).

18. GOST 13715:1978 *Plity stolyarnye. Tekhnicheskie usloviya* [Blockboards. Technical specifications]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

19. GOST 9620:1994. *Drevesyna sloystaya kleanaya. Otbor obraztsov y obshchye trebovaniya pry yspytaniyu* [Laminated glued wood. Sampling and general requirements in testing]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

20. GOST 9624:2009 *Drevesyna sloystaya kleanaya. Metod opredeleniyya predela prochnosti pry skalyvaniyu* [Laminated glued wood. Method for determination of shear strength]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

21. GOST 9625:2013 (EN 310:1993, EN 13986:2004). *Drevesyna sloystaya kleanaya. Metody opredeleniyya predela prochnosti y modulya upruhosty pry statycheskom yz-hybe* [Laminated glued wood. Methods for determination of ultimate and modulus of elasticity in static bending]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

UDC 674-419.22:674.055

Assoc. prof. S.V. Gayda – UNFU

## A investigation and analysis of characteristics of solid furniture boards made of post-consumer wood

It is substantiated that post-consumer wood (PCW) is an additional timber resource for the woodworking industry. It is established that the physical and mechanical parameters of all furniture boards, regardless of their design, satisfy the requirements of regulatory documents. It has been found that the ratio of thickness to the width of the strips is most influenced by the physical and mechanical properties of the furniture boards. The highest physical and mechanical parameters are characterized by a solid furniture boards with a strips cross section of 22×20 mm. The average static bending strength across the strips of such a solid furniture boards is 27.03MPa. The lowest physical and mechanical indicators are characterized by a solid furniture boards with a strips section of 22×80 mm. The average static flexural strength across the strips of such a solid furniture boards is 16.10MPa. The physical-mechanical parameters of a traditional solid furniture boards made of primary wood are slightly higher than the physical-mechanical parameters of a similar solid furniture boards design made of PCW. Thus, the static flexural strength across the strips of a traditional solid furniture boards is 22.05MPa, and the strength of a solid furniture boards made of PCW is 19.88MPa. According to the results of experimental researches it is established that in order to achieve the shape resistance and sufficient strength of the solid furniture boards on a static bend across the strips, it is recommended that the width of the rail for gluing the furniture board should be no more than triple its thickness.

It is recommended to use radial cross-section wooden strips when making solid furniture boards to ensure high resistance. Remodeling the iron on the furniture boards will bring financial and environmental benefits. The financial advantage of the manufacturer is to reduce the material costs of making solid furniture boards made of PCW of iron from the traditional furniture boards. Yes, our calculations show that the cost of solid furniture boards made of PCW is 43.57% depending on the design of the furniture boards. The social and ecological and economic benefit is that by using used wood we reduce by 3 4% the landfill area, reduce deforestation by 0.29 hectares each year, thereby improving the environment.

**Keywords:** wood science & technology, wood processing, post-consumer wood, wood residues, furniture board, characteristics, shape stability, strength.

## ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В СФЕРІ БЕЗПЕКИ ТА ГІГІЄНИ ПРАЦІ І МОЖЛИВІСТЬ ЙОГО ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Розглянуто світовий досвід у мінімізації показників виробничого травматизму та професійних захворювань. Зазначено про перспективи впровадження принципів ризик-орієнтованого підходу в національне законодавство про охорону праці. Визначено, що система управління охороною праці та ризиками, яка впроваджена в лісовій галузі в кінці 2015 року, стала поштовхом до нових підходів щодо перебудови системи управління охороною праці на лісгосподарських підприємствах. Запропоновано низку заходів, що сприятимуть проходженню сертифікації систем управління гігієною і безпекою праці на відповідність новому стандарту ISO 45001.

**Ключові слова:** управління ризиками, гігієна і безпека праці, лісове господарство.

**Вступ.** Безпека та гігієна праці – це пріоритетні питання для керівництва підприємств будь-якої форми власності. Оскільки лише за високого рівня охорони праці можна забезпечити ефективне виконання завдань, що постають перед підприємством, і досягти найкращих економічних результатів.

Будь-яка людська діяльність завжди становить собою певні ризики. Не є винятком і діяльність, пов'язана з веденням лісового господарства. Сьогодні неможливо успішно вирішувати питання розвитку будь-якого підприємства без безпечних методів організації праці та усвідомлення нерозривності технології і безпеки праці [1-3]. Незадовільний стан охорони праці негативно впливає на економічний стан підприємства. Питання створення безпечних умов праці, профілактики виробничого травматизму важливі та актуальні для будь-якого підприємства. Гострота їх обумовлюється досить складною економічною ситуацією в державі, експлуатацією вкрай застарілих та зношених основних фондів, байдужим відношенням деяких керівників до організації безпечного виконання робіт.

**Актуальність досліджень.** Законодавство України про охорону праці встановлює єдині вимоги до роботодавця щодо створення безпечних умов праці. Однак, як показує досвід, на практиці ці вимоги в більшості випадків не виконуються. Особливо це стосується підприємств малого та середнього бізнесу. Конкурентний тиск змушує багатьох роботодавців заощаджувати на охороні праці й розглядати профілактику травматизму та охорону здоров'я працівників як додатковий бар'єр на шляху до зниження собівартості продукції і збільшення прибутку, але це далеко не так. Набагато дешевше й простіше попередити аварійні ситуації, аніж потім їх ліквідувати. Мінімізація ризиків виникнення аварій та нещасних випадків під час виробничого процесу, тобто виробничих ризиків – прямий шлях до значного підвищення продуктивності праці та рентабельності підприємства. Уміння управляти цими ризиками не лише надає дієву допомогу в налагодженні безпечного процесу виробництва, а й є життєвою необхідністю, особливо для технологічно навантажених підприємств. Адже кожна аварія, кожна трагедія – це не лише прямі збитки для власника, а й додатковий соціальний тягар, людське горе

[4]. Відповідно це і визначає актуальність активізації процесу впровадження управління ризиками в безпеці та гігієні праці на підприємствах України.

**Постановка задачі.** Підписання у 2014 році Угоди про асоціацію між Україною та ЄС передбачає визначення чіткого курсу на побудову європейських підходів у всіх сферах діяльності, у тому числі й у відношенні до безпеки праці та здоров'я людини. Створення цілком безпечних та здорових умов праці є одним з найважливіших завдань, що стоять перед державою. На сьогодні в більшості країн визначено, що управління системою охорони праці, побудованої на основі оцінки ризиків для життя і здоров'я працівників, є головним механізмом вирішення проблем забезпечення професійної та промислової безпеки. Тому надзвичайно важливим для досягнення оптимальних результатів у питанні реформування системи безпеки та гігієни праці є вивчення, поширення та впровадження найкращого міжнародного досвіду з оцінки та управління виробничими ризиками.

**Результати досліджень.** Сучасні принципи управління охороною праці дають змогу ідентифікувати виробничі небезпеки й оцінити спричинені ними ризики. Так званий ризик-орієнтований підхід передбачено міжнародними документами з охорони праці (зокрема, стандартами серії OHSAS 18000, настановчим документом Міжнародної організації праці (МОП) про систему управління охороною праці (ILO OSH-2001), Директивами Євросоюзу, національними стандартами системи безпеки праці (ССБП) [5-7]. Внесені зміни до Закону України “Про охорону праці” в 2002 році стали першими кроками адаптації законодавства України до законодавства Євросоюзу у сфері охорони праці. На підставі цих змін були висунуті більш жорсткі вимоги до всіх роботодавців щодо створення безпечних та здорових умов праці. Право на охорону праці належить до невід'ємних прав людини, записаних у фундаментальних міжнародних документах, таких, як Загальна декларація прав людини ООН (1948 р.) та Міжнародний пакт ООН про економічні, соціальні та культурні права 1976 р.

Принципи охорони праці також відображені в законодавстві Євросоюзу, про охорону праці, зокрема в Рамковій директиві 89/391/ЄЕС від 12.06.1989 р. “Про впровадження заходів для поліпшення безпеки та охорони здоров'я працівників під час роботи” (далі – Директива № 89/391/ЄЕС).

Метою політики охорони праці є зведення до мінімуму показників виробничого травматизму та професійних захворювань. Ця мета набула нових форм у ЄС протягом останніх років і поширилася сьогодні до пропаганди “добробуту на роботі”, що означає моральний, фізичний та соціальний добробут, а не лише відсутність нещасних випадків та професійних захворювань [8].

Спроби оцінення та управління ризиками (*Loss Control Management*) розпочалися у США з 1978 р. Вони охоплюють економічні, фінансові, страхові та інші ризики. У Європейському Союзі оцінення ризику передбачено директивою 1989 року 89/391/ЄЕС. У стандарті OHSAS 18001 термін “безпека” визначено як відсутність неприйняттого ризику. Це означає, що працівник повинен знати, які заходи безпеки потрібно застосовувати, щоб не перевищувати рівень прийняттого ризику. Керівники робіт повинні вміти ідентифікувати й оцінювати ризик. Згідно з ILO-OSH МОП від 2001 року “Керівництво по системах управління охороною праці” ризик – це поєднання вірогідності виникнення небезпечної події і важкості травми або шкоди для людського здоров'я, спричинених цією подією [6].

Політика охорони праці Європейського співтовариства засновується на превентивних підходах, які передбачають залучення всіх учасників, у тому числі працівників, з метою розвитку культури попередження ризиків: освіта, обізнаність та профілактика. Право кожного працівника на умови праці, котрі не шкодять його здоров'ю, гарантують безпеку та честь, визнано невід'ємним правом кожного громадянина, як записано в Хартії Євросоюзу про основні права людини 2000 р. [8]. У Європейському Союзі ризик-орієнтований підхід закріплено ст. 2, 3 Європейської соціальної хартії (переглянутої), а також так званою «рамковою Директивою № 89/391/ЄЕС. Метою цієї директиви є впровадження заходів, що сприяють поліпшенню у сфері безпеки та гігієни праці, тобто заходів превентивного характеру. Для цього вона містить загальні принципи, що стосуються запобігання професійним ризикам (на мові оригіналу – *occupational risk*), охорони безпеки та здоров'я, виключення факторів ризику та нещасних випадків, інформування, консультування та пропорційної участі відповідно до національних законів та / або практики, навчання працівників та їх представників, а також вказівки з імплементації цих принципів [9]. Незважаючи на відсутність у Директиві № 89/391/ЄЕС визначень правових дефініцій “ризик” та “професійний ризик”, вона постійно ними оперує та визначає основні положення інших 19 окремих директив, що стосуються вимог охорони праці для робочого місця, під час використання устаткування, роботи з хімічними, фізичними та біологічними речовинами, а також захисту на робочому місці певних груп працівників.

Національним законодавством країн-членів ЄС положення Директиви № 89/391/ЄЕС врегульовано на рівні трудових кодексів (у частині забезпечення безпеки та гігієни праці) та/або спеціальних законів. При цьому переважно використовується правова дефініція “професійний ризик”, що пояснюється, насамперед, самою структурою цих законодавств. Справа в тому, що сфера звичної нам охорони праці в Євросоюзі, як правило, регулюється двома нормативно-правовими актами: перший стосується безпеки саме працівника під час роботи, другий – безпечної експлуатації робочого устаткування. Звідси й дефініція, зорієнтована саме на працівника, тобто на його безпеку під час виконання професійних обов'язків. Привели своє законодавство у відповідність до зазначених директив і країни-кандидати на вступ до Євросоюзу (Ісландія, Македонія, Сербія, Чорногорія). Швейцарія та Норвегія, які не планують свого членства в ЄС, проте тісно з ним інтегровані, успішно використовують ризик-орієнтований підхід у всіх сферах державного управління. Інші країни світу також визнають ефективність систем управління охороною праці з урахуванням ризик-орієнтованого підходу.

Зокрема, Японія та Канада врахували питання оцінювання та управління ризиками для життя та здоров'я працівників під час трудових відносин у своїх спеціальних законах, зважаючи на національні особливості здійснення господарської діяльності [9]. Задля визначення шляхів імплементації Директиви № 89/391/ЄЕС у національне законодавство про охорону праці розглядалися конкретні приклади запровадження ризик-орієнтованого підходу в країнах-членах ЄС. Загалом із 28 країн-членів ЄС акцент зроблено на такі: Республіка Польща, Латвійська Республіка, Литовська Республіка, Республіка Болгарія, Румунія. Основними критеріями відбору саме цих країн стали: правова система (сім'я), економіка, рік вступу до ЄС, радянське минуле (приналежність до “соціалістичного табору”). Хоча в усіх

цих країн є риси, що їх об'єднують, вони обрали різні шляхи та способи імплементації Директиви № 89/391/ЄЕС у національне законодавство. Наприклад, у Польщі зміни було внесено до Трудового кодексу, прийнятого ще 26 червня 1974 року (до речі, нова редакція Кодексу в Польщі не приймалась, і на сьогодні до нього внесено численні поправки), адже в цій країні відсутній спеціальний закон. Латвія, Литва та Болгарія пішли іншим шляхом і внесли положення Директиви № 89/391/ЄЕС до спеціальних законів, проте доопрацювали їх з урахуванням національних особливостей. У Литві, наприклад, це виправдано тим, що внесення змін до Трудового кодексу є досить складною процедурою, а розділ щодо охорони праці в ньому взагалі відсутній, адже є спеціальний закон. У Румунії положення Директиви №89/391/ЄЕС також імplementовано в спеціальний закон.

Утім, його положення повністю дублюють положення директиви без будь-яких змін чи доповнень [9]. Важливим кроком в сфері безпеки та гігієни праці стало ухвалення в ході однієї з найбільших конференцій з охорони праці, організованої Європейською комісією в Брюсселі 28 квітня 2014 року. 6 червня 2014 року учасники конференції ухвалили Стратегічну рамкову програму Євросоюзу з безпеки й гігієни праці на робочому місці на 2014–2020 рр. Попередня програма була чинною з 2007-го по 2012 р. Упровадження ризик-орієнтованого підходу шляхом імплементації положень Директиви № 89/391/ЄЕС у національне законодавство про охорону праці можливе кількома шляхами:

1. Внесення змін до глави XI “Охорона праці” Кодексу законів про працю (далі – КЗпП) України. Ураховуючи, що КЗпП України за юридичною силою вищий за Закон України “Про охорону праці”, внесення змін до КЗпП автоматично потягне за собою доопрацювання спеціального закону та, звісно, всіх підзаконних актів, яких стосуватимуться ці зміни.

2. Опрацювання глави 10 “Охорона праці” книги III “Умови праці” Трудового кодексу України. На сьогодні проект Трудового кодексу України (далі – ТКУ) прийнято Верховною Радою за основу. Глава “Охорона праці” проекту ТКУ порівняно з відповідною главою у КЗпП України не зазнала істотних змін. Суттєве доопрацювання глави “Охорона праці” ТКУ дасть змогу або взагалі включити всі положення, що стосуються питань охорони праці, та скасувати спеціальний закон, або включити рамкові поняття ризик-орієнтованого підходу й після прийняття ТКУ вносити зміни до Закону України “Про охорону праці”.

3. Внесення змін до Закону України “Про охорону праці”. Така альтернатива, з одного боку, здається простішою, аніж попередні, втім, у нас неможливе подвійне регулювання. Внесення змін до спеціального закону потребуватиме внесення змін і до ТКУ.

4. Залишення ситуації без змін. Це, мабуть, найпростіший варіант, який задовольнив би багатьох, утім, зобов'язання, які взяла на себе Україна, підписавши Угоду про асоціацію, потребують докорінних змін у системі управління охороною праці, інакше шлях до повноправного членства України в Євросоюзі буде назавжди закритим [9].

**Висновки.** Система управління охороною праці та ризиками (далі – СУ-ОПР) впроваджена в лісовій галузі в кінці 2015 року. Початком цього слугувало розроблення Українським центром підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів лісового господарства Методичних рекомендацій щодо впро-

вадження системи управління охороною праці та ризиками на підприємствах, які перебувають у сфері управління Державного агентства лісових ресурсів України (далі – Рекомендації), які затверджено та надано чинності Наказом Держлісагентства України від 07.12.2015 року №260.

Рекомендації визначають порядок побудови, впровадження і функціонування СУОПР на основі вимог ДСТУ OHSAS 18001:2010.

СУОПР стала поштовхом в нових підходах щодо перебудови системи управління охороною праці на підприємствах лісової галузі. На сьогодні більшість лісогосподарських підприємств переглянули і перебудували систему, почали ідентифікувати ризики. Багатьом потенційним інцидентам можна запобігти за допомогою впровадження систем управління охороною здоров'я і безпекою праці (далі – ОЗіБП) на основі управління ризиками.

Європейська Директива спрямувала на розробку проекту Концепції. Проект Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні. Реалізація Концепції забезпечить імплементацію в національне законодавство норм Директиви Ради № 89/391/ЄЕС в про впровадження заходів для заохочення вдосконалень у сфері безпеки та охорони здоров'я працівників під час роботи.

Міжнародний стандарт ISO 45001:2018 “Системи управління охороною здоров'я і безпекою праці. Вимоги та рекомендації щодо застосування” приходить на зміну британському стандарту BS OHSAS 18001:2007 і стає першим в історії стандартизації визнаним на міжнародному рівні стандартом для систем управління ОЗіБП. Новий стандарт ISO 45001 подібний до BS OHSAS 18001, проте в ньому застосована структура високого рівня Додатка SL аналогічно до інших нових або переглянутих останнім часом стандартів ISO на системи управління.

Новий міжнародний стандарт ISO 45001:2018, опублікований 12 березня 2018 року, слугуватиме важливим інструментом реалізації Концепції на основі ризик-орієнтовного підходу. Підприємства, які вже сертифіковані за BS OHSAS 18001:2007, можуть протягом трьох років адаптуватись до вимог стандарту ISO 45001:2018, хоча забезпечення відповідності ISO 45001:2018 не обов'язкова вимога, але так само BS OHSAS 18001:2007 не був обов'язковий.

Для підприємств лісового господарства, які не сертифіковані згідно стандарту BS OHSAS 18001:2007, але із запровадженням Рекомендацій вже з кінця 2015 року перебудували свою систему управління охороною праці, врахувавши даний стандарт, перехід повинен пройти без труднощів протягом трьох років, а можливо і швидше, так як на більшості підприємствах галузі навчилися ідентифікувати ризики. Залишилось навчитись цими ризиками управляти, що може до 30% знизити на підприємствах лісової галузі втрати здоров'я і життя працівників на робочих місцях, опрацювавши даний стандарт і переконавшись, що вимоги, які висувають до документованої інформації, правильно розуміють – пройти сертифікацію систем управління гігієною і безпекою праці на відповідність новому стандарту ISO 45001. Для забезпечення цього передбачається низка заходів:

1. Розроблення типової програми навчання із впровадження системи управління ОЗіБП на підприємствах лісового господарства з врахуванням найкращих світових практик і стандарту ISO 45001:2018.

2. Проведення навчання за напрямом управління ОЗіБП відповідно до вимог стандарту ISO 45001:2018.

3. Розроблення типової методики управління ризиками в системах управління ОЗіБП на підприємствах лісового господарства України на основі досвіду вітчизняних і зарубіжних підприємств, експертів та спеціалістів з управління ризиками.

### Література

1. **Adamovsky M.G. Bakay B.Ya.** (2004): *Analiz i perspektyva vykorystannya trelyuvalnykh traktoriv u lisovomu kompleksi Ukrainy* [Analysis and prospect of using skidding tractors in the forest complex of Ukraine]. *Scientific Bulletin of UNFU* 14(3): 175-182, (in Ukrainian).
2. **Bakay B.Ya.** (2003): *Obgruntuvannya tekhnolohichnykh vymoh do sortuval'no-shtabelyuvalnogo mekhanizmu na bazi manipulyatora, obladnanoho hreyfernym zakhoplyuvachem* [Justification of technological requirements for sorting and stacking mechanism on the basis of a manipulator equipped with a gripper gripper]. *Scientific Bulletin of UNFU* 13(2): 90-93.
3. **Karatnik I.R., Bakay B.Ya., Kyy V.V.** (2017): *Obosnovanye peremeshcheny manipulyatora na obsluzhyvanny uchastka lesopromyshlennoho sklada* [Rationale of the manipulator's movements on the maintenance of the site of the timber warehouse]. *Logging production: problems and solutions: materials of the international scientific and technical conference, Minsk, April 26-28, 2017.* – Minsk: BSU. – P. 104-107.
4. **Dunas S.** (2014): *Otsinku ryzykiv – u praktyku* [Risk assessment – in practice]. – Labor protection 1: 8-9.
5. **Konventsyy o bezopasnosti y hyhyene truda y proyzvodstvennoy sredy** [Convention on Safety and Health at Work and Industrial Environment] (1997) : International Labor Protection Law. – K.: Basis. – Vol. 1: 376-382.
6. **Rukovodstvo po systemam upravlenyya okhrany truda** [Manual on Occupational Safety and Health Management Systems] (2003) :: ILO – SWOT 2001 // ILO – OSH 2001. – Geneva: ILO, 2003. – 28 p.
7. **Systema upravlinnya bezpekoyu ta hihiyenoyu pratsi. Vymohy** [Occupational Health and Safety Management System. Requirements] (2007): DSTU-P OHSAS 18001// Occupational Health. Library of labor protection specialist 10: 2-14.
8. **Gogitashvili G.G., Karchevski E.T., Lapin V.M.** (2007): *Upravlinnya okhoronoyu pratsi ta ryzykom za mizhnarodnyimi standartamy* [Managing Occupational Safety and Risk by International Standards]. – Textbook. – K.: Knowledge. – 367 p.
9. **Chumakova N.** (2016): *Ryzyk-oriyentovanyy pidkhid v Ukraini* [The risk-oriented approach in Ukraine]. – Labor protection 1: 8-11.

UDC 331.456:630.90

*Head of Laboratory for Labor Protection V.V. Gilpert  
– Ukrtsentrkadrylis*

### **Experience of risk management implementation in hygiene and labour safety and possibility of its implementation at forestry units in Ukraine**

The world experience of level minimization for workplace injuries and professional diseases is considered. The prospective of risk-oriented approach principles implementation into the national legislation in the field of labour safety are pointed out. It is highlighted that the system of labour safety and risk management implemented in 2015 in forestry has become a new turn to the modern approaches to transform the system of labour safety management at forestry units. The range of measures is proposed to support the certification of systems of hygiene and labour safety management in accordance with the new standard ISO 45001.

**Key words:** risk management, hygiene and labour safety, forestry

## РАЦІОНАЛЬНІ РЕЖИМИ ЗАГОСТРЮВАННЯ БАГАТОЧАШКОВИМ АБРАЗИВНИМ КРУГОМ З ПЛАНІТАРНИМ ПРИВОДОМ

Особливістю загострювання луцильних та шпоностругальних ножів є те, що вони мають широку задньою поверхнею, малі кути загострювання та велику довжину. Велика зона контакту абразивного круга з поверхнею ножа призводить до утворення високих температур на поверхні ножа. В результаті чого змінюються початкові властивості леза, відбувається його припалювання, виникають великі задирки, мікротріщини, викришування та інші дефекти. Наявні рекомендації щодо раціональних режимів загострення та доводіння дереворізальних інструментів, зокрема луцильних і шпоностругальних ножів, частково вирішують цю проблему, але суттєво зменшують продуктивність процесу загострення. Ця проблема вирішується використанням багато чашкових абразивних кругів які є одним із варіантів перервного шліфування. Встановлено що на температуру поверхні ножів впливає три основних впливових чинники: швидкість різання у м/с; швидкості подачі круга у м/хв.; подачі круга на врізання у мм. Але відмінності у розмірностях впливових чинників не дозволяють розглянути їх в одній системі координат. Запропоновано розмірності впливових чинників перевести у нормалізований вигляд і сумістити їх в одну систему координат, визначити рівняння регресії, дослідити його на екстремум і знайти раціональні режими загострювання. Показано що залежності температури поверхні ножа від швидкості різання, швидкості подачі круга і подачі на врізання мають експоненціальну залежність а залежність сумарної температури ножа має поліноміальну залежність. Після прирівнювання цієї залежності до нуля і диференціювання отримали величину оптимального значення впливових чинників у нормалізованому вигляді – 0,3075757. Після переведення цього значення у явний вигляд одержали раціональні режими різання: швидкість різання – 38,075757 м/с.; швидкість подачі круга – 9,2303028 м/хв.; подача круга на врізання – 0,137681813 мм. Впровадження цих режимів загострювання дозволяє зменшити температуру поверхні ножа до 377,3374 °С, зменшити тривалість загострювання, підвищити тривкість ножа щодо затуплення і тим самим підвищити продуктивність луцильного верстата.

**Ключові слова:** лезо ножа; абразивний інструмент; поверхня ножа; температура ножа; режими загострювання; продуктивність процесу.

**Стан питання.** Якість поверхні лушеного та струганого шпону є одним з визначальних чинників його сортності та в основному залежить від підготовки до роботи різальних інструментів луцильних та шпоностругальних верстатів. Загострення цих інструментів, зокрема луцильних та шпоностругальних ножів є відповідальною операцією, як під час виготовлення цих інструментів, так і під час відновлення їх різальних властивостей після затуплення. Від якості загострювання інструменту залежить продуктивність праці і вартість оброблення заготовок, період тривкості й величина зношення інструменту [1].

Висока якість поверхні, гострота різальних кромок, відсутність припалювання, точність геометричних параметрів, забезпечення підвищеної тривкості інструментів можливе лише у разі правильного поєднання характеристики абразивного круга та режимів загострювання. При цьому і режими загострювання, і характеристика абразивного круга повинні відповідати хімічному складу сталі інструменту, способу охолодження та іншим факторам.

Режими загострення ножів (співвідношення величин колової швидкості обертання шліфувального круга  $V$ , м/с, швидкості поздовжньої подачі шліфувального круга відносно ножа  $V_s$ , м/хв; вертикальної подачі шліфувального круга на глибину врізання  $S_{\text{поп.}}$ , мм) повинні забезпечити задане значення кутових пара-



метрів різальної кромки, необхідну гостроту леза та відсутність задирок, припалювань, викришувань, шліфувальних тріщин та інших дефектів, зберігання початкових властивостей леза, обумовлених хімічним складом і термічним обробленням сталі, високу чистоту оброблення різальних поверхонь, високу продуктивність і мінімальну витрату абразивного інструмента.

### Результати та обговорення.

Результати проведених досліджень оброблені за ужитковою програмою «REGK3N14» дозволили одержати рівняння регресії у нормалізованому вигляді

$$T = 395,5797 + 68 \cdot X_1 - 184,4 \cdot X_2 + 49,4 \cdot X_3 + 22,56562 \cdot X_1^2 + 68,56562 \cdot X_2^2 + 11,56562 \cdot X_3^2 - 1,00 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,5 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,5 \cdot X_2 \cdot X_3 + 1,5 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3. \quad (1)$$

де  $X_1, X_2, X_3$  – чинники, що впливають на температуру ножа у нормалізованому вигляді;  $v$  – швидкість різання;  $v_s$  – швидкість подачі круга, м/хв.;  $S_{\text{поп}}$  – величина подачі на врізання, мм).

Переведення факторів у кодові значення здійснювали за формулами

$$X_1 = (v - v_{(0)}) / (\Delta v); \quad X_2 = (v_s - v_{s(0)}) / (\Delta v_s); \quad X_3 = (S_{\text{поп}} - S_{\text{поп}(0)}) / (\Delta S_{\text{поп}}). \quad (2)$$

$$v_{(0)} = (v_{\text{max}} + v_{\text{min}}) / 2; \quad v_{s(0)} = (v_{s\text{max}} + v_{s\text{min}}) / 2; \quad S_{\text{поп}(0)} = (S_{\text{попmax}} + S_{\text{попmin}}) / 2. \quad (3)$$

де:  $v$  – поточна величина швидкості різання;  $v_{(0)}$  – середнє значення швидкості різання;  $\Delta v$  – інтервал зміни швидкості різання;  $v_s$  – поточна величина швидкості подачі круга;  $v_{s(0)}$  – середнє значення швидкості подачі круга;  $\Delta v_s$  – інтервал зміни швидкості подачі круга;  $S_{\text{поп}}$  – поточна величина подачі круга на врізання;  $S_{\text{поп}(0)}$  – середнє значення подачі круга на врізання;  $\Delta S_{\text{поп}}$  – інтервал зміни подачі круга на врізання.

Теоретичні та експериментальні дослідження наведені вище встановлюють залежності між температурою поверхні ножа і основними впливовими чинниками [2]. Але відмінності у розмірностях впливових чинників не дозволяють розглянути їх в одній системі координат. Якщо розмірності впливових чинників перевести у нормалізований вигляд за залежностями (2, 3), то тоді їх можна сумістити в одну систему координат, визначити рівняння регресії у нормалізованому вигляді, дослідити його на екстремум і знайти раціональні режими загострювання. Результати експериментальних досліджень залежності температури поверхні ножа у системі нормалізованих координат наведені у табл. 1.

**Таблиця 1. Залежність температури. поверхні ножа від впливових чинників**

Температура ножа	Координати чинників у нормалізованому вигляді				
	-1	-0,5	0	0,5	1
$T=f(V)$	60	80	110	142	200
$T=f(V_s)$	450	320	192	131	86
$T=f(S_{\text{поп}})$	48	60	88	112	150
$T_{\Sigma}$	558	460	390	385	436

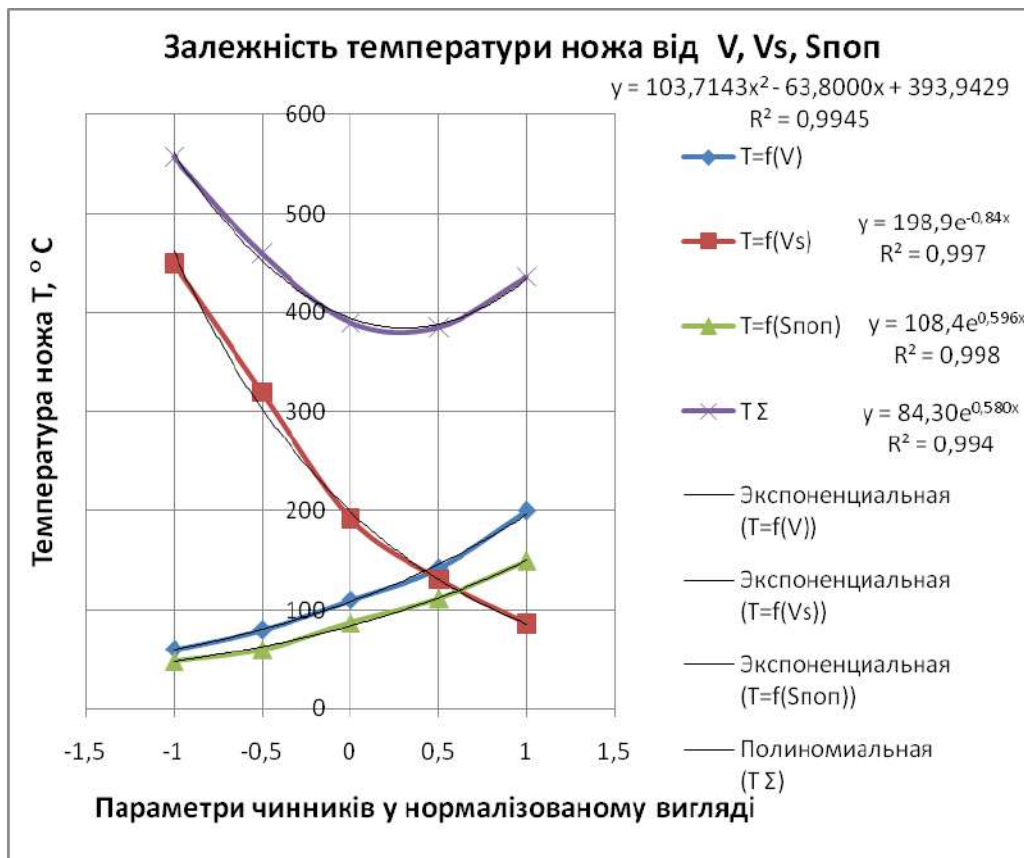
Залежність температури ножа від швидкості різання, швидкості подачі круга і подачі на врізання має експоненціальну залежність а залежність сумарної температури ножа має поліноміальну залежність у вигляді параболи [3]

$$T_{\Sigma} = 103,7143 \cdot X^2 - 63,8 \cdot X + 393,9429. \quad (4)$$

Показник достовірності адекватності лінії тренду рівняння (4),  $R^2 = 0,9945$ .

Дослідження рівняння (4) на екстремум дозволяє визначити координату мінімальної температури. Графічна залежність температури поверхні луцильного

ножа від впливових чинників дає можливість наглядно побачити форми залежностей (рис. 1)



**Рис. 1. Залежність температури ножа від швидкості різання, швидкості подачі і подачі на врізання у системі нормалізованих координат**

Після прирівнювання до нуля і диференціювання отримали:

$$103,7143 \times 2 \times X - 63,8 = 0; \quad X = 63,8 / (103,7143 \times 2) = 0,3075757$$

Використовуючи рівняння (2, 3) одержали значення чинників у явному вигляді [4].

Для швидкості різання

$$V = X \cdot \Delta_v + V_0; \quad V = 0,3075757 \times 10 + 35 = 38,075757 \text{ м/с.}$$

Для швидкості подачі

$$V_s = X \cdot \Delta_{vs} + V_{s0}; \quad V_s = 0,3075757 \times 4 + 8 = 9,2303028 \text{ м/хв..}$$

Для подачі на врізання

$$S_{\text{поп}} = X \cdot \Delta_{\text{Sпоп}} + V_{0\text{Sпоп}}; \quad S_{\text{поп}} = 0,3075757 \times 0,09 + 0,11 = 0,137681813 \text{ мм.}$$

Впровадження цих режимів загострювання дозволяє зменшити температуру поверхні ножа до  $T_{\text{мін}} = 103,7143 \cdot X^2 - 63,8 \cdot X + 393,9429 =$

$$= 103,7143 \times 0,3075757^2 - 63,8 \times 0,3075757 + 393,9429 = 377,3374 \text{ °C}$$

Якщо врахувати помилку середнього приймаємо, що мінімальна температура поверхні ножа знаходиться у межах 370...385 °C [5].

**Висновок.** Аналіз виконаних досліджувань температури поверхні луцильного ножа під час загострювання багаточашковим абразивним кругом з планетарним приводом чашок дозволяє відмітити:

1. Залежності температури поверхні ножа від швидкості різання, швидкості подачі круга і подачі на врізання мають експоненціальну залежність, а залежність сумарної температури має параболічну залежність.

2. Відмінності розмірностей впливових чинників не дозволяють розглянути їх в одній системі координат. Якщо розмірності впливових чинників перевести у нормалізований вигляд, то тоді їх можна сумістити в одну систему координат.

3. Проведені дослідження дозволили оптимізувати процес загострювання луцильних ножів і визначити раціональні режими шліфування.

## Література

1. **Kiryk M.D., Grigoriev A.S.** (2013): *Pidgotovlennya derevorizalnih instrumentiv do roboti ta yih ekspluataciya* [Preparing wood-cutting tools before the robot and their operation]. – Textbook. – Lviv: UNFU. – 342 p., (in Ukrainian).

2. **Gritsay I.E.** (2018): *Teoriya rizannya. Lezove ta abrazivne obroblennya metaliv* [Theory of cutting. Blades and Abrasives Processing]. – Tutorial. – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic. - 322 p., (in Ukrainian).

3. **Pylypchuk M.I., Grigoriev A.S., Shostak V.V.** (2007): *Osnovy naukovykh doslidzhen* [Fundamentals of scientific research]. – Kyiv. – 270 p, (in Ukrainian).

4. **Yakimov O.O.** (2006): *Teplovi procesi pri prerivchastomu shlifuvanni* [Thermal processes in intermittent grinding]. Intercollegiate collection “Scientific notes”. – Lutsk. – 18: 447-452, (in Ukrainian).

5. **Ozymok Yu.I.** (2013): *Osoblivosti zagostrennya nozhiv z shirokoyu zadnoyu poverhneyu* [Features of sharpening of knives with a wide back surface]. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 29: 97-101, (in Ukrainian).

UDC 674.053:621.93.024.74

*I.O. Ben – UNFU*

### **Rational models of acceleration of multi-purple abrasive circuit with planetary drive**

The sharpening feature of peeling and pruning knives is that they have a wide back surface, small sharpening angles and a large length. The large contact area of the abrasive wheel with the blade surface causes high temperatures to form on the blade surface. As a result, the initial properties of the blade change, its ignition occurs, there are large burrs, microcracks, chipping and other defects. The recommendations available for rational sharpening and fine-tuning of wood-cutting tools, in particular peeling and milling cutters, partially address this problem but significantly reduce the performance of the sharpening process. This problem is solved by the use of many cup abrasive wheels, which is an option for continuous grinding. It is established that the knife surface temperature is influenced by three main influencing factors: cutting speed in m / s; feed rate of the circle in m / min. ; feed circle on the cut in mm. But differences in the dimensions of influential factors do not allow to consider them in one coordinate system. It is suggested to translate the dimensions of influential factors into a normalized form and combine them into one coordinate system, determine the regression equation, investigate it for the extremum and find rational modes of exacerbation. It is shown that the dependences of the surface temperature of the knife on the cutting speed, the feed rate of the circle and the feed on the cutting have an exponential dependence and the dependence of the total knife temperature has a polynomial dependence. After equating this dependence to zero and differentiating, we obtained the value of the optimal value of the influencing factors in the normalized form = 0,3075757. After translating this value into rational form, rational cutting modes were obtained: cutting speed – 38,075757 m/s; feed rate of the circle – 9,2303028 m/min; feed circle for cutting – 0,137681813 mm. The introduction of these sharpening modes allows to reduce the surface temperature of the knife to 377,337 °C, to reduce the duration of sharpening, to increase the durability of the knife with respect to blunting, and thus to increase the productivity of the peeling machine.

**Keywords:** knife blade; abrasive tool; knife surface; knife temperature; Sharpening modes; process performance

*Доц. І.Д. Іванюк канд. с.-г. наук – Малинський лісотехнічний коледж;  
доц. Т.М. Іванюк, канд. с.-г. наук – Поліський національний університет*  
doi: <https://doi.org/10.36930/42184405>

## ДИНАМІКА ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТІВ У ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ РОСЛИННОСТІ ДУБОВИХ ЛІСІВ ПОЛІССЯ УКРАЇНИ

Проведено дослідження щодо встановлення динаміки екологічних параметрів ґрунту методом фітоіндикації на основі повних геоботанічних описів у дубових насадженнях вологих сугурдів Полісся. В процесі досліджень аналізувалась динаміка: вологості ґрунту (Нd; режиму вологості ґрунту (fH); амплітуди кислотності ґрунту (Rc); амплітуди кількості карбонатів кальцію (Ca) та магнію (Mg); кількості мінерального азоту (Nt); аерованості ґрунту (Ae). Встановлено, що після суцільних зрубів показники ґрунтових параметрів змінюються, як в сторону збільшення так і в сторону зменшення. Основною причиною цього вірогідно є видалення едифікаційного ярусу - деревостану, який характеризується, у тому числі, значною поглинальною здатністю. Протягом процесу росту деревостанів, з віком, прослідковується чітка тенденція до повернення рівня ґрунтових показників до вихідних значень, які характерні для стиглих субкліматських насаджень дуба звичайного. Такий процес, у дубових насадженнях, розпочинається після змикання крон та утворення власного намету. Більшість ґрунтових показників, у балах, характеризувались вузьким діапазоном значень. Загалом, отримані дані щодо фітоіндикації екологічних параметрів місце оселень вказують на наявність в умовах вологих сугурдів Полісся чітко вираженого тренду після проведення суцільних рубок у процесі відновлення біорізноманіття дубових насаджень.

**Ключові слова:** зруб, вологість ґрунту, кислотність ґрунту, карбонати Ca та Mg, мінеральний азот, аерованість ґрунту, вологий сугруд.

**Постановка проблеми.** Після проведення суцільно-лісосічних рубок головного користування у насадженнях дуба звичайного відбуваються суттєві зміни в екологічних параметрах ґрунтів, у тому числі, у численних показниках та режимі їх вологості. Такий процес пов'язаний зі змінами, які відбуваються у рослинному покриві, лісовій підстилці та у верхньому шарі ґрунту.

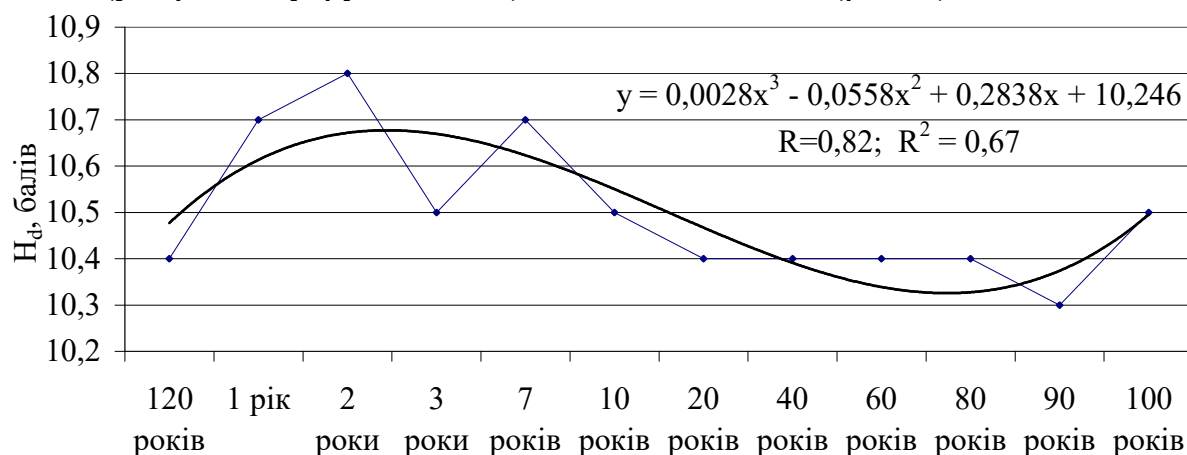
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальновідомо, що рослинний покрив виступає індикатором екологічних характеристик місцеоселень, на що вказували численні дослідники (Розенберг Г.С., 1976), Цыганов Д.Н, 1983), Дидух Я.П., Емшанов Д.Г., Школьников Ю.А., 1997), Ведмідь М. М., Шкудор В. Д., Бузун В. О., 2008). Для оцінки показників екологічних параметрів ґрунту, як правило, використовувався весь видовий склад фітоценозу (Дідух Я.П., Плюта П.Г. 1994). Екологічний вплив суцільних рубок на лісові екосистеми бореального типу проаналізували канадські дослідники (Keenan & Kimmins, 1993) – на мікроклімат, водний баланс, фізичні, фізико-хімічні та агрохімічні властивості ґрунтів, цикли елементів живлення, біорізноманіття рослин та тварин.

Для лісів Північної Америки наведено дані, що на зрубках видалення едифікаційного ярусу – деревостану та залишення порубочних решток зумовлює зростання рН, доступності кальцію, магнію, калію та мінералізацію азоту (Palvainen M., Finer L., Kurka A.-M., 2004). Фінські дослідники вивчали баланс головних елементів живлення у різних горизонтах ґрунтів на суцільних зрубках хвойних лісів. Продемонстровано, що у ілювіальній горизонт в перший рік після рубки вмивається значна кількість вуглецю, фосфору, калію, а азот і кальцій – вимиваються у нижчі горизонти ґрунту (Pagonu H., 1992).

**Мета, завдання та методи дослідження.** Дослідження були спрямовані на вивчення динаміки основних екологічних параметрів едотопів у процесі відновлення рослинності дубових лісів після суцільно-лісосічних рубань через фітоіндикацію ґрунтових параметрів. З цією метою було проведено повні геоботанічні описи динамічних рядів рослинності на основі яких виконана бальна оцінка екологічних факторів для умов сугурдів Полісся.

Фітоіндикацію екологічних умов у материнських насадженнях, на зрубках та у лісових культурах дуба різного віку проводили за методикою, розробленою Я. П. Дідухом, П. Г. Плютою, (1994) з використанням розробленої ними програми синфітоіндикації «Sphyt». Кількісні значення балів досліджених екологічних параметрів для кожного виду взято з монографії Дідуха Я. П. (Diduch Ya.P., 2011), саме на їх основі розраховували бали екологічних параметрів для кожного конкретного геоботанічного опису та провели узагальнення.

**Результати досліджень.** Аналіз динаміки ґрунтових параметрів було розпочато із розгляду режиму вологості та його рівня, як суттєвих чинників забезпечення нормального росту дубових насаджень. Отримані результати показують, що у вологих сугрудах вологість ґрунту ( $H_d$ ) характеризується вузьким діапазоном балів – від  $10,30 \pm 0,12$  у 90 років до  $10,80 \pm 0,20$  у 2 роки. Даний факт свідчить про формування, в даних умовах, від субмезофітних лісо-лучних екотопів до мезофітних свіжих лісо-лучних екотопів з повним промочуванням кореневмісного шару ґрунту. У материнських 120-річних насадженнях величина  $H_d$  дорівнювала  $10,40 \pm 0,12$  бали, зростаючи до  $10,70 \pm 0,15$  бали на 1-річних зрубках та до  $10,80 \pm 0,20$  у 2-річних рослинних угрупованнях. Причинами цього є видалення деревостану, який характеризувався значною потужністю поглинання води з ґрунту, а також формування мікрорельєфу борозен та проміжків між ними, що призвело до зростання у борознах низки видів, характерних для болотної рослинності: череди листяної, ситника скупченого, вербозілля звичайного та ін. Однак, у 3-річних рослинних угрупованнях, де збільшується проективне покриття трав'яно-чагарничкового ярусу та починається його відновлення, величина  $H_d$  зменшується до  $10,50 \pm 0,15$  бали. Окремий пік цього показника спостерігається перед періодом змикання (у 7-річних угрупованнях) –  $10,70 \pm 0,21$  бали. (рис. 1).



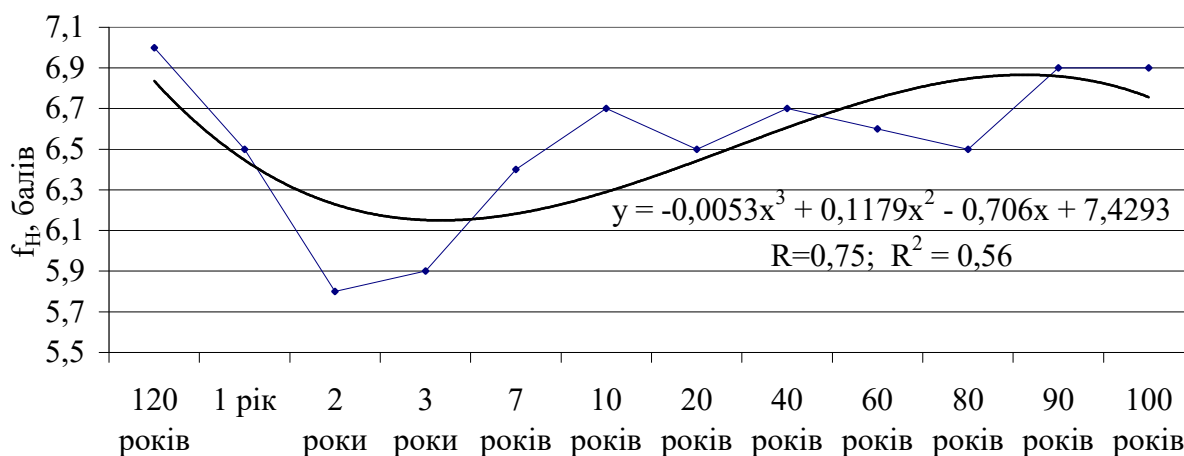
**Рис. 1. Динаміка вологості ґрунту (у балах) у процесі відновлення лісової рослинності після суцільних рубок у вологих сугрудах**

Найкраще сформованим рослинним покривом у дубових лісах вологих сугурдів характеризуються 90-річні ценози. Вони мають високу повноту деревоста-

ну, добре виражені решту ярусів рослинності, що зумовлює значну водопоглинаючу дію фітоценозу та відповідно, зменшення вологості ґрунту до мінімальної величини –  $10,30 \pm 0,12$  бали. Але у віці 100 років, коли, як правило, повнота деревостану зменшується, відбувається підвищення вологості ґрунту до  $10,50 \pm 0,21$  бали. Значення вологості ґрунту у балах у динамічному ряду ценозів, апроксимовані поліномом третього ступеня, високої тісноти –  $R^2=0,67$ . Крім вологості ґрунту, для всіх суходільних екосистем, в т. ч. лісових, важливим параметром є режим зволоження ( $fH$ ), який характеризує його перемінність (Дідух Я.П., Плюта П.Г., 1994).

Амплітуда значень режиму вологості ґрунту ( $fH$ ) у досліджуваному динамічному ряду ценозів становила від  $5,80 \pm 0,15$  бали у 2-річних угрупованнях до  $7,00 \pm 0,15$  балів у материнських 120-річних біогеоценозах, що відповідає гемігідроконтрастофобним екотопам (свіжим та вологим лісо-лучним екотопам з помірним нерівномірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту протягом року) (рис.2). Від 120-річних ценозів до 2-річних рослинних угруповань значення  $fH$  зменшується, у наступний період – з 3-річних угруповань до 10-річних ценозів – збільшується з  $5,90 \pm 0,15$  до  $6,70 \pm 0,10$  бали, виходячи на рівень 6,60-6,70 бали у 40-річних ценозах. Збільшення даного показника до  $6,90 \pm 0,03$  бали відбувається у біогеоценозах, віком 90 -100 років.

У вологих сугрудах в період до змикання крон спостерігається падіння показника режиму вологості ґрунту, після змикання різке зростання, яке з певними коливаннями продовжується до віку стиглості.



**Рис. 2. Динаміка режиму вологості ґрунту (у балах) у процесі відновлення лісової рослинності після суцільних рубок у вологих сугрудах**

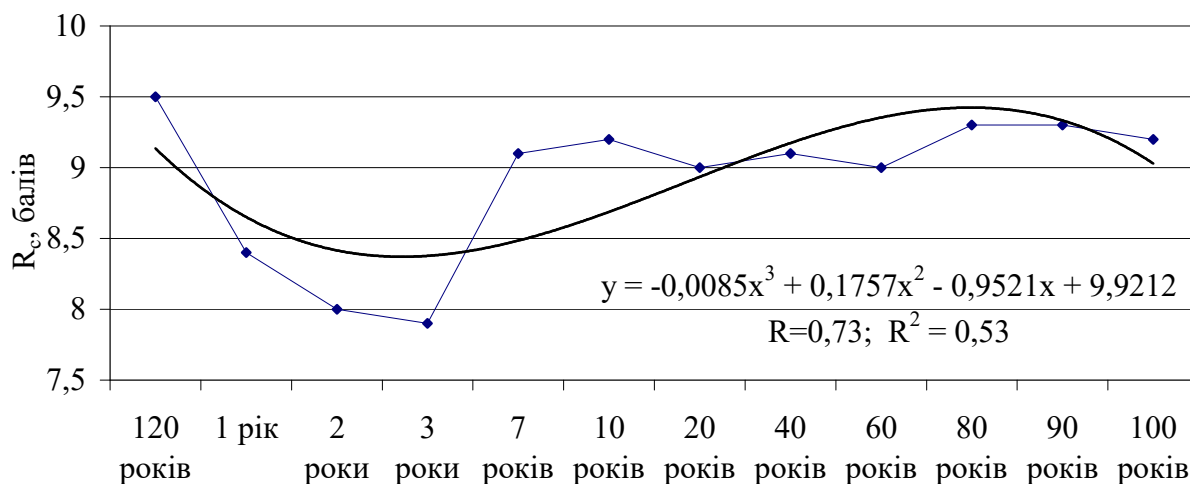
Значення режиму вологості ґрунту у балах у динамічному ряду ценозів апроксимовані поліномом третього ступеня, високої тісноти –  $R^2=0,56$  (рис. 2).

Кислотність ґрунту ( $Rc$ ) у більшості лісових екосистем Українського Полісся відзначається низькими показниками, що зумовлено складною взаємодією рослинного покриву з лісовою підстилкою та ґрунтом.

У динамічному ряду ценозів дубових лісів у вологих сугрудах амплітуда кислотності ґрунту ( $Rc$ ) знаходилася у межах 7,90-9,50 балів, що відповідає коливанням ґрунтових умов від субацидофільних (слабокисліґрунти з  $pH=5,5-6,5$ ) до нейтрофільних ( $pH=6,5-7,1$ ) (рис.3). Найменша кислотність ґрунту в досліджуваному динамічному ряду ценозів дубових лісів властива материнським 120-річним біогеоценозам –  $9,50 \pm 0,10$  балів, що зумовлено переважанням у головних ярусах

рослинності видів, які формують опад з нейтральною або слабокислою реакцією – дуба звичайного, крушини ламкої, осоки трясуцковидної.

Після проведення суцільної рубки головного користування відбувається подрібнення лісової підстилки та її перемішування з верхніми гумусованими шарами мінерального ґрунту (мінералізація), у результаті чого його кислотність поступово збільшується, відповідно, середні значення балів кислотності ґрунту зменшуються з  $8,40 \pm 0,15$  балів в 1-річних угрупованнях до  $7,90 \pm 0,20$  балів – у 3-річних угрупованнях.

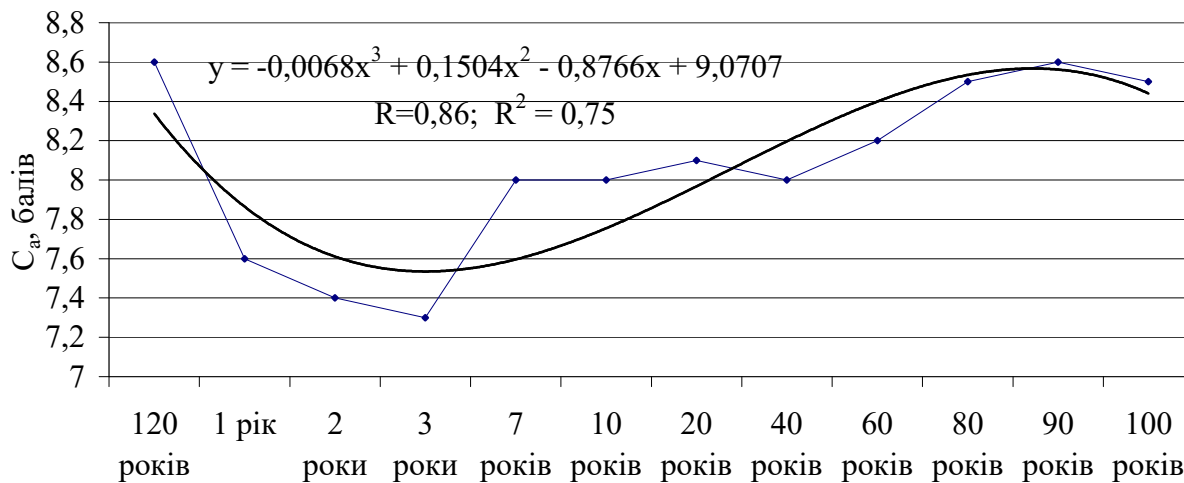


**Рис. 3. Динаміка кислотності ґрунту (у балах) у процесі відновлення лісової рослинності після суцільних рубок у вологих сугрудах**

У період змикання крон дерев (у віці 7 та 10 років) значною мірою відновлюється типовий лісовий ґрунотвірний процес, що призводить до зменшення кислотності ґрунту та зростання значень балів кислотності до  $9,10 \pm 0,17$  та  $9,20 \pm 0,06$  балів відповідно. Після змикання крон деревостану амплітуда значень кислотності ґрунту є незначною – у межах 9,0-9,3 балів. Значення кислотності ґрунту у балах у динамічному ряду ценозів апроксимовані поліномом третього ступеня, високої тісноти –  $R^2=0,53$  (рис. 3).

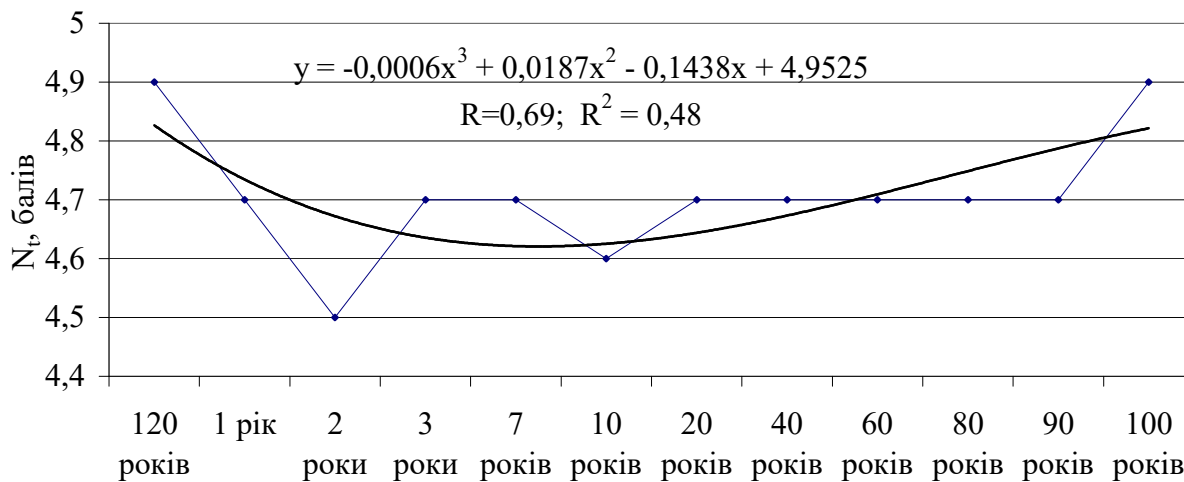
Кількість карбонатів кальцію та магнію у ґрунті є основою ґрунтового поглинаючого комплексу, тому також характеризується як складова трофності ґрунту (Дідух Я.П., Плюта П.Г., 1994).

У динамічному ряду ценозів дубових лісів у вологих сугрудах амплітуда кількості карбонатів кальцію та магнію у ґрунті знаходилася у досить вузькому діапазоні – від  $7,30 \pm 0,12$  до  $8,60 \pm 0,10$  балів (рис. 4). Це дозволяє їх віднести від акарбонатофільних (нейтральних екоотопів, із незначним вмістом карбонатів ( $Ca, Mg = 0,5-1,5\%$  у ґрунті)) до гемікарбонатофільних (збагачених карбонатами ( $Ca, Mg = 1,5-5\%$  у ґрунті)). Зокрема, максимальний вміст карбонатів кальцію та магнію є властивим для материнських 120-річних дубових лісів –  $8,60 \pm 0,10$  балів. Різке зменшення згаданого показника відбувається внаслідок суцільної рубки, зокрема, в 1-річних насадженнях даний показник зменшується до  $7,60 \pm 0,15$ ; у 2-річних – до  $7,40 \pm 0,15$ ; у 3-річних – до  $7,30 \pm 0,12$  балів. У період змикання крон молодого деревостану у віці 7 років вміст карбонатів кальцію і магнію різко збільшується (до  $8,00 \pm 0,20$  балів), а далі – до  $8,10 \pm 0,15$  балів – у 20-річних ценозах і до  $8,50 \pm 0,10$  як у 90-річних, так і 120-річних ценозах.



**Рис. 4. Динаміка кількості карбонатів Ca та Mg у ґрунті (у балах) у процесі відновлення лісової рослинності на суцільних зрубках у вологих сугрудах**

Значення кількості карбонатів кальцію і магнію у ґрунті у балах у динамічному ряду ценозів апроксимовані поліномом третього ступеня, високої тісноти –  $R^2=0,75$  (рис. 4.). Досліджуваний динамічний ряд ценозів показав, що значення кількості мінерального азоту ( $N_t$ ) у ґрунті знаходиться в діапазоні – від  $4,50 \pm 0,15$  до  $4,90 \pm 0,15$  балів, що відповідає гемінітрофільним ґрунтам, відносно бідним на мінеральний азот (0,2-0,3 (0,5)%). Максимальні значення названого показника були властиві 100-річним та 120-річним дубовим біогеоценозам –  $4,90 \pm 0,15$  балів (рис. 5).

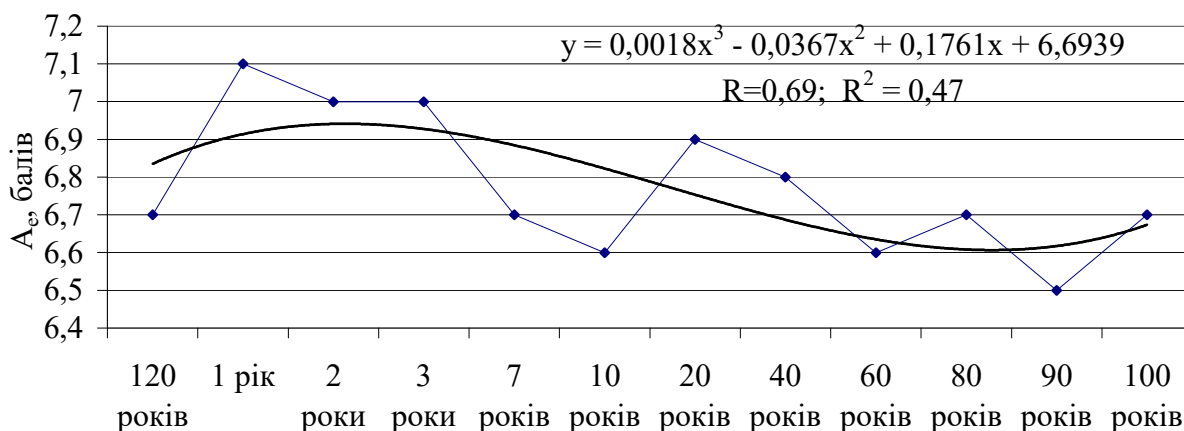


**Рис. 5. Динаміка кількості мінерального азоту у ґрунті у процесі відновлення лісової рослинності після суцільних рубок у вологих сугрудах**

Зменшення цього показника спостерігалось в 1-річних та 2-річних угрупованнях – до  $4,70 \pm 0,06$  та  $4,50 \pm 0,15$  балів відповідно. Найбільш вірогідно, згадане явище пов'язане зі швидкістю розкладу решток рослин на зрубках. Після 2-х років, коли відбувся розклад рослинного опаду, спостерігається викид азоту у ґрунт у віці 3 роки, що викликає збільшення кількості мінерального азоту до  $4,70 \pm 0,12$  балів. На цьому рівні досліджуваний показник залишався у вікових групах від 20 років до 90 років, після чого збільшувався до  $4,90 \pm 0,15$  балів у віці 100 років. Значення кількості мінерального азоту у ґрунті у балах у динамічному ряду ценозів, який аналізується (рис. 5), апроксимовані поліномом третього ступеня, середньої тісноти –  $R^2=0,48$ . Лісові ґрунти дубових лісів Українського Полісся є,



як правило, структурними, від супіщаних і піщано-глинистих до суглинистих, що суттєво впливає на їх аерованість ( $A_e$ ). Порівняльний аналіз даних демонструє високий ступінь співпадіння динаміки вологості ґрунту ( $H_d$ ) та його аерованості ( $A_e$ ). Аерованість ґрунту ( $A_e$ ) у досліджуваному динамічному ряду ценозів характеризується вузьким діапазоном значень – 6,6-7,1 (рис. 6).



**Рис. 6.** Динаміка аерованості ґрунту (у балах) у процесі відновлення лісової рослинності після суцільних рубок у вологих сугрудах

Тобто за фітоіндикаційною оцінкою ці ґрунти можна віднести від субаерофільних (добре аеровані супіщані ґрунти при незначному або помірному промочуванні кореневмісного шару) до геміаерофобних (помірно аеровані ґрунти з повним промочуванням кореневмісного шару). Аерованість ґрунту у материнських 120-річних біогеоценозах становила  $6,70 \pm 0,12$  балів. Після проведення суцільної рубки головного користування у перші три роки спостерігалися максимальні значення досліджуваного показника – в 1-річних угрупованнях –  $7,10 \pm 0,15$  балів, 2-річних –  $6,90 \pm 0,21$ , 3-річних –  $7,00 \pm 0,21$  балів. Проте, вже перед періодом змикання крон молодого деревостану аерованість ґрунту значно зменшується – у 7-річних ценозах – до  $6,70 \pm 0,17$  балів, а у період змикання крон у 10-річних ценозах – до  $6,60 \pm 0,10$  балів. Від 10-річних до 20-річних ценозів аерованість ґрунту зростає до  $6,90 \pm 0,12$  балів, а у ценозах після 40 років – поступово зменшується з  $6,80 \pm 0,03$  балів до  $6,50 \pm 0,03$  балів у 90-річних ценозах.

Значення аерованості ґрунту у балах у досліджуваному динамічному ряду ценозів (рис. 6), апроксимовані поліномом третього ступеня, середньої тісноти –  $R^2 = 0,47$ . Величини усіх досліджуваних параметрів ґрунту та їх динаміка у динамічному ряду ценозів у процесі відновлення рослинності у вологих сугрудах характеризуються чітко вираженими трендами.

**Висновки.** Динаміка фіторізноманіття вказує на різку зміну всіх ґрунтових параметрів після видалення головного едифікаційного ярусу – деревостану та поступове їх відновлення у процесі росту і розвитку лісових культур дуба звичайного, що чітко прослідковується особливо в період після змикання крон та утворення власного намету.

1. У вологих сугрудах спостерігається значна подібність динаміки величин ряду ґрунтових параметрів у динамічному ряду ценозів після суцільної рубки, зокрема, режиму зволоження ґрунту, кислотності ґрунту, кількості солей у ґрунті, кількості карбонатів кальцію і магнію у ґрунті, вмісту мінерального азоту у ґрунті.

2. Тренди значень кожного з досліджених ґрунтових параметрів (у балах) у динамічному ряду ценозів після суцільних рубок у процесі відновлення рослинності задовільно апроксимувалися поліномом третього ступеня, за таких умов більшості випадків зв'язки величин параметрів з тривалістю періоду після суцільної рубки були високої тісноти і лише, як виключення – середньої тісноти.

## Література

1. **Bear M.M., Shkudor V.D., Buzun V.O.** (2008) *Vidnovlennya pryrodnykh lisostaniv Zakhidnoho Polissya* [Restoration of natural forests of Western Polissya]. – Zhytomyr. – 304 p. (in Ukrainian).
2. **Didukh J.P., Plyuta P.G.** (1994) *Fitoindykatsiya ekolohichnykh faktoriv* [Phytoindication of ecological factors]. – Kyiv. – 280 p. (in Ukrainian).
3. **Didukh Ya.P., Emshanov D.G., Shkolnikov Yu.A.** (1997) *Yspolzovanye fytoyndykatsyonnykh otsenok pry yzuchenyy struktury lesnykh ékosystem* [Use of phytoindication assessments in the study of the structure of forest ecosystems] *Ecology*. – Vol. 5. – P. 353-360. (in Russian).
4. **Tsyganov D.N.** (1983) *Fytoyndykatsyya ékolohycheskykh faktorov v podzone khvoynno-shyrokolystvennykh lesov* [Phytoindication of ecological factors in the subzone of coniferous-deciduous forests]. – Moscow. – 198 p. (in Russian).
5. **Rosenberg G.S.** (1976) *Nekotorye voprosy optymyzatsyy protsessa raspoznavanyya uslovyi sredi po rastytelnosti* [Some questions of optimization of process of recognition of conditions of environment on vegetation] *Aspects of optimization of quantitative researches of vegetation*. – Ufa. – P. 6-34. (in Russian).
6. **Keenan R.J., Kimmins J.P.** (1993) The ecological effects of clear-cutting / *Environmental Review*. – Vol. 1. – P. 121-144.
7. **Pagony H.** (1992) Oak decline in Hungary: reduction in vitality of sessile oak stands / *All genreine Forst Zeitschrift* 47:2. – P. 98-99.
8. **Palvainen M., Finer L., Kurka A.-M. et al.** (2004) Decomposition and nutrient release from logging residues after clear-cutting of mixed boreal forest / *Plant and Soil*. – Vol. 263. – P. 53-67.
9. **Diduch Ya.P.** (2011) The ecological scales for the species of Ukrainian flora and the iruse in synphy to indication. – Kyiv. – 176 p.

UDC 630. 631.41(477.41/42)

*Assoc. prof. I.D. Ivanyuk – Malinsky Forestry College;  
assoc. prof. T.M. Ivanyuk – Polissya National University*

### **Dynamics of ecological soil parameters in the process of vegetation of oak forests' restoration of polissia of Ukraine**

A study was conducted to establish the dynamics of ecological parameters of soil by phytoindication method on the basis of complete geobotanical descriptions in oak plantations of wet forest conditions of Polissia. The research analyzed the dynamics of: soil moisture (Hd; soil moisture regime (fH); soil acidity amplitudes (Rc); amplitudes of the amount of calcium carbonates (Ca) and magnesium (Mg); the amount of mineral nitrogen (Nt); soil aeration (Ae). It is established that after continuous fellings the indicators of soil parameters change both in the direction of increase and in the direction of decrease. The main reason for this is probably the removal of the edification layer - the stand, which is characterized by a significant absorption capacity. During the process of stands' growth, with age, there is a clear tendency to return the level of soil indicators to the original values that are characteristic of mature subclimax oak plantations. This process in oak plantations begins after the closure of the crowns and the formation of their own canopy. Most soil indicators in points were characterized by a narrow range of values. In general, the obtained data on phytoindication of ecological parameters of habitats indicate the presence of a clear trend in wet soil conditions of Polissia after continuous fellings in the process of restoring the biodiversity of oak plantations.

**Key words:** felling, soil moisture, soil acidity, Ca and Mg carbonates, mineral nitrogen, soil aeration, wet soil.

## ЩОДО МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТИ ПИЛОВОЇ СИРОВИНИ НА ВИГОТОВЛЕННЯ НЕОБРІЗНИХ ТА ОБРІЗНИХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Охарактеризовано особливості визначення об'єму та якості пилової сировини згідно з нормативними документами, які підлягають відміні з 01.01.2019 р. та з нормативними документами, які залишаються чинними. Визначення об'єму та якості пилової сировини за різними чинними нормативними документами неминуче створюватиме низку незручностей та конфліктних ситуацій між продавцями та споживачами, зокрема щодо вартості лісоматеріалів, встановлення нормативів витрати пилової сировини у виробництві пиломатеріалів, а також отримання сертифікату відповідності деревинної сировини для експортерів продукції з деревини. Розроблено методику експериментальних досліджень витрати пилової сировини на виготовлення необрізних та обрізних пиломатеріалів. Основні етапи розробленої методики передбачають вимірювання розмірів та встановлення групи якості колод перед їхнім розпилюванням, вимірювання розмірів випиляних з них пиломатеріалів з фіксацією в журналі обліку і статистичну обробку експериментальних даних. Рекомендовано методичну сітку дослідних розпилювань партій колод та розроблено журнали обліку пиломатеріалів та колод під час проведення експериментальних досліджень.

**Ключові слова:** пилова сировина, об'єм, пиломатеріали, нормативи витрати, методика.

**Постановка проблеми.** Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», виконуючи Програму діяльності Кабінету Міністрів України, затверджену постановою Кабінету Міністрів України № 695 від 09.12.2014 р., скасовує усі чинні в Україні міждержавні стандарти (ГОСТ), що розроблені до 1992 р., зокрема стандарти щодо технічних умов на лісоматеріали та пиломатеріали і правил визначення об'єму лісоматеріалів з 01.01.2019 р. [1-4].

Згідно з ГОСТ 9462-88 [5] та ГОСТ 9463-88 [6] лісоматеріали залежно від призначення повинні бути певної породи, розмірів та якості, зокрема за якістю лісоматеріали поділяють на три сорти (1, 2, 3). Об'єм лісоматеріалів визначають за таблицями наведеними у ГОСТ 2708-75 [7], при цьому вимірюють вершинний діаметр та довжину, згідно з правилами наведеними у ГОСТ 2292-88 [8].

Для класифікації лісоматеріалів за якістю на цей час, окрім ГОСТ 9462-88 [5] та ГОСТ 9463-88 [6], чинні такі нормативні документи: ДСТУ ENV 1927-1:2005 [9], ДСТУ ENV 1927-2:2005 [10], ДСТУ ENV 1927-3:2005 [11], ДСТУ EN 1316-1:2005 [12], ДСТУ EN 1316-3:2005 [13]. Пиловну сировину хвойних та листяних порід поділяють на чотири класи якості (А, В, С, D), за винятком тополі, для якої встановлено три класи якості (А, В, С) згідно з ДСТУ EN 1316-2:2005 [14]. Класи якості, в загальному, можна охарактеризувати так: лісоматеріали класу якості А найвищої якості здебільшого випилюють з нижньої частини стовбура з чистою деревиною або з незначними вадами, які не обмежують їх використання; лісоматеріали середньої якості, без особливих вимог до чистої деревини, у яких сучки дозволено в межах середнього значення для кожної породи, відносять до класу якості В; лісоматеріали нижче середньої якості, у яких дозволяють всі якісні характеристики, які незначно знижують природні властивості деревини, відносять

до класу якості С; лісоматеріали, які за якісними характеристиками не можна віднести до жодного з класів якості А, В або С, і який можна розпилити на товарну пилопродукцію відносять до класу якості D.

За діаметрами лісоматеріали згідно з ГОСТ 9462-88 [5] та ГОСТ 9463-88 [6] поділяють на три групи, а згідно з ДСТУ EN 1315-1-2001 [15] та ДСТУ EN 1315-2-2001 [16] – встановлено 7 класів, з яких 1-й, 2-й та 3-й поділяють на 2 підкласи.

Після надання чинності ДСТУ 4020-2-2001 [17], визначення об'єму лісоматеріалів, у якому передбачено за середнім діаметром (з корою з урахуванням породи деревини або без кори без урахування породи деревини) та за вершинним (верхнім) діаметром (без кори) та без урахування породи деревини, з посиланням на ГОСТ 2708-75 [7], склалася парадоксальна ситуація, оскільки для визначення об'єму лісоматеріалів чинними стали два різні методи вимірювання та обліку колод. З урахуванням відмінностей між визначенням об'єму лісоматеріалів та встановленням їхньої якості наявні нормативи витрати пиловної сировини на виготовлення пиломатеріалів [18-21] не можуть застосовуватись на підприємствах у сучасних умовах [22]. Вступ України в асоційовані члени Європейського союзу зобов'язує з 01.01.2019р. гармонізувати національні стандарти з європейськими, зокрема, і в галузі деревообробки. Тому виникла потреба у розробленні нормативів витрати пиловної сировини на виготовлення пиломатеріалів, враховуючи теперішні реалії та нормативні документи [9-17, 23-25].

Для встановлення нормативів витрати пиловної сировини на пиломатеріали з урахуванням технології виробництва пилопродукції необхідно проводити експериментальні дослідження з математичною обробкою їхніх результатів.

**Мета роботи.** Розробити методика експериментальних досліджень витрати пиловної сировини на виготовлення необрізних та обрізних пиломатеріалів, враховуючи вимоги сучасних нормативних документів.

**Об'єктом дослідження** є процес розпилювання пиловної сировини на необрізні та обрізні пиломатеріали. **Предметом дослідження** є витрата пиловної сировини на виготовлення необрізних та обрізних пиломатеріалів.

**Виклад основного матеріалу.** Науково обґрунтовані нормативи витрати пиловної сировини на пиломатеріали, визначення яких доцільно проводити на найбільш прогресивних і технічно оснащених підприємствах галузі, дадуть змогу здійснювати раціональне планування випуску пилопродукції.

Нормативи витрати пиловної сировини і пиломатеріалів визначають шляхом дослідних розпилювань в різних регіонах України з метою врахування основних відмінностей розмірно-якісних характеристик пиловної сировини та отримання нормативних матеріалів, узагальнених для всіх лісопиляльно-деревообробних підприємств на території України.

Визначення нормативів витрати пиловної сировини на пиломатеріали в умовах конкретного підприємства передбачає встановлення розмірно-якісних характеристик пиловної сировини, яку отримує це підприємство, з розділенням її за сортами (класами якості) та групами діаметрів відповідно з новими нормативними документами, враховуючи використання різних типів колодопиляльного обладнання. Структура етапів та послідовність проведення експериментальних досліджень з визначення об'ємного та якісного виходу пиломатеріалів з пиловної сировини наведена на рис. 1.

Норму витрати пиловної сировини  $H$  на  $1 \text{ м}^3$  знеособлених пиломатеріалів визначають за формулою  $H=100/A$ , (1)  
де  $A$  – вихід пиломатеріалів з пиловної сировини, %.



**Рис. 1. Структура етапів та послідовність проведення експериментальних досліджень з визначення об'ємного та якісного виходу пиломатеріалів з пиловної сировини**

Для встановлення кількості пиловної сировини у дослідних партіях проведено пошукові експериментальні дослідження і виконано статистичний аналіз, у якому визначено такі величини: середнє арифметичне значення ( $\bar{x}$ ), середнє квадратичне відхилення ( $S$ ), коефіцієнт варіації ( $\mathcal{G}$ ), середню похибку середнього арифметичного ( $x_m$ ), показник точності ( $P$ ) [26-28]. За отриманими значеннями коефіцієнта варіації, нормативним значенням показника точності  $P = 5 \%$  та нормативного показника достовірності результату  $Z$  можна визначити кількість дубльованих спостережень  $N$  (розпиляних лісоматеріалів)

$$N = \frac{\mathcal{G}^2 \cdot Z^2}{P^2}. \quad (2)$$

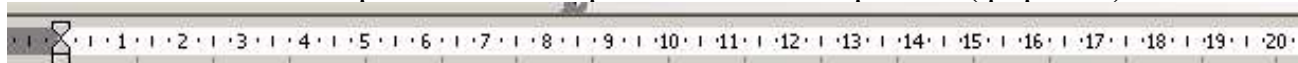
Результати статистичної обробки пошукових досліджень свідчать, що мінімальна кількість колод в дослідній партії для класу якості А становить 10, для класу якості В – 15, а для класів якості С і D – 45 шт. Для дослідних розпилювань колоди відбирають за діаметрами відповідно до їхнього розподілу на розмірні

групи за табл. 1 і з розбиттям кожної групи на дослідні партії за класами якості відповідно до чинних нормативних документів на лісоматеріали. Під час вибору колод в дослідну партію необхідно забезпечити їхнє співвідношення з урахуванням відповідних ознак, для цього складається методична сітка дослідних розпилювань партій колод за формою (табл. 1).

**Таблиця 1. Рекомендована методична сітка дослідних розпилювань партій колод**

Клас якості колод	Діаметр колод, см						Всього колод, шт.
	15-19	20-29	30-39	40-45	47-49	50 ≥	
Кількість колод в кожній дослідній партії, шт.							
A	10	10	10	10	10	10	60
B	15	15	15	15	15	15	90
C	45	45	45	45	45	45	270
D	45	45	45	45	45	45	270
Разом	115	115	115	115	115	115	690

Для забезпечення співставлення обліку якісного та об'ємного виходу пиломатеріалів з пиловної сировини відповідного класу якості, в дослідному розпилюванні приймають схеми розпилювання (постави) відповідно до заданої специфікації. Для дослідного розпилювання хвойної та листяної пиловної сировини, зазвичай, приймають брусо-розвальний та (або) розвальний способи розпилювання з виготовленням обрізних та необрізних пиломатеріалів. (форма 1).



**Журнал обліку дослідних партій лісоматеріалів (колод)**

Порода деревини \_\_\_\_\_

№ колоди	Розміри колоди										Клас якості (сорт) колоди
	Діаметр без кори, см								Довжина, м		
	вершинний		серединний		відземковий		обліковий (ДСТУ, контракт)	фактична	облікова (ДСТУ, контракт)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

**Журнал обліку виходу пиломатеріалів з лісоматеріалів (колод)**

Порода деревини \_\_\_\_\_

Марка колодопиляльного верстата \_\_\_\_\_ Товщина пропили, \_\_\_\_\_

№	зіялу	зрізний (й)	Розміри пиломатеріалу						зіялу		
			Товщина, мм			Ширина, мм				Довжина, м	
			1	2	3	по середині повжини	4	5			6

Результати дослідних розпилювань пиловної сировини на пиломатеріали здебільшого залежать від таких основних чинників: правильного підбору за розмірами і якістю колод для дослідних партій; правильності базування та розпилювання колод; визначення розмірів і об'єму пиломатеріалів та їхнього обліку в процесі розпилювання, обрізування, торцювання і сортування. Всі дослідні ро-

зпилювання пиловної сировини на пиломатеріали необхідно виконувати відповідно до раціональних технологічних режимів.

Перед дослідними розпилюваннями потрібно прибрати з потоку колоди та пиломатеріали після попереднього розпилювання, подавати колоди відповідно до вибраної схеми розпилювання та розпилювати їх з урахуванням тріщин, кривизни та інших якісних ознак. У кожній колоді з дослідних партій вимірюють діаметр у вершинному (верхньому), серединному і відземковому (нижньому) торцях і довжину. Результати вимірювань (фактичні) записують у паспорт (журнал) колод. У паспорті відмічають також сортовизначаючі та супутні ознаки (вади), а в графі примітки – ознаки (вади), що не враховані при зовнішньому огляді пиловної сировини, тобто виявлені під час розпилювання.

Вимірювання розмірів колод проводять згідно з ДСТУ 4020-2-2001 [17], а параметрів біологічних й інших пошкоджень лісоматеріалів згідно з ДСТУ EN 1310: 2005 [23] та ДСТУ EN 1311: 2001 [24]. На всіх пиломатеріалах потрібно проставляти номер колоди та контролювати їхній рух, не допускаючи змішування пиломатеріалів, що отримують з різних партій колод. Пиломатеріали, випиляні з колод кожної групи, укладають в окремі стопи і відвозять в зручне для паспортизації (бракування) і обліку місце. Паспортизувати пиломатеріали впродовж всіх розпилювань повинна одна бригада досвідчених сортувальників під спостереженням керівника дослідних розпилювань.

Пиломатеріали, випиляні з різних колод, враховують окремо. Ці пиломатеріали поділяють на розмірні і якісні групи відповідно до національних стандартів, зокрема ДСТУ EN 975-1: 2001 [25]. Технологічні операції обрізування і торцювання пиломатеріалів (по одному) на оптимальну ширину і довжину з урахуванням специфікації і допуску обзела відповідно до вимог чинних нормативних документів повинні здійснювати кваліфіковані робітники.

Інформацію про пиломатеріали (номер колоди, з якої випиляний пиломатеріал, розмірні характеристики, клас якості і сортовизначаючі ознаки) заносять у журнал обліку (форма 2). Результати розрахунку виходу пиломатеріалів та норми витрати пиловної сировини заносять у форму 3.

#### Зведена відомість виходу пиломатеріалів з лісоматеріалів (колод)

Порода деревини \_\_\_\_\_

№ колоди	Облікові розміри колод		Об'єм колоди, м <sup>3</sup>	Клас якості (сорт) колоди	№ пиломатеріалів з колоди	Облікові розміри пило матеріалу			Об'єм пило матеріалу, м <sup>3</sup>	Сорт пило матеріалу
	діаметр, см	довжина, м				товщина, мм	ширина, мм	довжина, м		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1					1					
					2					

Результати дослідних розпилювань пиловної сировини на пиломатеріали необхідно статистично опрацювати. Сумнівні результати треба вилучити і прове-

сти додаткові розпилювання. На пиломатеріали, отримані під час дослідних розпилювань пилової сировини всіх розмірів і класів якості, складають зведену відомість, за даними якої розраховують об'ємний та посортний вихід пиломатеріалів у відсотках від пилової сировини кожного діаметра і класу якості. Середньо-зважений вихід з певного класу якості обчислюють з урахуванням частки колод певних діаметрів. Для первинної обробки експериментальних даних вибірки визначають статистичні показники згідно з [26-28]. Результати дубльованих дослідів в межах одного експерименту перевіряють на наявність грубих промахів. З метою виявлення грубих промахів, сумнівні результати перевіряють за допомогою t-критерію Стюдента. У цьому випадку сумнівний результат дослідів  $x_i$  тимчасово відкидають з вибірки, а за рештою розраховують середнє арифметичне  $\bar{x}$  і оцінку дисперсії  $S^2$ . Тоді розраховують розрахункове значення t-критерію Стюдента  $t_{розр}$ . З таблиць розподілу Стюдента за вибраним рівнем значимості  $q=0,05$  і числом ступеней вільності  $f$ , зв'язаному із дисперсією  $S^2$ , знаходять табличне значення t-критерію  $t_{табл}$ . Якщо  $t_{розр} > t_{табл}$ , то сумнівний результат вважають грубим промахом і виключають з вибірки. Дослід у цьому випадку потрібно повторити для збереження рівномірного дублювання дослідів в експериментах.

**Висновки.** 1. Використання різних чинних нормативних документів для визначення об'єму лісоматеріалів та їхньої якості неминує створюватиме низку незручностей та конфліктних ситуацій між продавцями та споживачами, зокрема щодо вартості лісоматеріалів, встановлення нормативів витрати пилової сировини у виробництві пиломатеріалів, а також отримання сертифікату відповідності деревинної сировини для експортерів продукції з деревини.

2. Розроблено методику експериментальних досліджень витрати пилової сировини на виготовлення необрізних та обрізних пиломатеріалів. Використання розробленої методики дасть змогу встановлювати норми витрати лісоматеріалів на пиломатеріали у виробничих умовах, враховуючи вимоги чинних нормативних документів.

## Література

1. *Nakaz Ukrainського науково-дослідного і навчального центру проблем стандартизації, сертифікації та якості від 21.08.2015 № 101 Про прийняття анормативних документів України, гармонізованих з міжнародними та європейськими нормативними документами, національних стандартів України, скасування нормативних документів України та міждержавних стандартів в Україні* [Order of the Ukrainian Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality dated 21.08.2015 № 101 On the adoption of normative documents of Ukraine, harmonized with international and European normative documents, national standards of Ukraine, abolition of normative documents of Ukraine and interstate standards in Ukraine]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0101774-15>, (in Ukrainian).

2. *Nakaz Ukrainського науково-дослідного і навчального центру проблем стандартизації, сертифікації та якості від 14.12.2015 № 184 Про скасування міждержавних стандартів в Україні, які озроблені до 1992 року* [Order of the Ukrainian Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality dated 14.12.2015 № 184 About abolition of the interstate standards in Ukraine which were developed until 1992]. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184774-15>, (in Ukrainian).

3. *Nakaz Ukrainського науково-дослідного і навчального центру проблем стандартизації, сертифікації та якості від 14.12.2015 N 186 Про скасування міждержавних стандартів в Україні, які розроблені до 1992 року* [Order of the Ukrainian Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality dated 14.12.2015 N 186 On the abolition of interstate standards in Ukraine,



which were developed until 1992] Retrieved from:<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0186774-15>, (in Ukrainian).

4. **Nakaz** *Ukrainskoho naukovo-doslidnoho i navchalnoho tsentru problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakosti vid 20.12.2016 № 433 Pro perenesennia terminu skasuvannia v Ukraini natsionalnoho ta mizhderzhavnykh normatyvnykh dokumentiv* [Order of the Ukrainian Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality dated 20.12.2016 № 433 About transfer of term of abolition of national and interstate regulatory documents in Ukraine] Retrieved from:<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0433774-16>, (in Ukrainian).

5. **GOST 9462-88**. *Lesomaterialy kruglyie listvennyih porod. Tehnicheskie usloviya* [Round timber of broad-leaved species. Specifications]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

6. **GOST 9463-88**. *Lesomaterialy kruglyie hvoynyih porod. Tehnicheskie usloviya* [Round timber of coniferous species. Specifications]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

7. **GOST 2708-75**. *Lesomaterialy kruglyie. Tablitsyi ob'emov* [Round timber. Tables of volumes]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

8. **GOST 2292-88**. *Lesomaterialy kruglyie. Markirovka, sortirovka, transportirovanie, metody izmereniya i priemka* [Round timber. Marking, grading, transportation, methods of measurement and acceptance]. Moscow: Publishing house of standards, (in Russian).

9. **DSTU ENV 1927-1:2005 (ENV 1927-1:1998, IDT)**. *Lisomaterialy kruhli khvoini. Klasyfikatsiia za yakistiu. Chastyna 1. Yalyna ta yalytsia* [Softwood round timber. Qualitative classification. Part 1. Spruce and fir]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

10. **DSTU ENV 1927-2:2005 (ENV 1927-2:1998, IDT)**. *Lisomaterialy kruhli khvoini. Klasyfikatsiia za yakistiu. Chastyna 2. Sosna* [Softwood round timber. Qualitative classification. Part 2. Pine]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

11. **DSTU ENV 1927-3:2005 (ENV 1927-3:1998, IDT)**. *Lisomaterialy kruhli khvoini. Klasyfikatsiia za yakistiu. Chastyna 3. Modryna ta psevdotsuha Menzysa (tys)* [Softwood round timber. Qualitative classification. Part 3. Larche and douglasfir]. Kyiv: State Standard of Ukraine. (in Ukrainian).

12. **DSTU EN 1316-1:2005 (EN 1316-1:1996, IDT)**. *Lisomaterialy kruhli lystiani. Klasyfikatsiia za yakistiu. Chastyna 1. Dub ta buk* [Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 1. Oak and beech]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

13. **DSTU EN 1316-3:2005 (EN 1316-3:1996, IDT)**. *Lisomaterialy kruhli lystiani. Klasyfikatsiia za yakistiu. Chastyna 3. Yasen, klen ta yavir* [Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 3. Ash and maples and sycamore]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

14. **DSTU EN 1316-2:2005 (EN 1316-2:1996, IDT)**. *Lisomaterialy kruhli lystiani. Klasyfikatsiia za yakistiu. Chastyna 2. Topolia* [Hardwood round timber. Qualitative classification. Part 2. Poplar]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

15. **DSTU EN 1315-1:2001 (EN 1315-1:1997, IDT)**. *Klasyfikatsiia za rozmiramy. Chastyna 1. Lisomaterialy kruhli lystiani* [Dimensional classification. Part 1. Hardwood round timber]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

16. **DSTU EN 1315-2:2001 (EN 1315-2:1997, IDT)**. *Klasyfikatsiia za rozmiramy. Chastyna 2. Kruhlilisomaterialykhvoinykhporid* [Dimensional classification. Part 2. Softwood round timber]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

17. **DSTU 4020-2:2001 (pr EN 1309-2:1998)**. *Lisomaterialy kruhli ta pyliani. Metody obmiruvannia ta vyznachennia obiemiv. Chastyna 2. Lisomaterialy kruhli* [Method of measurement of dimensions. Part 2. Round timber]. Kyiv: State Standard of Ukraine. (in Ukrainian).

18. **Boyarский V.S., Osipenko V.A.** (1985): *Ob'emnyi, ploschadi i normy vyihoda pilomaterialov* [Volumes, areas and rates of sawn timber output]. – Handbook. – Kyiv: Budivelnyk. – 280 p., (in Russian).

19. **Zvit pro naukovo-doslidnu robotu "Rozrobyty naukovo obhruntovani normatyvy vytrat derevyny u vyrobnytstvi pylomaterialiv"** (Dohovir №08. 22-08-05) / *Naukovyi kerivnyk O.B. Ferents* (2006) [Research report "Develop scientifically sound cost standards of wood consumption in lumber production" (Contract №08. 22-08-05) / Supervisor OB Ferents.]. – Lviv: UNFU. – 73 p., (in Ukrainian).

20. **Maksymiv V.M., Ferents O.B., Manzij S.O., Kopynets Z.P., Ferents A.O.** (2006): *Normuvannia vytrat derevyny u vyrobnytstvi pylomaterialiv* [Wood consumption normalizing in timber production]. – Lviv: Scientific Bulletin of the UNFU. – No. 16.6. – P. 94-97, (in Ukrainian).

21. **Pinchevska O.O., Marchenko N.V., Sirko Z.S., Mazurchuk S.M., Neborachok O.A.** (2018): *Rozrakhunok norm vytrat derevyny riznykh porid na vyhotovlennia pyloproduksii zalezho vid vydu lisopylnoho ustatkuvannia ta vybir lisopylnoho ustatkuvannia. Rekomendatsii dlia lisopylno-derevoobrobnykh pidpriemstv Ukrainy* [Calculation of consumption norms of different woodspecies for production of sawdust depending on a kind of the sawing equipment and a choice of the sawing equipment. Recommendations for sawmills and woodworking enterprises of Ukraine]. – Kyiv: NULES. – 128 p., (in Ukrainian).

22. **Marchenko N.V., Buyskih N.V., Mazurchuk S.M.** (2017): *Shchodo zastosuvannia harmonizovanykh z yevropeiskymy standartiv na lisomaterialy kruhli khvoinykh pored* [To the use of harmonized with European standards of softwood round timber]. – Kyiv: Scientific Bulletin of the NULES. – No. 266. – P. 201-211, (in Ukrainian).

23. **DSTU EN 1310: 2005 (EN 1310:1997, IDT).** *Lisomaterialy kruhli ta pyliani. Metod vymiruvannia parametriv* [Round and sawn timber. Method of measurement of features]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

24. **DSTU EN 1311: 2001 (EN 1311:1997, IDT).** *Lisomaterialy kruhli ta pyliani. Metody vymiruvannia parametriv biolohichnykh poshkodzen* [Round and sawn timber. Method of measurement of biological degrad]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

25. **DSTU EN 975-1: 2001 (EN 975-1:1995, IDT).** *Pylomaterialy. Sortuvannia lystianoj derevyny za zovnishnim vyhliadom. Chastyna 1. Dub i buk.* [Sawn timber. Appearance grading of hardwoods. Part 1. Oak and beech]. Kyiv: State Standard of Ukraine, (in Ukrainian).

26. **Pizhurin A.A., Rozenblit M.S.** (1984): *Issledovaniya protsessov derevoobrabotki* [Research of woodworking processes]. – Moscow: Lesnayapromyshlennost. – 232 p., (in Russian).

27. **Biley P.V., Adamovskiy M.H., Khanyk Ya.M., Dovha N.D., Soroka L.Ya.** (2003): *Metodolohiia naukovykh doslidzen tekhnolohichnykh protsesiv* [Methodology of scientific research of technological processes]. – Lviv: Publishing house “Panorama”. – 184 p., (in Ukrainian).

28. **Kiyko O.A.** (2010): *Statystychni metody pidvyshchennia yakosti produktsii derevoobroblyennia* [Statistical methods for improving the quality of woodworking products]. – Ivano-Frankivsk: Foliant. – 176 p., (in Ukrainian).

UDC 674.093

*Assoc. prof. O.B. Ferents; prof. V.O. Mayevskyy – UNFU;  
assoc. prof. N.V. Marchenko – NULES; assoc. prof. Z.P. Kopynets;  
assoc. prof. Yo.V. Andrashek – UNFU*

## **On the methodology of researching the consumption of dust raw materials for the production of unedged and edged lumber**

The peculiarities of determination of volume and quality of dust raw materials are described in accordance with the regulations, which were cancelled from 01.01.2019 and with regulations that will remain in force. Determination of volume and quality of dust raw materials under various current regulations will inevitably create a number of inconveniences and conflicts between sellers and consumers, in particular regarding the cost of timber, setting norms for the consumption of dust raw materials in the production of timber, as well as obtaining a certificate of conformity of wood raw materials for exporters of wood products. The methodology of experimental researches of the consumption of dust raw materials for the production of unedged and edged lumber was developed. The main stages of the developed methodology include measuring the size and setting of the group of quality logs before sawing, measuring the size of dusty lumber with recording in the journal of accounting and statistical processing of experimental data. A methodical set of experimental log sawing and journals of accounting lumber and logs during experimental studies were developed and recommended for using.

**Keywords:** dust raw materials, volume, lumber, cost ratios, methodology.

## ЛІСОТИПОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ДУБОВИХ ЛІСОСТАНІВ ВОЛИНСЬКОЇ ВИСОЧИНИ

Дуб звичайний у Західному Лісостепу України є однією з найбільш поширених та цінних деревних порід. Значна частина дубових лісів Західного Лісостепу зосереджена в умовах лісогосподарського району Волинської височини, який, попри належність до Західноукраїнського лісостепоного лісогосподарського округу, відзначається особливими геоморфологічними та кліматичними умовами, що сприяло формуванню цінних дубових деревостанів, зазвичай мішаних, з домішкою сосни звичайної, граба звичайного, а також липи серцелистої, клена гостролистого, ясена звичайного. В роботі проаналізовано особливості поширення дубових деревостанів у північній частині Західного Лісостепу України. Здійснено аналіз лісотипологічної структури деревостанів за участю дуба звичайного в умовах лісогосподарського району Волинської височини. Досліджено структуру площ та запасів дубових лісостанів у розрізі едапотів та типів лісу. Розраховано середній запас на одиниці площі дубових деревостанів Волинської височини та здійснено порівняльну характеристику його співвідношення із запасами дубових лісостанів Волинської височини в різних типах лісорослинних умов. На основі даного аналізу зроблено висновки щодо продуктивності та використання можливостей едафічних умов дубовими лісостанами в умовах Волинської височини. Найбільша частка дубових лісостанів Волинської височини зосереджена в грудових умовах – 70,9%. Сугрудові типи лісорослинних умов становлять 23,1% площі дубових лісостанів. За ступенем зволоження ґрунтів, дуб звичайний, на теренах Волинської височини, віддає перевагу свіжим умовам, де зосереджено 70,6% дубових лісостанів регіону. Загалом, дуб звичайний у досліджуваному регіоні бере участь у формуванні 13 типів лісу, з них у 7 виступає як типотвірна порода.

**Ключові слова:** дубові лісостани, лісотипологічна структура, типи лісу, Волинська височина, запаси деревини, продуктивність.

**Вступ.** Дубові ліси в лісовому господарстві України є одними з найбільш поширених та цінних з економічної точки зору, а їх експлуатація завжди була пріоритетною в господарській діяльності. Не дивлячись на сьогоднішню невизначеність щодо основних принципів ринкового господарювання, потреба у високоцінних дубових сортиментах для господарських та промислових цілей залишається доволі відчутною і гострою не тільки в Україні, але й далеко за її межами. Накопичений багаторічний досвід переконливо засвідчує, що традиційні методи господарювання з акцентом на суцільні рубки та наступне паросткове поновлення чи створення лісових культур не змогли реалізувати ідею розширеного відтворення високопродуктивних та стійких дубових лісостанів. Негативні екологічні та нерегульовані антропогенні чинники призвели до зменшення захисної ролі лісів, зокрема у Західному регіоні України, порушення їх вікової структури, погіршення породного складу лісів. Питома вага пристигаючих соснових, дубових, букових лісів у віковій структурі державного лісового фонду становить тепер 9-10%, тоді як за лісівничими нормами вона повинна становити 20% [3]. З огляду на це, лісостани за участю дуба звичайного на території Волинської височини є цінною лісовою формацією в лісовому фонді України.

Ведення лісового господарства на типологічній основі є, в даному випадку, запорукою успіху у вирощуванні та формуванні насаджень, що повною мірою відповідають породному складу природних лісостанів. Вивчення лісотипологічної

складової при формуванні та вирощуванні високопродуктивних, біологічно стійких лісів, зокрема дубових, є необхідним та обов'язковим. Не зважаючи на приналежність до Західноукраїнського лісостепового лісогосподарського округу, Волинська височина виділяється окремою таксономічною одиницею як у геоморфологічному відношенні [6, 7], так і в геоботанічному [1, 4], а відтак, і в лісогосподарському [2, 3, 5], адже її орографічні та кліматичні особливості стали сприятливою базою для формування цінних дубових (37%) соснових (36%) лісостанів, а також мішаних сосново-дубових, дубово-соснових та грабово-сосново-дубових насаджень. Лісистість району становить 15,3% [3].

**Об'єкт досліджень.** Лісостани за участю дуба звичайного, що зростають на території лісогосподарського району Волинської височини та належать до Державного лісового фонду України. **Предмет досліджень.** Типологічна різноманітність лісостанів за участю дуба звичайного в лісовому фонді району Волинської височини Західноукраїнського лісостепового лісогосподарського округу.

**Мета досліджень.** Вивчити особливості лісотипологічної структури дубових деревостанів північної частини Західного Лісостепу України.

**Матеріали і методи досліджень.** Для аналізу лісового фонду дуба звичайного в умовах Волинської височини використано повидільну базу даних ДП „Горохівське ЛГ”, ДП „Млинівське ЛГ” та ДП „Дубенське ЛГ”, станом на 01.01.2013 р., лісовий фонд яких належить до лісогосподарського р-ну Волинської височини.

**Результати досліджень і їх аналіз.** За матеріалами лісовпорядкування згаданих лісогосподарських підприємств встановлено, що дуб звичайний в умовах Волинської височини поширений у трьох трофотопіях: суборах, сугрудах і грудях (табл. 1). Найбільша частка (70,9%) дубових лісостанів зосереджена у грудючих умовах, де їх площа становить 20522,9 га. Сугрудючі типи лісорослинних умов, зайняті дубовими лісостанами, мають значно менше поширення і становлять 6699,0 га або 23,2%. У відносно бідних умовах – суборах, дуб звичайний росте в ролі типологічної домішки і займає 1714,5 га або 5,9% від аналізованої площі дубових лісів Волинської височини.

**Таблиця 1. Розподіл площ дубових лісостанів Волинської височини за едатопами**

Трофотоп	Од. вим.	Гігротоп				Σ по трофотопу
		1	2	3	4	
B	га	7,3	1541,9	150,9	14,4	1714,5
	%	0,0	5,3	0,5	0,1	5,9
C	га	–	5429,6	1179,3	90,1	6699,0
	%	–	18,8	4,1	0,3	23,2
D	га	–	13450,4	7064,8	7,7	20522,9
	%	–	46,5	24,4	0,0	70,9
Σ по гігротопу	га	7,3	20421,9	8395,0	112,2	28936,4
	%	0,0	70,6	29,0	0,4	100,0

За ступенем зволоження ґрунтів дуб звичайний в лісостанах лісогосподарського району Волинської височини найбільш поширений у свіжих гігротопіях. Його частка в цих умовах становить 70,6% від аналізованої площі дубових деревостанів району. Вологі гігротопи є менш розповсюдженими і складають 29,0% площі. Встановлено, що на території досліджуваного регіону дуб звичайний росте

у десяти едатопах: В<sub>1-4</sub>, С<sub>2-4</sub>, та D<sub>2-4</sub>, з яких переважають свіжі та вологі груди – D<sub>2</sub> (46,5%), D<sub>3</sub> (24,4%) та свіжі сугруди – С<sub>2</sub> (18,8%) та які включають 18 типів лісу, загальною площею понад 28936 га (табл. 2).

**Таблиця 2. Розподіл площ дубових деревостанів Волинської височини**

№ з/п	Типи лісу	га	%
1.	В <sub>1-дС</sub>	7,3	0,0
2.	В <sub>2-дС</sub>	1541,9	5,3
3.	В <sub>3-дС</sub>	150,9	0,5
4.	В <sub>4-дС</sub>	14,4	0,0
5.	С <sub>2-гД</sub>	1497,9	5,2
6.	С <sub>2-гдС</sub>	3896,9	13,5
7.	С <sub>2-гсД</sub>	34,8	0,1
8.	С <sub>3-гД</sub>	375,4	1,3
9.	С <sub>3-гдС</sub>	798,9	2,8
10.	С <sub>3-гсД</sub>	4,2	0,0
11.	С <sub>3-гсЯл</sub>	0,8	0,0
12.	С <sub>4-влОс</sub>	7,2	0,0
13.	С <sub>4-влч</sub>	76,9	0,3
14.	С <sub>4-влЯл</sub>	6,0	0,0
15.	D <sub>2-гД</sub>	13450,4	46,5
16.	D <sub>3-гД</sub>	7064,8	24,4
17.	D <sub>4-влч</sub>	1,3	0,0
18.	D <sub>4-гД</sub>	6,4	0,0
Σ	–	<b>28936,4</b>	<b>100,0</b>

Найбільш розповсюдженими типами лісу в досліджуваному регіоні є свіжа грабова діброва (D<sub>2-гД</sub>) – 13450,4 га (46,5%), волога грабова діброва (D<sub>3-гД</sub>) – 7064,8 га (24,4%), свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (С<sub>2-гдС</sub>) – 3896,9 га (13,5%). Значно меншою мірою поширені свіжий дубово-сосновий субір (В<sub>2-дС</sub>) – 1541,9 га (5,3%), свіжа грабово-дубова судіброва (С<sub>2-гД</sub>) – 1497,9 га (5,2%), вологий грабово-дубово-сосновий сугруд (С<sub>3-гдС</sub>) – 798,9 га (2,8%) та волога грабова судіброва (С<sub>3-гД</sub>) – 375,4 га (1,3%). Площі інших типів лісу є незначними і в загальній структурі типів лісу в сукупності становлять 1,1%.

У якості основної типотвірної породи в умовах Волинської височини дуб звичайний зростає у семи типах лісу (22433,9 га / 77,5%), найпоширенішим з яких є свіжа грабова діброва (D<sub>2-гД</sub>) – 13450,4 га або 46,5%.

У шести типах лісу дуб зростає у якості характерної типологічної домішки (6410,3 га / 22,2%), найпоширенішим з яких є свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (С<sub>2-гдС</sub>) – 3896,9 га або 13,5%. Також у даному регіоні дуб звичайний формує незначні за площею похідні деревостани у п'яти типах лісу, які відповідають умовам місцезростання інших порід, в основному ялини, вільхи, осики (92,2 га / 0,3%), найбільш суттєвим за площею з яких є сирий чорновільховий сугруд (С<sub>4-влч</sub>) – 76,9 га або 0,3%. (табл. 3).

Найбільші запаси деревини дубових лісостанів Волинської височини зосереджені у свіжих та вологих грудях – D<sub>2</sub> (44,8%) та D<sub>3</sub> (24,2%), а також у свіжих сугрудах – С<sub>2</sub> (20,6%). Значно менші – у свіжих суборах та вологих сугрудах, відповідно 4,5% та 5,0%. У інших типах лісорослинних умов запаси деревини дубових деревостанів є незначними і становлять менше 1% (табл. 4).

**Таблиця 3. Розподіл дубових деревостанів Волинської височини за типотвірною функцією (в розрізі типів лісу)**

№ з/п	Тип лісу		Площа	
	назва	індекс	га	%
1	2	3	4	5
Типи лісу, сформовані дубом, як типотвірною породою				
1.	Свіжа грабова діброва	D <sub>2</sub> -гД	13450,4	46,5
2.	Волога грабова діброва	D <sub>3</sub> -гД	7064,8	24,4
3.	Сира грабова діброва	D <sub>4</sub> -гД	6,4	0,0
4.	Свіжа грабова судіброва	C <sub>2</sub> -гД	1497,9	5,2
5.	Свіжа грабово-соснова судіброва	C <sub>2</sub> -гсД	34,8	0,1
6.	Волога грабова судіброва	C <sub>3</sub> -гД	375,4	1,3
7.	Волога грабово-соснова судіброва	C <sub>3</sub> -гсД	4,2	0,0
		Всього	22433,9	77,5
Типи лісу, сформовані за участю дуба, як типологічної домішки				
1.	Сухий дубово-сосновий субір	B <sub>1</sub> -дС	7,3	0,0
2.	Свіжий дубово-сосновий субір	B <sub>2</sub> -дС	1541,9	5,3
3.	Вологий дубово-сосновий субір	B <sub>3</sub> -дС	150,9	0,5
4.	Сирий дубово-сосновий субір	B <sub>4</sub> -дС	14,4	0,0
5.	Свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд	C <sub>2</sub> -гдС	3896,9	13,5
6.	Вологий грабово-дубово-сосновий сугруд	C <sub>3</sub> -гдС	798,9	2,8
		Всього	6410,3	22,2
Типи лісу інших порід, зайняті похідними дубовими лісостанами				
1.	Вологий грабово-сосново-ялиновий сугруд	C <sub>3</sub> -гсЯл	0,8	0,0
2.	Сирий вільхово-осиковий сугруд	C <sub>4</sub> -влОс	7,2	0,0
3.	Сирий чорновільховий сугруд	C <sub>4</sub> -Влч	76,9	0,3
4.	Сирий вільхово-ялиновий сугруд	C <sub>4</sub> -влЯл	6,0	0,0
5.	Сирий чорновільховий груд	D <sub>4</sub> -Влч	1,3	0,0
		Всього	92,2	0,3
		Разом	28936,4	100,0

Оскільки здатність дубових деревостанів до накопичення органічної речовини значним чином залежить від умов місцезростання, запас деревини на 1 га є, на нашу думку, характерним показником адаптації дуба до едафічних умов, у яких він росте.

На основі сумарних запасів деревини та площ дубових деревостанів, які вони займають у лісовому фонді згаданих лісогосподарських підприємств, ми розрахували їх запаси на 1 га в розрізі едатоїв для умов Волинської височини, а також усереднений запас для досліджуваного регіону в цілому, який становить 212,8 м<sup>3</sup>/га. (табл. 4).

Також, з метою вивчення можливостей росту дубових деревостанів в діапазоні типів лісорослинних умов, ми здійснили порівняльну характеристику співвідношення запасів деревостанів на одиниці площі в різних ТЛУ та середнього запасу деревостанів, який був прийнятий за базову величину.

Відтак, встановлено, що найбільш продуктивними у досліджуваному регіоні є свіжі та вологі сугруди (C<sub>2</sub> та C<sub>3</sub>), запас на одиниці площі яких є більшим за середній по лісогосподарському району показник відповідно на 9,6% та 21,6%, вологі субори (B<sub>3</sub>), запас яких перевищує середній по регіону на 11,6%, та сирі груди (D<sub>4</sub>), запас яких є вищим за середній по регіону на 6,9%.

Найменш продуктивними закономірно виявились дубові деревостани в сухих суборах (В<sub>1</sub>). Їх запас в цих умовах не перевищує 78,9 м<sup>3</sup>/га, що є на 62,9% нижчим показником, ніж середній запас для умов Волинської височини (рис. 1).

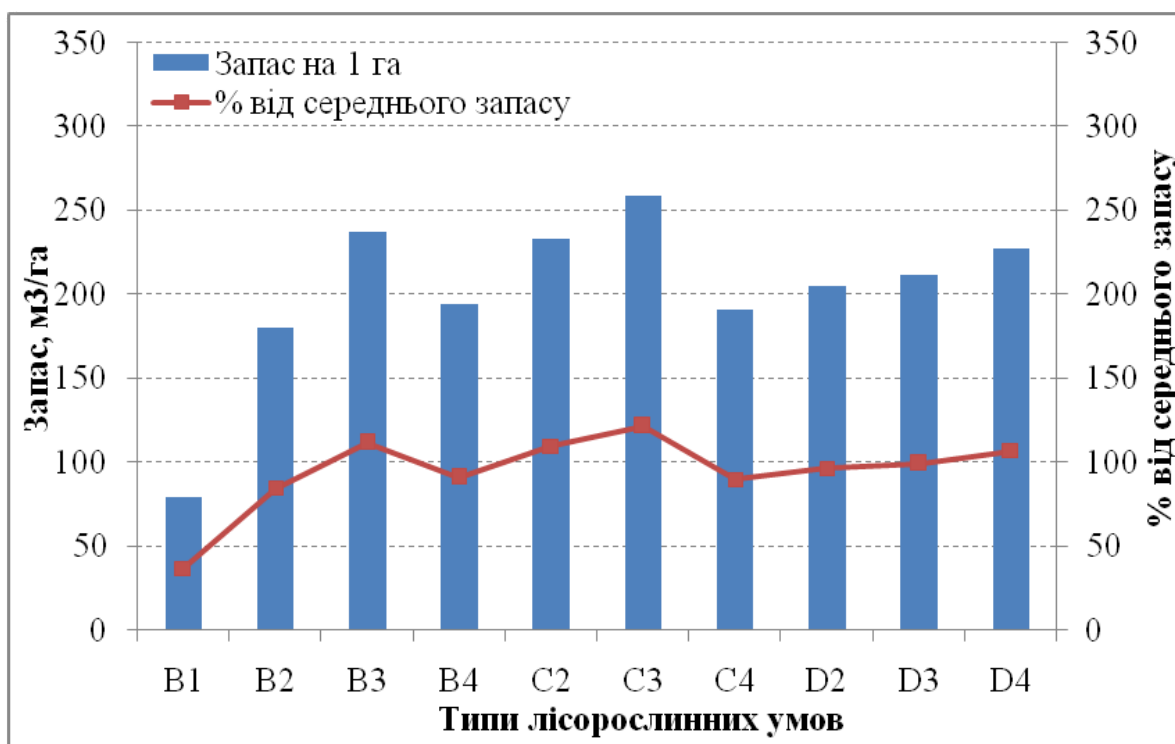


Рис. 1. Структура запасів на 1 га дубових деревостанів в розрізі ТЛУ.

Серед типів лісу, що сформувались на теренах Волинської височини, і є поширеними як за площею, так і за запасами деревини, як найбільш продуктивні можемо відзначити деревостани свіжого та вологого грабово-дубово-соснового сугруда (С<sub>2</sub>-гдС та С<sub>3</sub>-гдС), запас на одиниці площі яких становить 245,9 м<sup>3</sup>/га та 281,1 м<sup>3</sup>/га відповідно, що, відповідно, на 15,5% та 32,1% перевищує середній запас по досліджуваному регіону.

Таблиця 4. Розподіл запасів деревини дубових лісостанів Волинської височини за типами лісорослинних умов

Од. вим.	Типи лісорослинних умов										Σ	Серед. запас
	В <sub>1</sub>	В <sub>2</sub>	В <sub>3</sub>	В <sub>4</sub>	С <sub>2</sub>	С <sub>3</sub>	С <sub>4</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>		
га	7,3	1541,9	150,9	14,4	5429,6	1179,3	90,1	13450,4	7064,8	7,7	28936,4	–
%	0,0	5,3	0,5	0,0	18,8	4,1	0,3	46,5	24,4	0,0	100,0	
тис. м <sup>3</sup>	0,6	277,7	35,9	2,8	1266,0	305,1	17,2	2758,5	1493,1	1,8	6158,5	–
%	0,0	4,5	0,6	0,0	20,6	5,0	0,3	44,8	24,2	0,0	100,0	
м <sup>3</sup> /га	78,9	180,1	237,6	194,0	233,2	258,7	190,9	205,1	211,4	227,6	–	212,8
% сер.	37,1	84,6	111,6	91,2	109,6	121,6	89,7	96,4	99,3	106,9	–	–

Найбільш розповсюджені свіжі та вологі грабові діброви (D<sub>2</sub>-гД та D<sub>3</sub>-гД) відзначаються запасами на одиниці площі на 0,7%-3,6% нижчими, ніж середній запас по досліджуваному регіону (табл. 5).

**Таблиця 5. Розподіл запасів деревини дубових деревостанів Волинської височини за типами лісу**

№ з/п	Типи лісу	тис. м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup> /га	% сер. запасу
1.	В <sub>1</sub> -дС	0,6	0,0	78,9	37,1
2.	В <sub>2</sub> -дС	277,7	4,5	180,1	84,6
3.	В <sub>3</sub> -дС	35,9	0,6	237,6	111,6
4.	В <sub>4</sub> -дС	2,8	0,0	194,0	91,2
5.	С <sub>2</sub> -гД	298,8	4,9	199,5	93,7
6.	С <sub>2</sub> -гдС	958,2	15,6	245,9	115,5
7.	С <sub>2</sub> -гсД	8,9	0,1	256,4	120,5
8.	С <sub>3</sub> -гД	79,6	1,3	212,1	99,6
9.	С <sub>3</sub> -гдС	224,6	3,6	281,1	132,1
10.	С <sub>3</sub> -гсД	0,7	0,0	167,0	78,5
11.	С <sub>3</sub> -гсЯл	0,2	0,0	283,0	133,0
12.	С <sub>4</sub> -влОс	1,9	0,0	263,5	123,8
13.	С <sub>4</sub> -влч	13,7	0,2	178,0	83,7
14.	С <sub>4</sub> -влЯл	1,6	0,0	268,0	125,9
15.	Д <sub>2</sub> -гД	2758,5	44,8	205,1	96,4
16.	Д <sub>3</sub> -гД	1493,1	24,2	211,4	99,3
17.	Д <sub>4</sub> -влч	0,3	0,0	193,0	90,7
18.	Д <sub>4</sub> -гД	1,5	0,0	234,6	110,2
Σ		<b>6158,5</b>	<b>100,0</b>	–	–
<b>Середн.</b>		–	–	<b>212,8</b>	–

**Висновки.** 1. В умовах Волинської височини дуб звичайний поширений у трьох трофотопах: суборах, сугрудах і грудях. Найбільша частка (70,9%) дубових лісостанів зосереджена у грудових умовах.

2. За ступенем зволоження ґрунтів дуб звичайний в лісостанах Волинської височини найбільш поширений у свіжих гігротопах. Його частка в цих умовах становить 70,6% від аналізованої площі дубових деревостанів лісогосподарського району.

3. Найбільш розповсюдженими типами лісу в досліджуваному регіоні є свіжа грабова діброва (D<sub>2</sub>-гД) – 46,5%, волога грабова діброва (D<sub>3</sub>-гД) – 24,4%, свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (С<sub>2</sub>-гдС) – 13,5%. Значно меншою мірою поширені свіжий дубово-сосновий субір (В<sub>2</sub>-дС) – 5,3%, свіжа грабово-дубова судіброва (С<sub>2</sub>-гД) – 5,2%, вологий грабово-дубово-сосновий сугруд (С<sub>3</sub>-гдС) – 2,8% та волога грабова судіброва (С<sub>3</sub>-гД) – 1,3%.

4. У якості основної типотвірної породи, в умовах Волинської височини, дуб звичайний зростає у семи типах лісу, найпоширенішим з яких є свіжа грабова діброва (D<sub>2</sub>-гД) – 46,5% площі дубових лісостанів. У шести типах лісу дуб зростає у якості характерної типологічної домішки, найпоширенішим з яких є свіжий грабово-дубово-сосновий сугруд (С<sub>2</sub>-гдС) – 13,5% площі. У п'яти типах лісу дуб звичайний формує похідні деревостани, найбільш суттєвим за площею з яких є сирий чорновільховий сугруд (С<sub>4</sub>-влч) – 0,3% площі.

5. Найбільш продуктивними у досліджуваному регіоні є свіжі та вологі сугруди (С<sub>2</sub> та С<sub>3</sub>), запас на одиниці площі яких є більшим за середній по лісогосподарському району показник відповідно на 9,6% та 21,6%, вологі субори (В<sub>3</sub>), запас яких перевищує середній по регіону на 11,6%, та сирі груди (D<sub>4</sub>), запас яких є вищим за середній по регіону на 6,9%.



## Література

1. **Didukh Ya.P., Sheliakh-Sosonko Yu.R.** (2003): *Heobotanichne raionuvannia Ukrainy ta sumizhnykh terytorii* [Geobotanical zoning of Ukraine in adjacent territories]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal* 69: 6-17, (in Ukrainian).
2. **Hensiruk S.A., Nyzhnyk M.S.** (1995): *Heohrafiia lisovykh resursiv Ukrainy* [Geography of forest resources of Ukraine]. – Lviv: Svit. – 123 p., (in Ukrainian).
3. **Hensiruk S.A., Nyzhnyk M.S., Kopii L.I.** (1998): *Lisy zakhidnoho rehionu Ukrainy* [Forests of the western region of Ukraine]. – Lviv: Atlas. – 407 p., (in Ukrainian).
4. **Andriienko T.L., Bilyk H.I., Bradis Ye.M. and other.** (1977): *Heobotanichne raionuvannia Ukrainskoi RSR* [Geobotanical region of the Ukrainian SSR]. – Kyiv: Naukova. dumka. – 301 p., (in Ukrainian).
5. **Hensyruk S.A., Shevchenko S.V., Bondar V.S. and other.** (1981): *Kompleksnoe lesokhoziaistvennoe raionirovanye Ukraynu y Moldavyi* [Complex forest zoning of Ukraine in Moldova]. – Kyiv: Naukova. dumka. – 360 p., (in Russian).
6. **Novak T., Fedorovych M.** (2015): *Morfologhiia i henezys postkriohennoho polihonalnoho mikroreliefu volynskoi vysochyny* [Morphology I genesis of postcryogenic polygonal microrelief of Volyn upland]. – *Fizychna heohrafiia: Naukovi zapysky* 1:64-70, (in Ukrainian).
7. **Tsys P.M.** (1962): *Heomorfologhiia URSS* [Geomorphology of the USSR]. – Lviv. – 224 p., (in Ukrainian).

UDC 630.182;630.187      **Assoc. prof. A.A. Novak, assoc. prof. S.L. Kopyi – UNFU;  
assoc. prof. I.V. Fyzyk - Nadsluchansky Institute of NUWEE**

### Forest typological structure of oak forests of volyn height

Oak (*Quercus robur* L.) is one of the most common and valuable tree species in the Western Forest-Steppe of Ukraine. Much of the oak forests of the Western Forest-Steppe are concentrated in the forest district of Volyn Upland, which, despite belonging to the Western Ukrainian Forest-Steppe Forest District, is characterized by special geomorphological and climatic conditions, which contributed to the formation of valuable usually mixed oak stands, and also linden, maple, ash. The peculiarities of oak stands distribution in the northern part of the Western Forest-Steppe of Ukraine are analysed in the work. The analysis of forest typological structure of stands with the participation of oak (*Quercus robur* L.) in the forestry district of Volyn Upland is carried out. The structure of areas and reserves of oak stands in the context of edatopes and forest types has been studied. The average stock per unit area of oak stands of the Volyn Upland is calculated and a comparative characteristic of its ratio with the reserves of oak stands of the Volyn Upland in different types of forest vegetation conditions is made. Based on this analysis, conclusions are made on the productivity and use of edaphic conditions by oak forests in the Volyn Upland. The largest share of oak stands in the Volyn Upland is concentrated in hail conditions – 70,9%. Soil types of forest vegetation conditions make up 23,1% of the area of oak stands. According to the degree of soil moisture, *Quercus robur* L., in the Volyn Upland, prefers fresh conditions, where 70,6% of oak forests in the region are concentrated. In general, oak (*Quercus robur* L.) in the study region is involved in the formation of 13 forest types, of which 7 act as a typical species.

**Keywords:** oak stands, forest typological structure, forest types, Volyn upland, wood reserves, productivity.

## ВПЛИВ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ ЛІНІЙ У ДЕРЕВООБРОБЦІ

Виконано дослідження впливу стабільності технологічних операцій та місця розташування верстатів з різною стабільністю і надійністю на ефективність роботи автоматичних ліній. За допомогою імітаційного моделювання процесів функціонування автоматичних ліній, які складаються з верстатів різної продуктивності, досліджено вплив стабільності роботи устаткування на продуктивність виробничої системи у стохастичних умовах. Підвищення продуктивності автоматичних ліній здійснюють за допомогою розроблення оптимальних схем компонування обладнання, структурно-параметричної оптимізації та схем резервування. Метою дослідження є встановлення характеру впливу стабільності технологічних операцій на продуктивність автоматичної лінії в умовах випадкової зміни тривалості технологічних операцій. У стохастичних задачах дослідження операцій надто важко отримати аналітичні залежності якісних показників технологічного процесу від умов функціонування обладнання. Для реалізації поставленої мети застосовано універсальний метод статистичного моделювання, за допомогою якого змодельовано на комп'ютері процес роботи автоматичних ліній. Детальні дослідження процесу роботи автоматичних ліній зі стохастичною тривалістю технологічних операцій дають можливість науково обґрунтувати досвід експлуатації деревообробного устаткування та створити умови для проектування оптимальних автоматизованих систем за показниками продуктивності, надійності та економічної ефективності та визначати шляхи підвищення продуктивності автоматичних ліній шляхом проведення техніко-організаційних заходів. Компонування автоматичних ліній новими високопродуктивними верстатами є одним із напрямів покращення продуктивності роботи ліній, але не завжди економічно виправданим, тому що не усуває, а тільки послаблює вплив випадкових факторів на ефективність функціонування технологічного процесу та створює появу складніших за своєю природою стохастичних факторів. Одним із напрямів вирішення цієї проблеми є забезпечення максимальної ритмічності роботи діючих верстатів в автоматичних лініях за допомогою підвищення стабільності роботи устаткування.

**Ключові слова:** імітаційне моделювання, параметр Ерланга; стабільність роботи; стохастичні умови, структурно-параметрична оптимізація технологічних ліній, продуктивність автоматичної лінії.

**Вступ.** Проблеми вибору і узгодження розташування верстатів з різною стабільністю технологічних операцій в автоматичних лініях привертають увагу, тому що від їх вирішення значно залежить ефективність використання автоматичних ліній у деревообробному виробництві. На виробничій ділянці у цеху використовуються верстати з різною стабільністю технологічних операцій.

Коефіцієнти стабільності на технологічних операціях значно відрізняються між собою. Деякі технологічні операції мають високу стабільність інші технологічні операції виконуються з меншою стабільністю і параметр Ерланга близький до одиниці.

Виникає завдання порівняння технологічних операцій, які є менш стабільними із технологічними операціями, які є більш стабільними. У виробничих цехах використовуються автоматичні лінії, які мають різну кількість верстатів, але на підприємствах через великі капіталовкладення встановлюють обмежену кількість верстатів. Щоб забезпечити нормальну роботу технологічної лінії відводять виробничі площі для накопичування великої кількості заготовок, тобто здійснюють технологічні розриви за допомогою збільшення розмірів міжопераційних запасів на виробничій ділянці, з метою пом'якшення впливу нестабільності роботи техно-

логічного устаткування. Для визначення місць розташування, у яких доцільно виконувати розрив технологічної лінії, а також розміщення місць де мають знаходитися верстати із різним ступенем стабільності проводилось дослідження даного завдання і розроблення рекомендацій підвищення ефективності автоматичних ліній.

Кількісно ефективність автоматичних ліній оцінюють за допомогою їх фактичної продуктивності [1], за допомогою коефіцієнтів використання робочого часу верстатів у технологічній лінії, і за допомогою економічних показників, витрат на виготовлення одиниці продукції та іншими комплексними показниками. Розв'язування даного завдання передбачає визначення впливу місця розміщення верстатів із стабільним циклом у технологічній лінії, у якій працюють верстати із нестабільним циклом на зміну фактичної продуктивності лінії (PF).

Коефіцієнти використання робочого часу верстатів ( $\rho$ ) також будуть змінюватися. Наявність великої кількості факторів, в тому числі випадкових, які впливають на процес функціонування ліній, зумовили використання імітаційного моделювання [2, 4] для дослідження роботи технологічній лінії.

Використовуючи розроблену імітаційну модель виконано серію кібернетичних експериментів, з метою визначення випадкового впливу або стабільного характеру тривалості циклу на продуктивність автоматичної лінії. Моделювалась робота автоматичної лінії, яка складається з верстатів із нестабільним циклом роботи, тобто таких, які зазнають сильних випадкових впливів, коефіцієнт Ерланга дорівнює одиниці ( $K=1$ ). В автоматичну лінію вводився один верстат, який має детерміновану тривалість інтервалів випуску та високий коефіцієнт стабільності, тобто коефіцієнт Ерланга є великим ( $K \rightarrow \infty$ ).

Переміщуючи цей верстат від початку до кінця автоматичної лінії, досліджувалась робота всієї лінії та зміни, які виникали у процесі функціонування лінії. Кількість верстатів в автоматичній лінії могла бути різною (рис. 1, а). За результатами імітаційного моделювання встановлено, що верстат із стабільним циклом, як правило, має один з найвищих коефіцієнтів використання робочого часу серед інших верстатів.

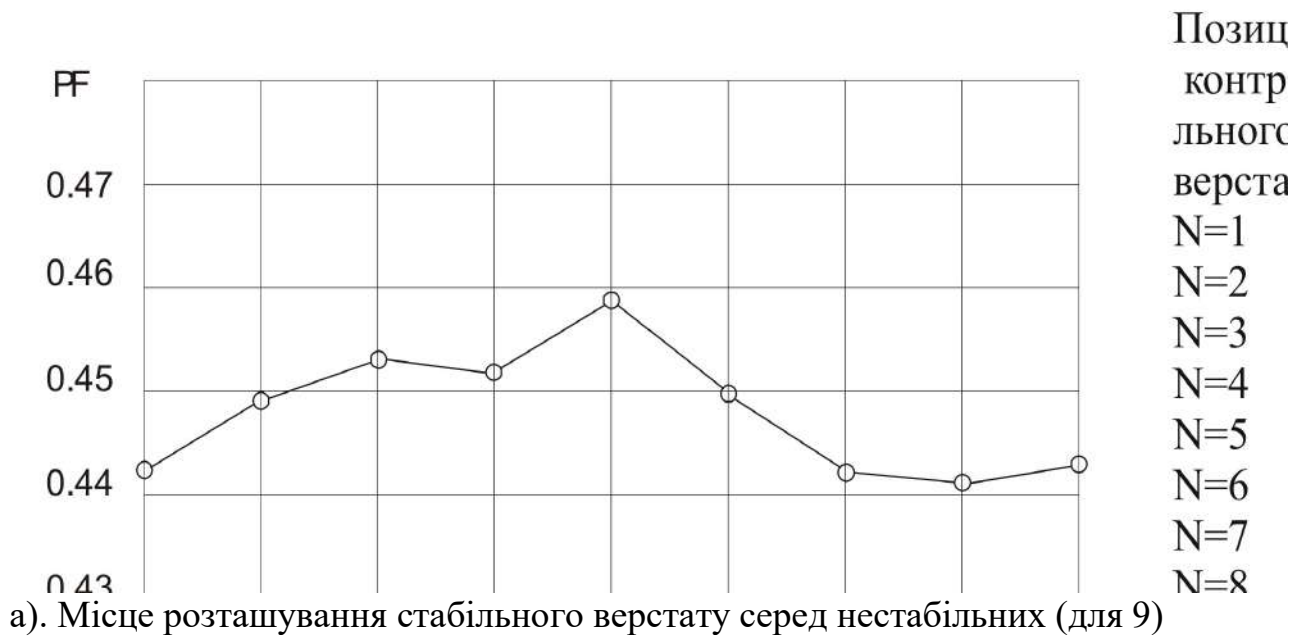
При незначному підвищенні стабільності технологічних операцій ( $K=5$ ) коефіцієнти використання робочого часу усіх верстатів зростають. Звідси можна зробити висновок, що при уведенні у технологічну лінію операцій із стабільним циклом взагалі підвищуються коефіцієнти використання усіх верстатів. Розташування верстату із стабільним циклом якомога ближче до середини лінії найбільше підвищує коефіцієнти використання інших верстатів і продуктивність лінії в цілому (рис. 1, б).

Тому при проектуванні автоматичних ліній доцільно підсилювати лінію у центрі за допомогою встановлення високостабільного верстата, що дає змогу підвищити продуктивність цілої лінії. Запропонована рекомендація буде корисною для технологічних ліній деревообробного виробництва.

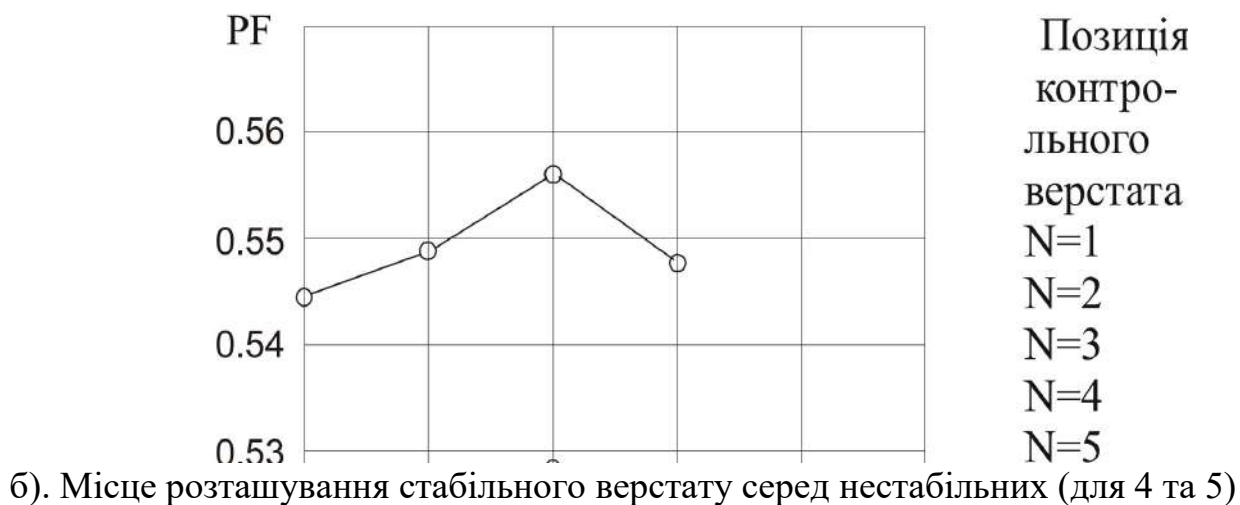
Крім цього, проводились дослідження впливу місця розташування необхідних технологічних розривів або збільшених міжопераційних запасів на продуктивність автоматичної лінії.

Кібернетичні експерименти проводилися для технологічних ліній з верстатів у два етапи. Спочатку розглядалась автоматична лінія верстатів із стабільним ци-

клом роботи ( $K \rightarrow \infty$ ), в якій один нестабільний верстат ( $K=1$ ) переміщається вздовж лінії, а потім навпаки, коли всі верстати нестабільні, а один з них, який переміщається стабільний (рис. 2.).



### Місце розташування стабільного верстата серед нестабільних (для 9 верстатів).



**Рис. 1. Залежність фактичної продуктивності автоматичної лінії від місця розташування верстата із стабільним циклом роботи серед верстатів нестабільних**

За результатами досліджень можна рекомендувати, що для автоматичних ліній у яких усі верстати працюють із стабільним циклом роботи, тільки один із нестабільним циклом, необхідні технологічні розриви лінії або збільшення міжопераційних запасів можна створювати у місцях, які відсікають нестабільний верстат від стабільних, з метою пом'якшення впливу нестабільності верстату на функціонування цілої лінії (рис. 2.).

Для технологічних ліній, в яких всі верстати нестабільні, лише один стабільний, збільшувати міжопераційні запаси доцільно посередині лінії (рис. 3.). При цьому фактична продуктивність ліній спостерігається найвищою.

№ екпер	Верстаг №1	Буфер 1	Верстаг №2	Буфер 2	Верстаг №3	Буфер 3	Верстаг №4	Буфер 4	Верстаг №5	Фактична продуктивність лінії PF	Графіки залежностей PF
1	H	P	C		C		C		C	0,9720	
2	H		C	P	C		C		C	0,7172	
3	H		C		C	P	C		C	0,7384	
4	H		C		C		C	P	C	0,7182	
5	C	P	H		C		C		C	0,7490	
6	C		H	P	C		C		C	0,7280	
7	C		H		C	P	C		C	0,7407	
8	C		H		C		C	P	C	0,7196	
9	C	P	C		H		C		C	0,7492	
10	C		C	P	H		C		C	0,7323	
11	C		C		H	P	C		C	0,7408	
12	C		C		H		C	P	C	0,7199	
13	C	P	C		C		H		C	0,7492	
14	C		C	P	C		H		C	0,7322	
15	C		C		C	P	H		C	0,7470	
16	C		C		C		H	P	C	0,7199	
17	C	P	C		C		C		H	0,7494	
18	C		C	P	C		C		H	0,7324	
19	C		C		C	P	C		H	0,7472	
20	C		C		C		C	P	H	0,9442	
21	H	P	C		C		C		C	0,9720	
22	C	P	H	P	C		C		C	0,9716	
23	C		C	P	H	P	C		C	0,9544	
24	C		C		C	P	H	P	C	0,9563	
25	C		C		C		C	P	H	0,9442	

**Рис. 2. Дослідження місця розміщення розриву у лінії (P), в якій всі верстати стабільні - C, тільки один нестабільний - H (K=1).**

Дослідження показують, що підвищення стабільності устаткування під час оброблення заготовок значно підвищує продуктивність автоматичних ліній [3]. Продуктивність автоматичної лінії найбільше зростає в межах параметра Ерланга від 1 до 20.

Подальше підвищення коефіцієнта стабільності роботи устаткування (для  $K > 20$ ) є малоефективним, оскільки збільшення показника фактичної продуктивності є незначним.

Досягнення високої стабільності технологічних операцій ( $K > 30$ ) дає максимальне значення зростання продуктивності автоматичної лінії.

№ екпе р	Верстаг №1	Буфер 1	Верстаг №2	Буфер 2	Верстаг №3	Буфер 3	Верстаг №4	Буфер 4	Верстаг №5	Фактична продуктивність лінії PF	Графіки залежностей PF
1	С	Р	Н		Н		Н		Н	0,5161	
2	С		Н	Р	Н		Н		Н	0,5739	
3	С		Н		Н	Р	Н		Н	0,7344	
4	С		Н		Н		Н	Р	Н	0,7069	
5	Н	Р	С		Н		Н		Н	0,5563	
6	Н		С	Р	Н		Н		Н	0,5720	
7	Н		С		Н	Р	Н		Н	0,6091	
8	Н		С		Н		Н	Р	Н	0,5537	
9	Н	Р	Н		С		Н		Н	0,5563	
10	Н		Н	Р	С		Н		Н	0,6153	
11	Н		Н		С	Р	Н		Н	0,6044	
12	Н		Н		С		Н	Р	Н	0,5615	
13	Н	Р	Н		Н		С		Н	0,5509	
14	Н		Н	Р	Н		С		Н	0,6077	
15	Н		Н		Н	Р	С		Н	0,5599	
16	Н		Н		Н		С	Р	Н	0,5707	
17	Н	Р	Н		Н		Н		С	0,5571	
18	Н		Н	Р	Н		Н		С	0,5995	
19	Н		Н		Н	Р	Н		С	0,5464	
20	Н		Н		Н		Н	Р	С	0,5106	
21	С	Р	Н		Н		Н		Н	0,5161	
22	Н	Р	С	Р	Н		Н		Н	0,5708	
23	Н		Н	Р	С	Р	Н		Н	0,6607	
24	Н		Н		Н	Р	С	Р	Н	0,5494	
25	Н		Н		Н		Н	Р	С	0,5106	

**Рис. 3.** Дослідження місця розміщення розриву у лінії (Р), в якій всі верстати нестабільні – Н (K=1), тільки один стабільний – С.

**Висновки.** 1. Для автоматичній ліній, у яких всі верстати мають високий ступінь стабільності, лише один низький, через технологічні вимоги, міжопераційні запаси або технологічні розриви доцільно виконувати повністю відтинаючи нестабільний верстат від стабільних, щоб компенсувати дію стохастичних факторів на ефективність функціонування лінії.

2. Для автоматичних ліній, у яких всі верстати мають низький ступінь стабільності (K=1), високостабільний верстат для підвищення ефективності доцільно

розміщувати у центрі лінії. Збільшувати міжопераційні запаси, з метою пом'якшення впливу нестабільності роботи верстатів необхідно також у центрі технологічної лінії.

## Література

1. **Dudyuk D.L., Zagvoyska I.D., Maksymiv V.M., Soroka L.Ya.** (1992): *Elementy teoriiy avtomatychnykh liniy* [Elements of the theory of automatic lines]. Textbook. – Kyiv. – 192 p., (in Ukrainian).
2. **Dudyuk D.L., Maksymiv V.M., Soroka L.Ya., Orikhovsky R.Ya. et al.** (1996): *Imitatsiynе modelyuvannya hnuchkykh avtomatyzovanykh liniy u lisovyrobnychomu kompleksi* [Simulation modeling of flexible automated lines in the forestry complex]. Monograph. – Kyiv. – 140 p., (in Ukrainian).
3. **Dudyuk D.L., Zagvoyska I.D., Maksymiv V.M., Soroka L.Ya.** (1995): *Modelyuvannya i optymizatsiya tekhnolohichnykh potokiv lisopererobky* [Modeling and optimization of technological flows of forest processing]. Textbook. – Kyiv. – 416 p., (in Ukrainian).
4. **Gayda S.V.** (2015): *Моделювання властивостей столярних плит із вживаної деревини на основі методу кінцевих елементів / Modeling properties of blockboards made of post-consumer wood on the basis of the finite element method. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 41:39-49. doi: <https://doi.org/10.36930/42154106>

UDC 658.527.011.56

*Assoc. prof. R.Ya. Orikhovskyy – UNFU*

### **The influence of stability of technological operations on the efficiency of functioning of automatic lines in woodworking**

The Article studies the influence of stability of technological operations and the location of machines with different stability and reliability on the efficiency of automatic lines. With the help of simulation modeling of the processes of functioning of automatic lines, which consist of machines of different productivity, the influence of the stability of the equipment on the productivity of the production system in stochastic conditions is investigated. Improving the productivity of automatic lines is carried out by developing optimal equipment layout schemes, structural and parametric optimization and reservation. The aim of the study is to establish the nature of the impact of the stability of technological operations on the performance of the automatic line in the event of a random change in the duration of technological operations. In stochastic operations research problems, it is too difficult to obtain analytical dependences of the qualitative indicators of the technological process on the operating conditions of the equipment. To achieve this goal, a universal method of statistical modeling is used, which simulates the process of automatic lines on a computer. Detailed studies of the process of automatic lines with stochastic duration of technological operations provide an opportunity to scientifically substantiate the experience of woodworking equipment and create conditions for designing optimal automated systems in terms of productivity, reliability and cost-effectiveness and identify ways to increase productivity of automatic lines by technical and organizational measures. Composing automatic lines with new high-performance machines is one of the ways to improve the productivity of lines, but not always economically justified, because it does not eliminate, but only weakens the influence of random factors on the efficiency of the technological process and creates more complex stochastic factors. One of the ways to solve this problem is to ensure maximum rhythm of operation of existing machines in automatic lines by increasing the stability of the equipment.

**Keywords:** simulation modeling, Erlang parameter; stability of work; stochastic conditions, structural-parametric optimization of technological lines, productivity of automatic line.

## ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДЙМАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН МАНІПУЛЯТОРНОГО ТИПУ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ

Прийоми та принципи проектування підйально-транспортних машин маніпуляторного типу (ПТММТ) є різноманітними та складними. Сучасні методики проектування підйально-транспортних машин і окремих їх елементів реалізуються на основі аналізу технологічного процесу, в якій їх передбачається експлуатувати. Також для зниження собівартості та скорочення термінів проектування, виготовлення та впровадження підйально-транспортних машин спеціального призначення, підвищення їх ремонтпридатності та полегшення комплектації багато вітчизняних та зарубіжних фірм почали використовувати агрегатномодульне проектування. Такий підхід дозволяє розділити ПТММТ на більш прості функціональні елементи, податливість яких легко визначити методами теорії опору матеріалів. Для переходу від податливості таких окремих елементів до податливості підйально-транспортних машин в цілому використовують матриці передавальних відносин, отримані в процесі силового аналізу та розрахунок елементів на точність. Агрегатно-модульний принцип може бути одним із основних принципів реалізації ПТММТ. Цей принцип дає можливість з урахуванням обмеженої кількості нормалізованих елементів створити спеціалізовану конструкцію підйально-транспортної машини, яка найповніше задовольняє вимогам виконання конкретного технологічного завдання і немає надмірності. Такий підхід у кожному конкретному випадку дозволяє скоротити час розробки та проектування спеціалізованих ПТММТ, підвищити надійність за рахунок відпрацьованості елементів, що входять до нього, здешевити виробництво за рахунок зниження номенклатури деталей та вузлів. Запропоновано виконувати формування конструктивних параметрів елементів ПТММТ на етапі проектування шляхом проведення силового аналізу та розрахунку елементів на точність. Це забезпечує покращення відомих проектних рішень, роблячи їх більш придатними для практичного застосування.

**Ключові слова:** галузеве машинобудування; машини маніпуляторного типу; проектування; підйально-транспортна машина.

**Актуальність.** Вихідні дані для проектування ПТММТ і окремих їх елементів формуються на основі аналізу технологічного процесу роботи вантажопідйальної машини, в якій їх передбачається використовувати [1, 2]. На основі цієї інформації та сформованих вимог у технічному завданні на проектування попередньо вибирають структурну і кінематичну схему підйально-транспортної машини маніпуляторного типу [3-6]. Шляхом розв'язання обернених задач про положення, швидкість та точність маніпулятора, як основного технологічного устаткування ПТММТ, визначають кінематичні і геометричні вимоги до їх елементів.

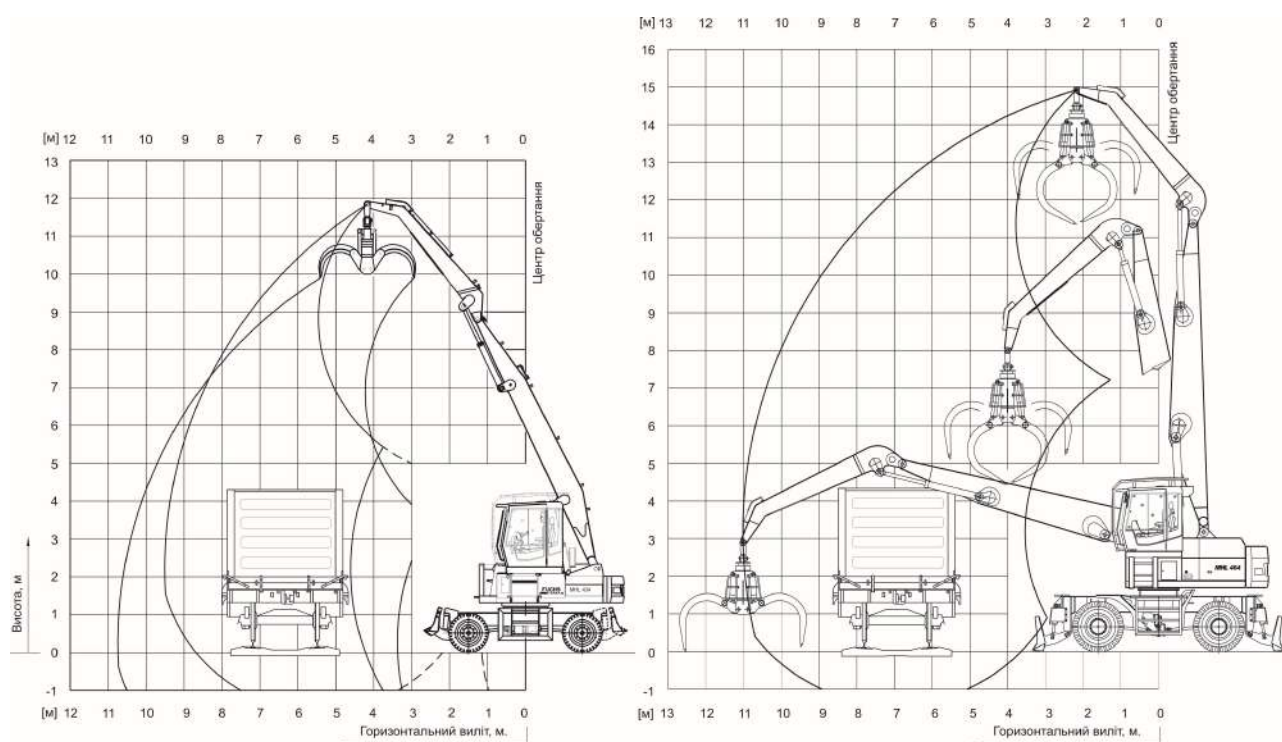
**Постановка задачі.** Вимоги до розмірів зони обслуговування ПТММТ і його швидкодії визначають відповідно до геометричних розмірів елементів, передавальних відношень і швидкостей приводів. Формування вимог до похибки позиціонування обумовлюються вимогами до точності і жорсткості окремих елементів підйально-транспортних машин [1, 3]. Конструкторські параметри елементів підйально-транспортних машин (рис. 1) повинні бути обрані таким чином, щоб обмежити відхилення грейферного пристрою за рахунок пружних деформацій.

Проектування окремих елементів підйально-транспортних машин доцільно розпочинати з елемента, на якому встановлено робоче устаткування, оскільки в цьому випадку можна прийняти величину граничного навантаження (наприклад



масою переміщеного вантажу). Максимальні значення швидкості і прискорення елемента можуть бути визначені на основі використання закону зміни швидкості за узагальненими координатами. Ця інформація дозволяє спроектувати або вибрати необхідне робоче устаткування, визначити необхідні технічні параметри приводу та конструктивні особливості.

На підставі отриманих даних, на наступному етапі можна спроектувати наступний елемент, що несе вже спроектований елемент, захватний пристрій, об'єкт переміщення тощо. Після розроблення всіх елементів підйально-транспортної машини маніпуляторного типу необхідно виконати їх розрахунок на точність і жорсткість. Розрахунок елементів на точність виконуємо визначенням допустимої похибки позиціонування елементів підйально-транспортної машини для встановлення зв'язку похибки позиціонування для прийнятого компоновання машини маніпуляторного типу з похибками її елементів [1-3, 7].



**Рис. 1. Підйально-транспортні машини маніпуляторного типу TEREX-FUCHS: MHL-434; MHL-464**

Відомо, що похибка позиціонування робочого органу підйально-транспортних машин може бути представлена як шестивимірний вектор

$$\Delta_0 = \sum_n C_{0n} \Delta_n, \quad (1)$$

де  $C_{0n}$  – матриця передавальних відношень похибки  $n$ -го елемента до викликаних ними похибок позиціонування робочого органу;  $\Delta_n$  – похибка позиціонування елементів підйально-транспортної машини.

За допомогою наведеного виразу (1) та за відомими похибками елементів  $\Delta_n$  можна знайти похибку позиціонування робочого органу, встановленого на маніпуляторі підйально-транспортної машини. Такій підхід під час проектування передбачає вирішення зворотної задачі – вибору допустимих похибок елементів  $\Delta_n$ , що забезпечує задану похибку позиціонування робочого органу  $\Delta_0$ . Це завдання вирішується поетапно, спочатку допустима похибка позиціонування робочого

органу машини маніпуляторного типу  $[\Delta_0]$  розподіляється між окремими елементами, тобто значення величини  $[\Delta_0]$  представимо у вигляді суми

$$[\Delta_0] \geq \sum_{i=1}^n [\Delta_0]_n, \quad (2)$$

де  $[\Delta_0]_n$  – складова допустимої похибки позиціонування робочого органу, викликана похибками  $n$ -го елемента машини маніпуляторного типу.

Відомо, що запропонована нерівність (2) має велику множину можливих рішень. Тому, в залежності від прийнятих критеріїв в процесі оптимізації конструкції ПТММТ можна вибрати найбільш прийнятне рішення, що задовольняє вимогам технічного завдання. Однак, на ранніх етапах проектування ПТММТ здійснити таку оптимізацію достатньо складно.

Тому складові похибки  $[\Delta_0]_n$  доводиться вибирати на основі аналогій та припущень з типових співвідношень [1, 7], характерних для даного конструювання підйимально-транспортних машин  $[\Delta_0]_n = K_{0n} [\Delta_0]$ , (3)

де  $K_{0n} \geq \begin{bmatrix} k_{xn} & & & 0 \\ & k_{yn} & & \\ & & \dots & \\ 0 & & & k_{vn} \end{bmatrix}$ .

Значенням  $K_{0n}$  і  $k_{vn}$  відповідає матриця коефіцієнтів і коефіцієнти відношення складової допустимої похибки позиціонування робочого органу ПТММТ  $[\Delta v_0]_n$ , викликані похибками  $n$ -го елемента, до повної допустимої похибки позиціонування маніпулятора  $[\Delta v_0]_n$ ;  $k_{vn} = [\Delta v_0]_n / [\Delta v_0]$ ;  $v = x, y, z, \alpha, \beta, \gamma$ . Для забезпечення необхідної похибки позиціонування робочого органу ПТММТ, очевидно, необхідно, щоб  $\sum k_{vn} = 1$ . За допомогою наведених співвідношень встановлюють складові допустимої похибки  $[\Delta_0]_n$  і робочого органу підйимально-транспортних машин, викликані похибками окремих елементів. У свою чергу, зв'язок між кожною такою складовою похибки  $[\Delta_0]_n$  і окремими компонентами допустимої похибки  $n$ -го елемента  $[\Delta \mu_n]$  описується аналогічно

$$[\Delta v_0]_n \geq \sum_n (\Delta_{0n}), \quad (4)$$

де  $(\Delta_{0n})$  – складова похибки позиціонування робочого органу підйимально-транспортних машин від  $\mu$ -ої компонентної похибки  $n$ -го елемента.

Нерівність (4) також має безліч можливих рішень, причому спроба визначити складові допустимих похибок елемента  $[\Delta \mu_n]$  з системи рівнянь, отриманої переходом від нерівностей до рівності, зазвичай призводить до нераціональних результатів. На ранніх стадіях проектування також складно вибирати шукані складові похибки  $[\Delta \mu_n]$  в процесі тієї чи іншої оптимізації конструкції. Тому для вибору прийнятних складових  $[\Delta \mu_n]$  необхідно додатково ввести типові для даного виду елемента співвідношення між окремими складовими його похибок:

$$\begin{aligned} [\Delta x_n] &= k_{\gamma\mu} [\Delta \mu_n], \\ &\dots \\ [\Delta \gamma_n] &= k_{\gamma\mu} [\Delta \mu_n]. \end{aligned}$$

Значення  $[\Delta\mu_n]$  доцільно приймати, як найбільш вагому складову похибки елемента. Для визначення складових допустимої похибки позиціонування елементів підставимо  $\Delta x_n \dots \Delta\mu_n$  в систему нерівностей  $[\Delta_0]_n$  і з кожного її  $\nu$ -го нерівності знайдемо значення  $[\Delta\mu_n] = \frac{[\Delta v_0]_n}{b_{x\nu}^n k_{x\mu} + b_{y\nu}^n k_{y\mu} + \dots + b_{\gamma\nu}^n k_{\gamma\mu}}$ . (5)

З отриманих шести значень рівняння (5) вибирають найменше. Таким чином визначаються складові допустимої похибки кожного елемента.

Жорсткість елементів підйимально-транспортної машини маніпуляторного типу в цілому визначає жорсткість маніпулятора і точність позиціонування робочого органу. У загальному випадку деформація елемента описується шестивимірним вектором  $\delta_n \{\delta x_n, \delta y_n, \delta z_n, \delta\alpha_n, \delta\beta_n, \delta\gamma_n\}$ , що містить три лінійні і три кутові складові величини [7]. Відомо, що податливість елемента підйимально-транспортної машини характеризується зворотньою жорсткістю і встановлює зв'язок між деформацією  $\delta_n$  і викликаним навантаженням  $P_n$

$$\delta_n = \lambda_n \cdot P_n, \quad (6)$$

де  $\lambda_n$  – матриця податливості елемента рівна

$$\lambda_n = \begin{pmatrix} \lambda_{xx} & \lambda_{xy} & \dots & \lambda_{x\theta} & \dots & \lambda_{x\gamma} \\ \lambda_{yx} & \lambda_{yy} & \dots & \lambda_{y\theta} & \dots & \lambda_{y\gamma} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{\alpha x} & \lambda_{\alpha y} & \dots & \lambda_{\mu\theta} & \dots & \lambda_{\alpha\gamma} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{\gamma x} & \lambda_{\gamma y} & \dots & \lambda_{\gamma\theta} & \dots & \lambda_{\gamma\gamma} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

$\lambda_{\mu\theta} = (\delta\mu)_{\theta} / P_{\theta}$  – коефіцієнт податливості в  $\mu$ -му напрямку під дією навантаження в  $\theta$ -му напрямку.

Основною метою розрахунку елемента на жорсткість є визначення матриці податливості  $\lambda_n$ , що характеризує його пружні властивості. Ефективним методом для розрахунку жорсткості елементів і всієї конструкції підйимально-транспортної машини в цілому є метод кінцевих елементів. Основна ідея методу полягає в розбитті складної механічної конструкції на прості кінцеві елементи та в наближеному описі їх деформацій і напружень простими функціями. У першому наближенні за кінцеві елементи можуть бути прийняті ланки елементів, які можуть бути також розбиті на кінцеві елементи. Відомо, що у випадку використання методу скінченних елементів реальні напруження і деформації елемента приводяться до вузлових точок. Розглянемо питання розрахунку сил і моментів у вузлових точках. Для визначення вектора зусиллі в вузловій точці  $\{P/M\}$ , який включає вектор сил  $P$  і вектор моментів  $M$ , що діють на ланці маніпулятора, проведемо послідовний розрахунок, починаючи з точки робочої ланки маніпулятора до основи навантажувача. Вектор зусиль в вузловому з'єднанні кінцевих елементів  $n$  і  $n-1$  визначається з матричного рівняння

$$\begin{pmatrix} P_{n-1} \\ M_{n-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_n & 0 & L_n^T & \dots & L_1^T \\ R_n^P L_n & L_n & R_n^G L_n^T & \dots & L_1^T \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_n \\ M_n \\ G_n \end{pmatrix}. \quad (8)$$

де:  $L_n$  – матриця (3×3) напрямних косинусів перетворення координат рейферного пристрою  $(x_c, y_c, z_c)$  в координати  $(x_n, y_n, z_n)$  ланки  $n$ ;  $L_n^T, \dots, L_1^T$  – транспоновані матриці напрямних косинусів перетворення координат;  $R_n^P$  – матриця, отримана з елементів вектора  $R_n^P$ , проведеного з початку системи координат ланки  $n$  в початок системи координат рейферного пристрою;  $R_n^G$  – матриця, отримана з елементів вектора  $R_n^G$ , проведеного з початку системи координат ланки  $n$  в точку центру мас ланки, рейферного пристрою та предмета в ньому;  $G_n$  – вектор сили тяжіння ланки  $n$ ;

$$R_n^P = \begin{pmatrix} 0 & z_n^P & -y_n^P \\ -z_n^P & 0 & x_n^P \\ y_n^P & -x_n^P & 0 \end{pmatrix}; \quad R_n^G = \begin{pmatrix} 0 & z_n^G & -y_n^G \\ -z_n^G & 0 & x_n^G \\ y_n^G & -x_n^G & 0 \end{pmatrix}, \quad (9)$$

де  $x_n^P, y_n^P, z_n^P$  – складові вектора  $R_n^P$ ;  $x_n^G, y_n^G, z_n^G$  – складові вектора  $R_n^G$ ;

$$G_n = m_n \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{pmatrix}, \quad (10)$$

де  $m_n$  – маса ланки  $n$ , рейферного захоплювача та предметом переміщення;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Для ланок маніпулятора, що представляють собою стрижневу конструкцію, матриці  $R_n^P$  і  $R_n^G$  мають вигляд

$$R_n^P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & l_n \\ 0 & -l_n & 0 \end{pmatrix}; \quad R_n^G = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & l_n^G \\ 0 & -l_n^G & 0 \end{pmatrix}, \quad (11)$$

де  $l_n$  – довжина стержня;  $l_n^G$  – відстань від початку координат ланки до центру мас ланки, рейферного захоплювача з предметом переміщення.

Використовуючи аналогічні перетворення, можна визначити вектор зусиль у шарнірах ланок  $i$  та  $i+1$  з матричного рівняння

$$\begin{pmatrix} P_{i-1} \\ P_i \\ M_{i-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_i & 0 & L_i^T & \dots & L_1^T \\ P_i \\ R_i^P L_i & L_i & R_i^G L_i^T & \dots & L_1^T \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_i \\ M_i \\ G_i \end{pmatrix}. \quad (12)$$

де  $L_i, \dots, L_1$  – матриці напрямних косинусів;  $R_i^{Pi}, R_i^{Gi}$  – матриці, отримані з елементів векторів  $r_i^P$  і  $r_i^G$ , проведених з початку системи координат ланки  $i$  в початок системи координат ланки  $i+1$  та у точку центру мас ланки  $i$ ;  $G_i$  – вектор сили тяжіння ланки  $i$

Переміщення вузлових точок (схема деформацій) кінцевого елемента в цілому характеризують деформований стан всієї конструкції. У методі кінцевих елементів вузлові переміщення прийнято називати ступенями свободи елемента. При розрахунках деформацій вузлових з'єднань повинна забезпечуватися нерозривність взаємного переміщення елементів. Переміщення всіх точок кінцевого елемента представимо через переміщення і їх похідні у вузлових точках. Введемо

матрицю форми елемента, для отримання якої використовуються інтерполяційні функції Ерміта.

**Результати досліджень.** Розглянемо отримання матриці форми для стрижневого елемента, як наближеної та спрощеної моделі маніпулятора підйимально-транспортної машини (див. рис. 1). У маніпуляторах деформація елемента під дією сил, прикладених уздовж осі  $x$ , мала у порівнянні з згином і крученням, тому нею можна знехтувати. Подамо лінійні  $v(x)$  і  $w(x)$  та кутові  $\alpha(x)$ ,  $\beta(x)$ ,  $\gamma(x)$  деформації елемента поліномами:

$$v(x) = a_{11} + a_{12}x + a_{13}x^2 + a_{14}x^3; \quad w(x) = a_{21} + a_{22}x + a_{23}x^2 + a_{24}x^3; \quad \alpha(x) = a_{32}x;$$

$$\beta(x) = \frac{\partial w}{\partial x} = a_{22} + 2a_{23}x + 3a_{24}x^2; \quad \gamma(x) = \frac{\partial v}{\partial x} = a_{12} + 2a_{13}x + 3a_{14}x^2.$$

Коефіцієнти  $a_{ij}$  визначаються з початкових умов:

$$v(0) = w(0) = \alpha(0) = \beta(0) = \gamma(0) = 0;$$

$$v(l) = v_i; \quad w(l) = w_i; \quad \alpha(l) = \alpha_i; \quad \beta(l) = \beta_i; \quad \gamma(l) = \gamma_i.$$

Після підстановки початкових умов та розв'язування системи рівнянь щодо невідомих коефіцієнтів отримаємо вирази для матриці форми стрижневого елемента (табл. 1). Зв'язок між зусиллями і переміщеннями для кінцевого елемента виражається матрицями жорсткості і податливості:  $\begin{pmatrix} P \\ M \end{pmatrix} = K \Delta; \quad \Delta = K^{-1} \begin{pmatrix} P \\ M \end{pmatrix}.$

Для побудови матриці жорсткості елементів скористаємося рівнянням потенційної енергії елемента

$$\dot{I} = \frac{1}{2} \left[ \int_0^l EJ_y \left( \frac{d^2 w}{dx^2} \right)^2 dx + \int_0^l EJ_z \left( \frac{d^2 v}{dx^2} \right)^2 dx + \int_0^l \sigma J_{\text{кр}} \left( \frac{d\alpha}{dx} \right)^2 dx \right]. \quad (13)$$

де  $E$  – модуль пружності 1-го роду;  $J_y$  і  $J_z$  – моменти інерції площі перерізу відносно осей  $y$  і  $z$ ;  $\sigma$  – модуль пружності 2-го роду;  $J_{\text{кр}}$  – крутний момент інерції щодо осі  $x$ . Після підстановки виразів для  $v$ ,  $w$  та  $\alpha$  (елементів матриці форми) і інтегрування отримаємо вираз для  $\Pi$  через вузлові деформації  $v_i$ ,  $w_i$ ,  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$ ,  $\gamma_i$  у квадратичній формі  $\Pi = 0,5(\Delta)^T K(\Delta)$ , де  $K$  – матриця жорсткості елемента.

**Табл. 1. Вирази для матриці форми стрижневого елемента**

Переміщення у вузлах	Поліном переміщення				
	$v(x)$	$w(x)$	$\alpha(x)$	$\beta(x)$	$\gamma(x)$
$v_i$	$\frac{3x^2}{l_i^2} - \frac{2x^3}{l_i^3}$	0	0	0	$\frac{6x}{l_i^2} - \frac{6x^2}{l_i^3}$
$w_i$	0	$\frac{3x^2}{l_i^2} - \frac{2x^3}{l_i^3}$	0	$\frac{6x}{l_i^2} - \frac{6x^2}{l_i^3}$	0
$\alpha_i$	0	0	$\frac{x}{l_i}$	0	0
$\beta_i$	0	$-\frac{x^2}{l_i^2} - \frac{x^3}{l_i^3}$	0	$-\frac{2x}{l_i} - \frac{3x^2}{l_i^2}$	0
$\gamma_i$	$-\frac{x^2}{l_i} - \frac{x^3}{l_i^2}$	0	0	0	$-\frac{2x}{l_i} - \frac{3x^3}{l_i^2}$

Кожен елемент матриці жорсткості  $K$  є коефіцієнт жорсткості, що характеризується значення сили і переміщенням у напрямку дії сили, рівним одиниці. При цьому всі інші переміщення приймаються рівними нулю. Матрицю податливості стержневого елемента отримуємо шляхом обертання матриці жорсткості  $K$  (табл. 2). У нашому випадку розглянемо розрахунок жорсткості елемента маніпулятора – рукояті. Для спрощення розв’язання задачі приймаємо, що її конструктивні елементи будемо вважати стрижневими. Деформація рукояті, як окремого елемента, під дією зовнішнього навантаження визначається деформаціями різних елементів. Отже, загальна податливість може бути представлена у вигляді суми податливостей елементів, які викликані деформаціями окремих елементів технічної системи.

**Табл. 2. Матриця податливості елемента машини маніпуляторного типу**

Переміщення у вузлах	Значення величини зусилля				
	$P_{yi}$	$P_{zi}$	$M_{xi}$	$M_{yi}$	$M_{zi}$
$v_i$	$\frac{12EJ_z}{l_i^3}$	0	0	0	$-\frac{6EJ_z}{l_i^2}$
$\omega_i$	0	$\frac{12EJ_x}{l_i^3}$	0	$-\frac{6EJ_y}{l_i^2}$	0
$\alpha_i$	0	0	$\frac{6EJ_{\epsilon\delta}}{l_i}$	0	0
$\beta_i$	0	$-\frac{6EJ_x}{l_i^2}$	0	$\frac{4EJ_z}{l_i}$	0
$\gamma_i$	$-\frac{6EJ_z}{l_i^2}$	0	0	0	$\frac{4EJ_z}{l_i}$

Кожна така складова рівна податливості елемента, всі функціональні елементи якого, крім розглянутого, прийнято абсолютно жорсткими. Наприклад, стріла маніпулятора уздовж її осі  $x$  має характерну податливість, у якій її корпус деформується, а всі інші елементи – рама машини, гідравлічні циліндри, механізм обертання поворотної платформи – умовно прийняті абсолютно жорсткими.

У розглянутому прикладі стріли маніпулятора найбільш легко визначається складова податливості, викликана деформаціями корпусу стріли маніпулятора підйімально-транспортної машини матриця якої аналогічна матриці податливості елементів в цілому. Користуючись теорією опору матеріалів, визначимо деформації і розділимо їх на навантаження  $P$ :

Таким чином, визначають коефіцієнти податливості, після чого до вузлів почергово прикладаються інші реакції та аналогічним шляхом визначаються відповідні коефіцієнти податливості. Малі деформації розглядаються так як і похибки. Наведеним способом визначають всі складові податливості елемента ПТММТ.

**Висновки.** Даний підхід дозволяє розділити елементи ПТММТ на більш прості функціональні елементи, податливість яких легко визначити методами теорії опору матеріалів. Для переходу від податливості таких окремих елементів до податливості елементів підйімально-транспортних машин в цілому використовують матриці передавальних відносин, отримані в процесі силового аналізу та розрахунок елементів на точність.

## Література

1. **Korendyasev A.I., Salamandra B.L., Tyves L.I., Kaplunov S.M.** (2006) : *Teoreticheskiye osnovy robototekhniki* [Theoretical foundations of robotics]. Institute of Mechanical Engineering A.A. Blagonravov. – Moscow: Science. – Book. 2. – 376 p. (in Russian).
2. **Vigen Arakelian, Suren Sargsyan.** (2012) : On the design of serial manipulators with decoupled dynamics. *Mechatronics*. – Vol. 22:904-909.
3. **Seungnam Yu, Seungwhan Suh, Woonghee Son, Youngsoo Kim, Changsoo Han.** (2010) : Manipulator Design Strategy for a Specified Task Based on Human-Robot Collaboration. In book: *Robot Manipulators New Achievements*. – P. 621-644. DOI: <https://doi.org/10.5772/9334>.
4. **Seung Nam Yu, Seung Yeol Lee, Chang Soo Han, Kye Young Lee, Sang Heon Lee.** (2007) : Development of the curtain wall installation robot: Performance and efficiency tests at a construction site, *Autonomous Robots*. – Vol. 22(3): 281-291.
5. **Manja Kircanski.** (1996) : Kinematic isotropy and optimal kinematic design of planar manipulators and a 3-dof spatial manipulator, *Int. Journal of Robotics. Research*. – Vol. 15(1): 61-77.
6. **Przemyslaw Herman.** (2006) : Non-linearity evaluation and reduction for serial manipulators. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Journal of Multibody Dynamics. Part K*. – Vol. 220:283-291. DOI: <https://doi.org/10.1243/1464419JMBD34>
7. **Timofeev A.N.** (1982) : *Raschet i konstruirovaniye nesushchikh konstruktsii moduley stepeney podvizhnosti promyshlennykh robotov* [Calculation and design of bearing structures of modules of degrees of mobility of industrial robots]. – Leningrad : Leningrad Polytechnic Institute. – 62 p. (in Russian).

UDC 621.86.06

*Assoc. prof. B.Ya. Bakay; assist. V.M. Hobela – UNFU*

### **Formation of parameters of elements of hoisting and transport machines of manipulator type at the design stage**

Techniques and principles of designing loading machines of manipulator type are diverse and complex. Modern methods of designing loading machines and their individual elements are implemented on the basis of analysis of the technological process in which they are expected to operate. Also, to reduce the cost and reduce the time of design, manufacture and implementation of special purpose loading machines, increase their maintainability and facilitate the acquisition of many domestic and foreign companies began to use unit-modular design. This approach allows to divide the loading machines of the manipulator type into simpler functional elements, the pliability of which is easy to determine by the methods of the theory of resistance of materials. To transition from the pliability of such individual elements to the pliability of loading machines in general, use the matrix of transmission relations obtained in the process of force analysis and calculation of elements for accuracy. The aggregate-modular principle can be one of the main principles of realization of loading machines of manipulator type. This principle makes it possible, given the limited number of normalized elements to create a specialized design of the loading machine, which best meets the requirements of a particular technological task and there is no redundancy. This approach in each case allows to reduce the time of development and design of specialized hoisting machines of the manipulator type, increase reliability due to the durability of the elements included in it, reduce the cost of production by reducing the range of parts and components. It is offered to carry out formation of constructive parameters of elements of loading machines of manipulator type at a design stage by carrying out the power analysis and calculation of elements on accuracy. This improves the known design solutions, making them more suitable for practical application.

**Keywords:** branch mechanical engineering; manipulator type machines; designing; lifting and transport machine.

## ТЕХНОЛОГІЇ МДФ-ФАСАДІВ

Встановлено, що достойною альтернативою меблевим фасадам з натуральної деревини є фасади з МДФ матеріалів : погонажу та плит. Розглянуто конструкції та зроблено порівняльний аналіз конструкцій трьох МДФ-фасадів: МДФ-Фасад№1 для прихожої рамково-тахлевої конструкції (тахля - плита МДФ, бруски – профіль МДФ), фасад-МДФ№2 для прихожої рамково-тахлевої конструкції (тахля - плита МДФ, бруски – масив), фасад-МДФ№3 фарбований для прихожої (основа дверей – плита МДФ). Підібрано та розраховано сучасні матеріали для створення трьох варіантів МДФ-фасадів, що мають різні конструктивні елементи та декор. Розроблено методику порівняльних досліджень технологічних процесів МДФ-фасадів , що мають різні складові та комплектуючі елементи. Підібрано сучасне обладнання для здійснення технологічних операцій під час створення МДФ-фасадів прийнятого різновиду досліджень. Розраховано прийняте обладнання та проаналізовано загальну вартість для створення трьох варіантів МДФ-фасадів. Розроблено технологічні маршрути та побудовано плани цехів з підбором прийнятого устаткування для створення трьох варіантів МДФ-фасадів. Зроблено порівняльний аналіз технологічних процесів та вибрано раціональний різновид із створення фасадних МДФ-фасадів прийнятої конструкції. Розраховано терміни окупності інвестиційних витрат для кожного варіанту. Встановлено, що найбільшими є витрати за другим варіантом виробничого процесу виготовлення МДФ-фасадів для прихожих кімнат. Найвище значення показника економічної ефективності - за першим варіантом інвестиційних вкладень. Термін окупності за цим варіантом становить 0,41 року. Таким чином, встановлено, що раціональним та престижним є МДФ-фасад рамково-тахлевої конструкції та рекомендовано для впровадження у виробництво технологічних рішень з його виготовлення для комплектування корпусів меблевих виробів.

**Ключові слова.** Фасади меблеві, МДФ-Фасад, МДФ-плита, конструкції фасадів, вироби з деревини, технологічні процеси, технології виготовлення.

**Актуальність.** Останнім часом меблева промисловість України все більше починає використовувати прогресивні личкувальні та конструкційні плитні матеріали, зокрема, новий конструкційний матеріал — деревноволокнисту плиту середньої щільності – **МДФ** (Medium Density Fiberboard, **MDF**) [1, 2, 15-16]. Висока стабільність плит МДФ та однорідність по всій площині зумовлює їх легку обробку як по площині, так і по крайках. Їх можна легко фрезерувати, обробляти на токарних верстатах, розрізати та пресувати. Ідеально відшліфована поверхня плит МДФ дає змогу їх личкувати, ламінувати, опоряджувати або фарбувати.

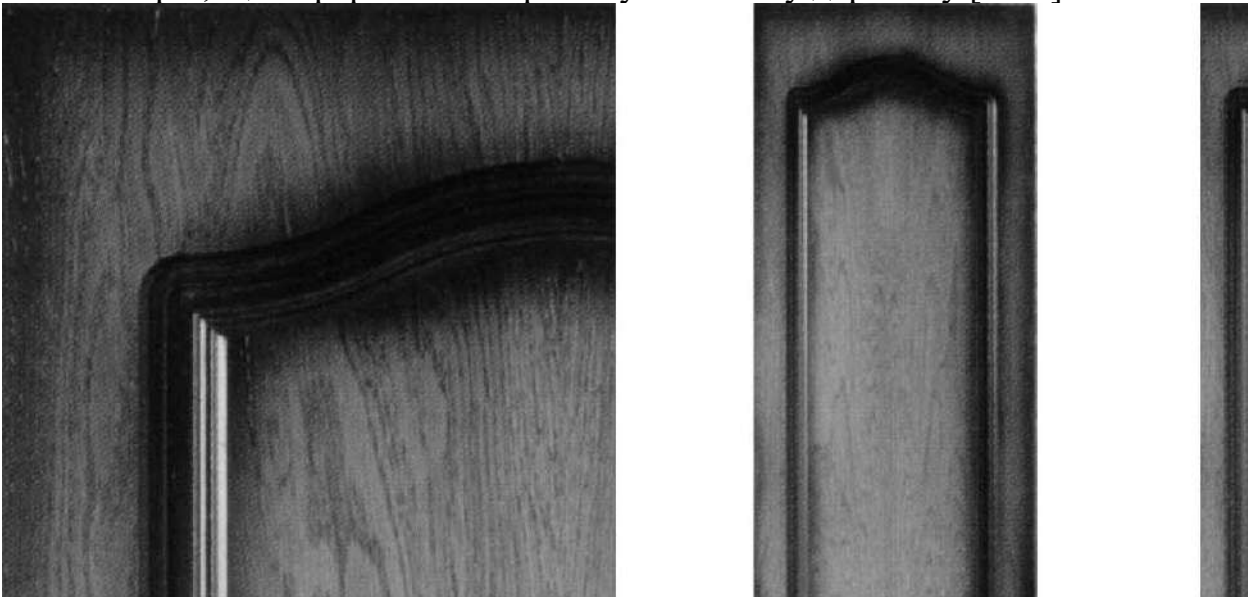
Працюючи з плитами **МДФ**, вдасться скоротити ряд операцій з обробки, що дає можливість скоротити виробничі витрати й отримати виріб вищої якості. Виходячи з досвіду закордонних та вітчизняних підприємств, для обробки плит **МДФ** можна використовувати обладнання, що традиційно застосовується на деревообробних підприємствах, починаючи від розкрою плит та закінчуючи профільною обробкою. Сучасні меблеві вироби, зокрема корпусні, мають бути екстравагантними, красивими, естетичними та функціональними [1-10]. Основним складовим елементом корпусних меблів є фасад. Використання плит **МДФ** для виготовлення фасадів та інших елементів виробів із деревини дає змогу отримати високоякісні конкурентоздатні вироби, що відповідають сучасним естетичним вимогам. Зрозуміло, що є багато конструкцій та Різновидів їх виготовлення. Але в кінцевому, завершеному вигляді меблеві фасади є ізіюминкою меблевого виробу: чи то стінок кухні, чи стінок вітальні [3, 5, 8, 10, 16].



**Проблема для вирішення** – це проектування технологічних процесів з виробництва меблевих фасадів з використанням плит МДФ, та вибір раціонального варіанту із трьох запропонованих, що базується меншому терміну окупності – відношенні отриманого прибутку до інвестиційних затрат. Зрозуміло, що кожен власник підприємства може використовувати будь який різновид, або і всі три різновиди, збільшуючи асортимент меблевої фасадної продукції. У теперішній час застосування МДФ-фасадів надасть можливість виготовити швидко реалізовані меблеві корпусні вироби, що відповідають призначенню, а також естетичним та дизайнерським вимогам.

**Аналіз стану питання.** Останнім часом меблева промисловість України все більше починає використовувати прогресивні конструкційні плитні та личкувальні матеріали (рис. 1), зокрема, новий конструкційний матеріал — деревноволокнисту плиту середньої щільності — МДФ (Medium Density Fiberboard, **MDF**). Індустріальним методом перша плита МДФ була виготовлена в 1965 році в США. В Європі перші плити МДФ з'явилися у 70-х роках, їх виробництво почала східнонімецька фірма "Фадерплаттенверк", відома сьогодні як "Бествуд". У Європі працюють понад 50 підприємств із виробництва плит МДФ, що виготовляють більше 38 % від світового виробництва. Обсяги споживання плит МДФ зросли з 8900,0 м<sup>3</sup> у 2015 році до 15000,00 м<sup>3</sup> у 2018 [1, 10-14].

Зараз у Костополі працює завод з виготовлення МДФ плит потужністю понад 350 тис. м<sup>2</sup> в рік, що переробляє і первинну і вживану деревину [3-16].



*Рис. 1. Личковані плити МДФ*

Корпусні меблеві вироби є атрибутом сучасної квартири. У сучасних квартирах безумовно – це безумовно, прихожі, стінки прихож, чи будь які інші меблеві вироби, що бачить людина, прийшовши в гості. Ці меблеві вироби повинні відповідати в першу чергу функціональним, естетичним та екологічним вимогам. Купуючи корпусні меблі, не зайвим буде випробувати виріб на стійкість і міцність. У тому випадку, якщо тумба стоїть на підлозі нестійко, або система відкриття дверей створює шум, рекомендується утриматися від придбання, тому як такі меблі швидко прийдуть в непридатність.

Важливим буде звернути увагу на якість обробки і корпусу. Видимі оку відколи й кріплення на прямолінійних деталях вважаються ознакою неякісного

виробу. Якісні і надійні меблі завжди оснащені відмінною фурнітурою з емблемою фірми-виробника, а дверцята обладнані сучасними завісами. Без перебільшення, можна сказати, що зовнішній вигляд сучасних житлових кімнат, багато в чому залежить від меблевих фасадів. Більшість експертів сходяться на тому, що саме фасади задають тон в сприйнятті того або іншого інтер'єру, оскільки по розташуванню займають всю передню панель в корпусних меблях.

Більш економічними і не менш якісними є корпусні меблі, виготовлені з МДФ. За своїми характеристиками вони нічим не поступається виробам з натурального дерева. Дорожчий варіант – фасади МДФ, покриті плівкою ПВХ, фарбовані. Наступна цінова категорія - досить недешева пропозиція на ринку - фасади МДФ шпоновані. Наприклад, для плит товщиною 18 мм: щільність — 700...750 кг/м<sup>3</sup>; межа міцності при згині — 40 МПа; межа міцності при розтягу перпендикулярно пласті — 0,8 МПа; модуль пружності — 3500 МПа [16, 17]. Вітчизняними меблевими підприємствами виготовляються фасади зрізних конструкційних матеріалів, що покриваються плівками або лакофарбовими матеріалами переважно кількох видів, у тому числі [1, 7, 16]:

- з плоским личкуванням площин натуральним шпоном та з подальшим рельєфним фрезеруванням;
- з попереднім рельєфним фрезеруванням площин, крайок та з наступним личкуванням плівками в мембранних пресах;
- рамково-тахлевої конструкції — рамка виготовляється з МДФ (тахля - плита МДФ);
- рамково-тахлевої конструкції — рамка виготовляється з натуральної масивної деревини (тахля - меблевий щит)
- з рельєфним фрезеруванням площин та крайок із наступним опорядженням лакофарбовими матеріалами.

Технологія виготовлення **фасадних рельєфних елементів** полягає в тому, що після обробки заготовок на обробних центрах відбувається личкування їх на мембранних пресах для одержання готового виробу. Причому використання будь-якого комп'ютеризованого обробного центру дозволяє одержувати практично необмежений набір різноманітних видів малюнків, що в умовах кон'юнктури, яка швидко змінюється, і попиту на ринку виробів з деревини є дуже суттєвим.

**Мета роботи** – провести порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення фасадів меблевих виробів для прихожих кімнат. **Об'єкт дослідження** – технологічні процеси виготовлення фасадів меблевих виробів на основі різних конструкційних матеріалів. **Предмет дослідження** – порівняльний аналіз технологічних процесів виготовлення фасадів меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів.

#### **Завдання досліджень:**

1. Виконати розрахунок сировину, матеріали, фурнітуру для кожного вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів
2. Виконати розрахунок існуюче прогресивне деревообробне обладнання сучасних фірм для кожного вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів
3. Розробити та проаналізувати технологічні маршрути для кожного вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів
4. Розробити планів цехів для кожного виду МДФ-фасаду

5. Виконати порівняльний аналіз завантаженості обладнання та устаткування кожного вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат
6. Виконати порівняльний аналіз вартості обладнання та устаткування кожного вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат на основі конструкційних матеріалів
7. Виконати порівняльний аналіз числа робочих для кожної технології із вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів
8. Здійснити вибір та пропозицію найбільш раціонального технологічного рішення з виробництва фасадів для меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів

### **Матеріали, технології, обладнання та методика досліджень.**

Методика порівняльних досліджень технологічних процесів отримання МДФ-фасадів, що мають різні складові та комплектуючі елементи включає:

- Розроблення трьох конструкцій МДФ-фасадів;
- Розроблення технологічних процесів для кожного варіанту МДФ-фасадів;
- Розрахунок прийнятого обладнання та устаткування та його аналіз кількістю та за ціною для створення трьох варіантів МДФ-фасадів
- Підбір кількості виробничого персоналу та аналіз чисельності для створення трьох варіантів МДФ-фасадів
- Вибір раціонального технологічного процесу виготовлення МДФ-фасадів різних конструкцій, при чому з врахуванням потужності обладнання, обслуговуючого персоналу, затрат на енергію.

Для проведення детального аналізу здійснення порівняльних досліджень було вибрано три типи фасадів з річною програмою 3900 шт. (рис. 2.):

- Фасад МДФ для прихожої рамково-тахлевої конструкції (тахля - плита МДФ, бруски – профіль МДФ),
- Фасад з масивної деревини для прихожої рамково-тахлевої конструкції (тахля - плита МДФ, бруски – масив),
- Фасад фарбований для прихожої (основа дверки – плита МДФ).

Методика порівняльного аналізу технологій для виготовлення кожного вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів включає:

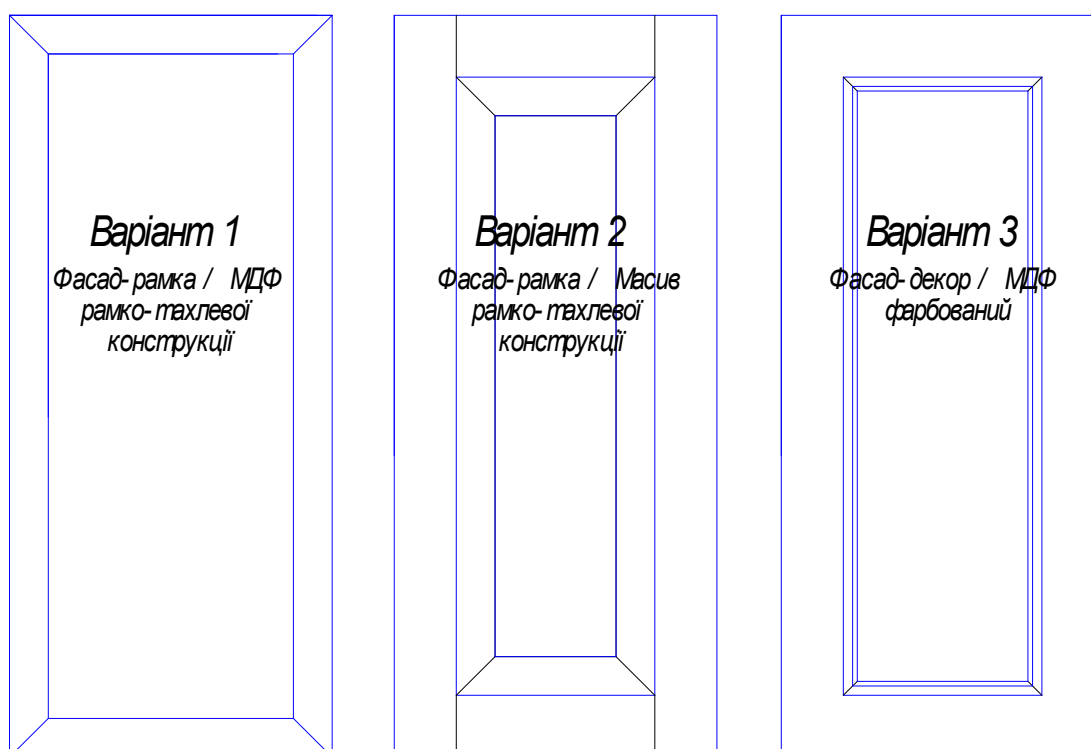
- Порівняльний аналіз завантаженості обладнання та устаткування кожного вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів
- Порівняльний аналіз вартості обладнання та устаткування кожного вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів
- Порівняльний аналіз числа робочих для кожної технології із вибраного МДФ-фасаду меблевих виробів для прихожих кімнат

Вибір та пропозиція найбільш раціонального технологічного рішення з виробництва фасадів для меблевих виробів для прихожих кімнат на основі різних конструкційних матеріалів виходячи із вартості обладнання, кількості працюючих та затрат на електроенергію, яка напряму зв'язана з виробничою потужністю підбраного обладнання.

На будь якому виробництві фасади корпусних меблів можна робити за різними технологіями, але типові технології під час створення МДФ-фасадів все одно включають такі операції, які залежать від конструктивних особливостей:

1. Вхідний контроль матеріалів, фурнітури, покупних матеріалів та комплектуючих
2. Аналіз конструкцій, що визначає підбирання заготовок деревних порід
3. Розкрій на дошки на відрізки дощок певної кратної довжини на заготовки
4. Торцювання за довжиною на кратні чорнові меблеві заготовки.
5. Фрезерування двобічне за товщиною або чотирибічне за перерізом
6. Формування шипів з використанням фрези відповідного профілю
7. Підбір рейок, бездефектних відрізків за текстурою
8. Склеювання в щити відповідних розмірів. Технологічна витримка
9. Формування тахель у ваймах з наступним фрезеруванням за контуром
10. Розкрій погонажу МДФ
11. Складання рамково-тахлевих дверей, тобто фасадів.
12. Складання рамок у ваймах чи пресах з точною фіксацію прямих кутів на з'єднаннях
13. Фрезерування рамок за контуром після технологічної витримки.
14. Складання рамко-скляних меблевих фасадів з використанням декоративних шнурків або з використанням дерев'яних штапиків
15. Форматні плити МДФ проходять розкроювання на відповідні розміри.
16. Отримані заготовки – Фасади з МДФ-плити обробляються за контуром з використанням фрези відповідного профілю
17. В-т для шліфування всіх видів фасадів різним відповідним устаткуванням, але в основному пелюстковим інструментом
18. Контроль якості фасадів МДФ-фасадів певної конструкції з листяних порід
19. Виконання присадки отворів, під чашки завіс, під ручки, тощо
20. Виконання опорядження
21. Складування та пакування отриманої продукції МДФ-фасадів певної конструкції з листяних порід на відведені місця

•



**Рис. 2. Форми МДФ-фасадів для дослідження**

Таким чином, розроблено методику для порівняння технологічних процесів під час створення фасадних МДФ-фасадів, що мають різні складові та комплектуючі елементи; підбрано матеріали для створення трьох конструкцій меблевих фасадів для здійснення порівняльних досліджень; проаналізовано типовий технологічний процес для виготовлення фасадних МДФ-фасадів.

**Результати досліджень та обговорення.** Результати підбору матеріалів та його розрахунку зі створення МДФ-фасадів на ведені у табл. 1.

**Таблиця 1. Розрахунок матеріалів для трьох МДФ-фасадів**

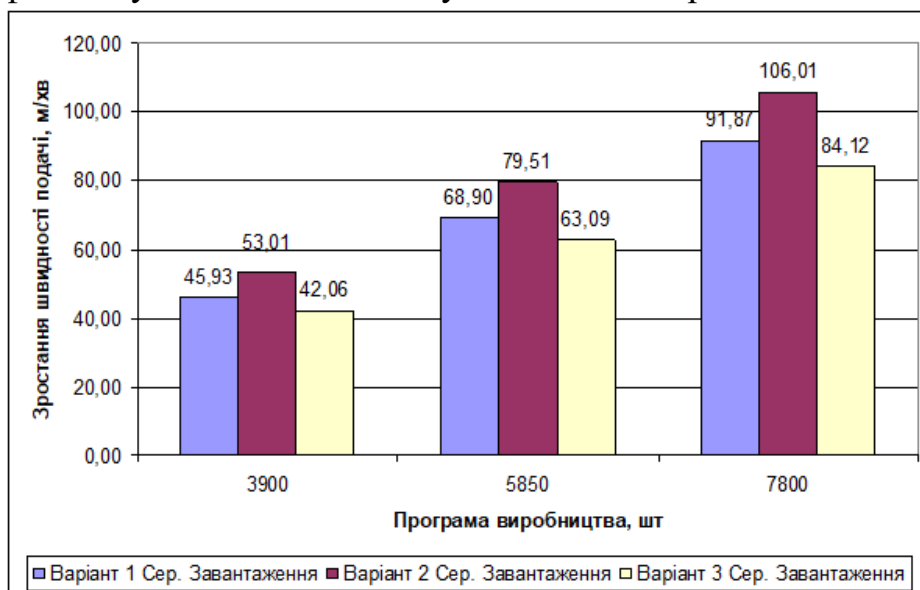
	Тип вхідного матеріалу	Позначення	Ціна комплектуючих	Комплект	Затрати на програму 3900 шт	Затрати в тисячах грн.
B1	Профіль MDF, 22	м.п.	165	2,9886	11655,65	1923,18
B1	Плита MDF, 10	м2	5200	0,0032	12,39	64,41
	РАЗОМ					1987,59
B2	Тв.л.п.	м3	4900	0,2671	1041,8655	5105,14
B2	Плита МДФ, 20	м3	15800	0,0049	19,1630	302,78
B2	Клей ПВАД	кг	134	0,0099	38,4384	5,15
B2	Шліф. стрічка, 120-150	м2	57	0,0104	40,4711	2,31
	РАЗОМ					5407,92
B3	Плита МДФ, 18	м3	5600	0,0077	30,1129	168,63
B3	Нітроцелюл. лак НЦ-243.	кг	350	0,5090	1984,9190	694,72
B3	Грунтовка НЦ-0140.	кг	190	0,0210	81,7390	15,53
B3	Шліф. стрічка, 150-180	м2	82	0,0096	37,3801	3,07
	РАЗОМ					881,95

Результати підбору сучасного обладнання та його розрахунок для створення трьох варіантів МДФ-фасадів різних прийнятих конструкцій подані та представлені у табл. 2.

**Таблиця 2. Моделі верстатів для трьох технологій**

№	Назва обладнання	Варіант 1.МДФ-Р	Варіант 2.МДФ-Т	Варіант 3.МДФ-Ф
1	В-т форматно-розкрійний	SC-32	SC-32	SC-32
2	В-т торцювальний	MWM-200		
4	В-т шипорізний		T-270	
5	Вайма складальна	PP-8-2	GS-3	
6	В-т обробний центр		WE-550	WE-550
	Розпилювальна кабіна			PK-4
7	В-т шліфувальний		R-1200	ШПВ-5
	Всього одиниць обладнання	3	5	4

Порівняльний аналіз завантаженості підбраного обладнання для виготовлення трьох МДФ-фасадів у кількості 3900 штук наведено на рис. 3.



**Рис. 3. Лінійна номограма порівняльного аналізу завантаженості обладнання для виготовлення трьох конструкцій МДФ-фасадів.**

Підбір технологічних операцій та оформлення технологічних маршрутів для створення трьох варіантів МДФ-фасадів подано на рис. 4-6.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Технологічний маршрут виготовлення МДФ-фасаду №1										
Назва складальної одиниці	Позначення по специфікації	Кількість	Розміри			PM	SC-32	MWM-200		
			Д	Ш	Т	Вхідний контроль	розкроїти МДФ	розкроїти МДФ погонаж		

**Рис. 4. Технологічний маршрут на створення МДФ-фасаду №1 Рамка-МДФ**

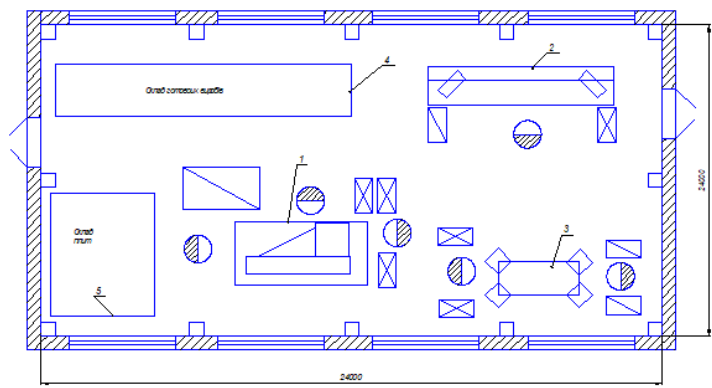
Технологічний маршрут виготовлення МДФ-фасаду №2											
Назва складальної одиниці	Позначення по специфікації	Кількість	Розміри			PM	SC-32	T-270	WE-550	PM	GS-3
			Д	Ш	Т	Вхідний контроль	розкроїти МДФ	Формувати шиши та провущини	Фрезерувати тахлю	Нанести клеї	Скласти фасад

**Рис. 5. Технологічний маршрут на створення МДФ-фасаду №2 Рамка-тахля**

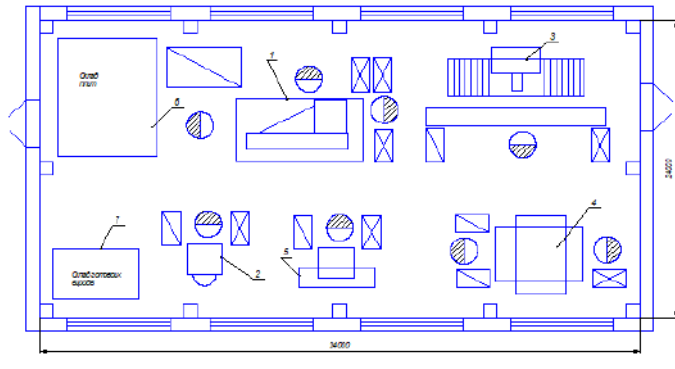
Технологічний маршрут виготовлення дверей МДФ/фарба										
Назва складальної одиниці	Позначення по специфікації	Кількість	Розміри			PM	CS-32	WE-550	PK	ПППВ-5
			Д	Ш	Т	Вхідний контроль	роїти MDF	увати паз та пласти	ти ґрунтівку	півувати

**Рис. 6. Технологічний маршрут на створення МДФ-фасаду №3 МДФ-Фарба**

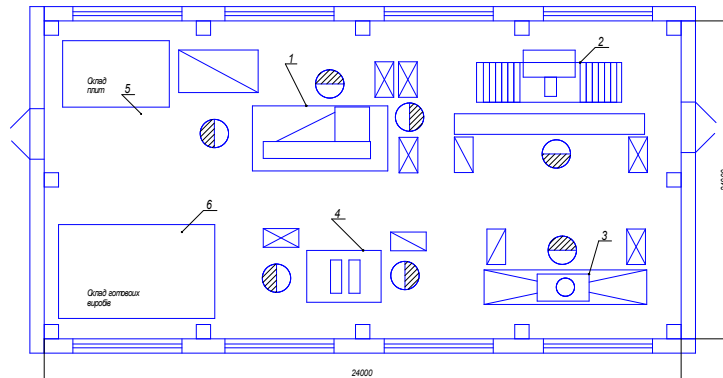
Побудова планів цехів з підбором прийнятого устаткування для створення трьох варіантів МДФ-фасадів представлено на рис. 7-9.



**Рис. 7. Планування цеху зі створення МДФ-фасаду №1 Рамка-МДФ**

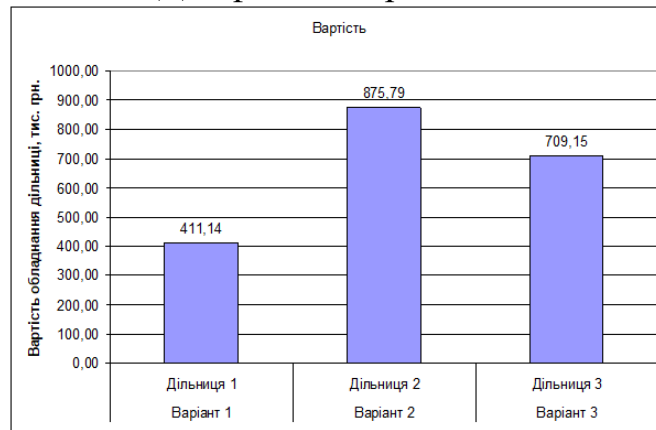


**Рис. 8. Планування цеху зі створення МДФ-фасаду №2 Рамка-тахля**



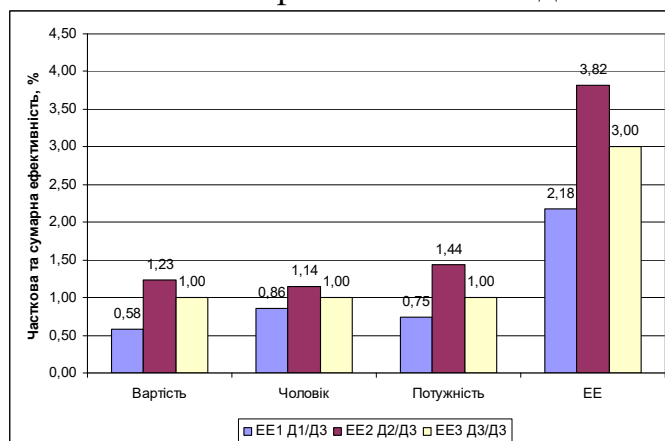
**Рис. 9. Планування цеху зі створення МДФ-фасаду №3 МДФ-Фарба**

Під обладнання та устаткування за ціною та аналіз загальної вартості для створення трьох різновидів МДФ-фасадів представлений на рис. 10.



**Рис. 10. Сукупна вартість обладнання цеху та аналіз затрат на нього для кожної технології виготовлення МДФ-фасадів**

Вибір оптимального технологічного процесу створення МДФ-фасадів за результатами часткових економічних ефективностей поданий на рис. 11.



**Рис. 11. Вибір оптимального технологічного процесу створення МДФ-фасадів за результатами часткових економічних ефективностей**

Результати економічного обґрунтування вибору варіанту виробничого процесу за показником економічної ефективності – діленням прибутку на затрати. Було проведено паралельно три розрахунки, які включали всі матеріальні витрати, тобто прямі затрати, зарплату робочих, витрати на страхування, а це 22 %, інші загальні розподілені витрати, а також операційні затрати. Кошторис виробничої собівартості розраховано та подано для трьох у табл. 3

**Таблиця 3. Кошторис виробничої собівартості**

№з/п	Статті витрат	Варіант №1	Варіант №2	Варіант №3
1	Прямі матеріальні витрати	2226,63	6063,34	987,38
2	Прямі витрати на оплату праці	864,00	1152,00	1008,00
3	Відрахування на страхування	190,08	253,44	221,76
4	Розподілені виробничі витрати	1649,40	1906,03	1814,00
5	Виробнича собівартість)	4930,11	9374,81	4031,14
6	Витрати операційної діяльності	1018,66	1245,02	1131,84
7.	Повна собівартість	5948,77	10619,83	9194,12
8	<b>Прибуток до оподаткування</b>	<b>1189,75</b>	<b>2123,97</b>	<b>1838,82</b>

Отже, найбільшими є витрати за другим варіантом виробничого процесу виготовлення фасадів для прихожих кімнат. Визначимо показник економічної ефективності інвестиційних вкладень та термін окупності інвестицій:

Варіант №1  $E1=1189,75/493,37 = 2,41$ , Ток1=1/2,41=0,41 року

Варіант №2  $E2=2123,97/1050,95=2,02$ , Ток2=1/2,02=0,50 років

Варіант №3  $E3=1838,82/850,98 = 2,16$ , Ток1=1/0,64=0,46 років

Найвище значення показника економічної ефективності - за 1 варіантом інвестиційних вкладень. Термін окупності за цим варіантом становить 0,41 року.

### **Висновки.**

1. Встановлено, що достойною альтернативою меблеквим фасадам з натуральної деревини є фасади з МДФ матеріалів : погонажу та плит.

2. Розглянуто конструкції та зроблено порівняльний аналіз конструкцій трьох МДФ-фасадів: МДФ-Фасад№1 для прихожої рамково-тахлевої конструкції (тахля - плита МДФ, бруски – профіль МДФ), фасад-МДФ№2 для прихожої рамково-тахлевої конструкції (тахля - плита МДФ, бруски – масив), фасад-МДФ№3 фарбований для прихожої (дверка – плита МДФ).

3. Підібрано та розраховано сучасні матеріали для створення трьох варіантів МДФ-фасадів, що мають різні конструктивні елементи та декор.



4. Розроблено методику порівняльних досліджень технологічних процесів МДФ-фасадів , що мають різні складові та комплектуючі елементи.

5. Підібрано сучасне обладнання для здійснення технологічних операцій під час створення МДФ-фасадів прийнятого різновиду досліджень.

6. Розроблено технологічні маршрути та побудовано плани цехів з підбором прийнятого устаткування для створення трьох варіантів МДФ-фасадів.

7. Зроблено порівняльний аналіз технологічних процесів та вибрано раціональний різновид із створення фасадних МДФ-фасадів прийнятої конструкції.

8. Розраховано терміни окупності інвестиційних витрат для кожного варіанту. Встановлено, що найбільшими є витрати за другим варіантом виробничого процесу виготовлення МДФ-фасадів для прихожих кімнат. Найвище значення показника економічної ефективності - за першим варіантом інвестиційних вкладень. Термін окупності за цим варіантом - 0,41 року.

9. Таким чином, встановлено, що раціональним та престижним є МДФ-фасад рамково-тахлевої конструкції та рекомендовано для впровадження у виробництво технологічних рішень з його виготовлення для комплектування корпусів меблевих виробів. Крім того, застосування в асортименті МДФ-фасадів надасть можливість підприємцям виготовляти швидкоореалізовані вироби, що відповідають призначенню, а також естетичним та дизайнерським вимогам.

## References

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

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

3. **Gayda S.V.** (2018): Дослідження та аналіз характеристик щитових конструкцій із вживаної деревини / *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktsiy iz vzhivanoyi 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>

4. **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 vzhivanoyi 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).

5. **Gayda S.V.** (2017): *Tekhnologiya i svoystva mebel'nogo shchita iz vtorichno ispol'zue moy drevesiny* [A technology and properties of furniture board made of post-consumer wood]. *Actual problems of forest complex* 48:34-38, (in Russian).

6. **Gayda S.V.** (2016): *Ekologo-tekhnologicheskiye aspekty pererabotki vtorichno ispol'zue moy 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).

7. **Gayda S.V.** (2016): Технологічні підходи до поверхневого очищення вживаної деревини голкофрезерним інструментом / *Tekhnolohichni pidkhody do poverkhnevoho ochyshchennya vzhivanoyi 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).

8. **Gayda S.V., Ya.M. Bilyy** (2016): Дослідження формостійкості клеєних щитів із вживаної деревини / *Doslidzhennya formostiystkosti kleenykh shchytiv iz vzhivanoyi 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>

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

10. **Gayda S.V.** (2015): *Tekhnologii i fiziko-mekhanichni vlastivosti stolyarnikh plit iz vzhivanoї 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).
11. **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).
12. **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).
13. **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 vzhivanoї 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).
14. **Gayda, S.V.** [2007]: Проблема деревної сировини у Європі та Україні / *Problema derevnoї 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).
15. **Gayda S.V.** (2001): Rational constructing of wood Products. Lviv: BMC. – 93 p.
16. **Gayda S.V.** (2000): Materials for the Production of wood Products. Lviv: BMC. – 160 p.
17. **Zayats I.M.** [1995]: *Tekhnolohiya vyrobiv z derevyny* [Technology of wood products]: Kyiv, 1995. (in Ukrainian).

UDC 684.416.2

*Prof. Gayda S.V. Doctor of Sciences - UNFU*

## MDF-FACADE TECHNOLOGIES

It is established that a worthy alternative to furniture facades made of natural wood are facades made of MDF materials: moldings and boards. The constructions are considered and the comparative analysis of constructions of three MDF facades is considered: MDF-Facade№1 for a hall frame-and-tile construction (a tile - a plate of MDF, bars - a MDF profile), a facade-MDF№2 for a hall frame-and-tile design (a tile) - MDF board, bars - solid wood), MDF-3 facade painted for the hallway (door base - MDF board). Modern materials for the creation of three versions of MDF facades with different structural elements and decor have been selected and calculated. A method of comparative research of technological processes of MDF facades with different components and components has been developed. Modern equipment for technological operations during the creation of MDF facades of the accepted type of research has been selected. The received equipment is calculated and the total cost for creation of three options of MDF facades is analyzed. Technological routes have been developed and plans of shops with selection of the accepted equipment for creation of three variants of MDF facades are constructed. The comparative analysis of technological processes is made and the rational variant on creation of front MDF facades of the accepted design is chosen. The payback period of investment costs for each option is calculated. It was found that the largest costs are for the second variant of the production process of MDF facades for hallways. The highest value of economic efficiency - the first option of investment. The payback period for this option is 0.41 years. Thus, it was established that the MDF facade of the frame-and-tile construction is rational and prestigious, and it is recommended for the introduction into production of technological solutions for its production for the assembly of furniture housings. In addition, the use of MDF facades in the range will give entrepreneurs the opportunity to produce quick-selling furniture products that meet the purpose, as well as aesthetic and design requirements.

**Keywords.** Furniture facades, MDF-facade, MDF board, facade constructions, wood products, technological processes, manufacturing technologies.

**КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ МЕБЛЕВИХ ЩИТІВ В НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТАХ** doi: <https://doi.org/10.36930/42184411>

Зроблено детальний аналіз нормативних документів на меблевi щити. Проаналізовано нормативну бази на меблевi щити, зокрема наступні документи: ДСТУ EN 12775:2004. Щити дерев'яні. Класифікація та термінологія (EN 12775:2001, IDT), ДСТУ EN 13017-1:2004, ДСТУ EN 13017-2:2004, ДСТУ EN 13354:2009, ДСТУ EN 14080:2013. З'ясовано, що якість меблевих щитів визначають згідно DIN EN 13017-1:2000 (ДСТУ EN 13017-1:2004 – для шпилькових порід) та DIN EN 13017-2:2000 (ДСТУ EN 13017-2:2004 – для листяних порід). Меблевi щити шпилькових порід поділяють на 5 класів якості поверхні (0, А, В, С, S), листяних порід – на 3 класи (А, В, С). Якість визначають по кращій стороні, а при маркуванні вказують дві сторони – лицеву та зворотну (для прикладу А/В). Визначено, що найбільш поширеними вадами, що впливають на якість меблевих щитів, є сучки, тріщини, косошароватість та інші які класифікуються згідно ДСТУ 2152-93 і вимірюються за EN 1310:1997 (ДСТУ EN1310:2005). Встановлено сфери використання меблевих щитів, які класифікують згідно EN 13353:2008 на 3 класи: SWP1 (у сухих умовах): SWP2 (у вологих умовах): SWP3 (у атмосферних умовах). Проаналізовано основні типи конструкцій меблевих щитів, які випускаються вітчизняними та Європейськими підприємствами. Встановлено, що на ринку України найбільш поширеними рекомендаціями для виготовлення меблевого щита є такі породи: дуб, бук, ясен та сосна із такими найбільш типовими розмірами на габарити цього щитового матеріалу: товщина 18, 20, 28, 30 та 40 мм, ширина — 300, 600, 900 та 1200 мм та довжиною 1000, 2000, 3000, 4000 та 5000 мм. Заплановано провести більш глибокий аналіз дослідження формозміни одношарових дощатих щитів 5 товщин (18, 23, 30, 37 та 42 мм) з ширинами ділянок ламелей 20, 32, 50, 68 та 80 мм, та довжинами цих ділянок — 150, 322, 575, 828 та 1000 (цільноламельний щит) мм, при впливі на них температурно-вологісних чинників.

**Ключові слова:** меблевий щит, вади деревини, стандарти, геометричні розміри ділянок ламелей, конструкції, формостійкість, анізотропність деревини.

**Проблема, актуальність та мета досліджень.** Одним з основних конструкційних матеріалів меблевої промисловості на сьогодні, незважаючи на появу нових деревнопохідних матеріалів, розвиток хімічної промисловості, економічні та інші чинники, залишаються вироби на основі меблевого щита. Це, в першу чергу, пов'язано з попитом на продукцію з природного екологічно-чистого матеріалу з красивим зовнішнім виглядом поверхні деревини. Окрім того, меблевi щити володіють цілим переліком переваг над цільною деревиною, а саме – кращою міцністю, формостійкістю та можливістю виготовлення деталей більших розмірів. Також, меблевi щити, як і інші матеріали на основі деревини, легко піддаються ремонту, є екологічними (зв'язують молекули CO<sub>2</sub> у виробах), та можуть поєднуватися з іншими матеріалами такими як пластик, метал, граніт, мармур. Поряд з перевагами меблевi щити мають і недоліки, основними серед яких є торцеві тріщини в місцях склеювання, особливо на торцях щита, ділянки несклеювання ламелей, формозмінність в процесі експлуатації та неоднорідність текстури за кольором.

Сьогодні меблевій галузі існує дві проблеми – проблема первинних деревинних ресурсів та проблема накопичення деревинних відходів.

Стан у процесах одержання конструктивних елементів:

- деревина – основний конструкційний матеріал для створення різних типів та видів ґратчастих меблевих виробів
- максимальний переріз заготовок у меблевому виробництві – 50x90 мм
- рекомендовано брати суцільні заготовки не ширші, ніж 90 мм

Проблема монолітних заготовок:

- під дією вологи та температури – деталі піддаються жолобленню;
- деформації приводять до зміни форми та появи тріщин;
- нерівномірна щільність у зонах деталі зумовлює нерівномірне усихання.

Вирішення проблеми – склеювання:

- за шириною – змикання брусків по крайці має бути протилежним напрямку їх жолоблення;
- за товщиною – склеювати поверхні – ядрові до ядрових, периферійні до периферійних пластей;
- за довжиною – зрощування з перепадом  $W=1-2\%$ .

Актуальність – перероблення бездефектних короткомірних заготовок з метою одержання якісних конструктивних елементів, зокрема, зрощених елементів, тобто ламелей, що є складовими меблевого щита.

Сенс – одержання переклеєних деталей – це поліпшення якісних властивостей конструктивних елементів для виготовлення меблевих виробів.

Недолік – додаткові витрати. Переваги та актуальність склеювання:

- міцність переклеєних деталей вища від цільної деревини тому, що значно знижується вплив вад деревини за рахунок їх розосередження;
- переклеєні деталі мають високу формостійкість, що має особливе значення в сучасному висококомеханізованому виробництві, яке базується на взаємозамінності;
- у виготовленні переклеєних деталей більш раціонально використовуються цінна деревина і ділові відходи виробництва.

**Мета майбутніх досліджень** – розроблення практичних рекомендацій для стабілізації допустимих відхилень від площинності, тобто забезпечення формостійкості з врахування впливу температурно-вологісних факторів.

**Стан питання щодо нормативної бази на меблеві щити**

Для аналізу нормативної бази на меблеві щити було залучено наступні документи:

- ДСТУ EN 12775:2004. Щити дерев'яні. Класифікація та термінологія (EN 12775:2001, IDT).
- ДСТУ EN 13017-1:2004. Щити дерев'яні. Класифікація за зовнішнім виглядом. Частина 1. Хвойна деревина (EN 13017-1:2000, IDT).
- ДСТУ EN 13017-2:2004. Щити дерев'яні. Класифікація за зовнішнім виглядом. Частина 2. Листяна деревина (EN 13017-2:2000, IDT).
- ДСТУ EN 13354:2009. Щити дерев'яні. Метод визначення якості з'єднання (EN 13354:2008, IDT).
- ДСТУ EN 14080:2013. Конструкції дерев'яні. Шарувата клеєна деревина та масивна клеєна деревина. Вимоги.
- ТУ У 16.2-43497598-001:2016 «Щити меблеві. Технічні умови».
- ТУ У 16.2-38695456-001:2017, «Щити меблеві. Технічні умови».

У деревообробній галузі країн східної Європи, в тому числі і Україні, загальнопоширеною ужитковою назвою клеєного щита з натуральної деревини є термін “меблевий щит” хоча згідно прийнятої класифікації за ДСТУ EN 12775:2004 такий матеріал називаються “щит дерев'яний”. Іншими популярними назвами цього конструкційного матеріалу є “щит з масивної деревини”, “єврощит” та мо-

жливі інші назви. Термін “меблевий щит” згідно європейської класифікації за DIN EN 12775:2001 – “Solid wood panels” (ДСТУ EN 12775:2004 – український аналог стандарту) називається “щит дерев’яний”. Якість меблевих щитів визначають згідно DIN EN 13017-1:2000 (ДСТУ EN 13017-1:2004 – для шпилькових порід) та DIN EN 13017-2:2000 (ДСТУ EN 13017-2:2004 – для листяних порід). Меблеві щити шпилькових порід поділяють на 5 класів якості поверхні (0, A, B, C, S), листяних порід – на 3 класи (A, B, C). Якість визначають по кращій стороні, а при маркуванні вказують дві сторони – лицеву та зворотну (для прикладу A/B).

В Україні функціонують такі нормативні документи на «Щити меблеві. Технічні умови»: ТУ У 16.2-38695456-001:2017, ТУ У 16.2-43497598-001:2020. Існує низка інших технічних умов на даний виріб з деревини країн-сусідів, які в Україні на сьогодні фактично не використовуються: ТУ РБ 00276475.412-97, ТУ 16.К03.44-2005. В технології деревообробки, щитами називають плоскі вироби із клеєної деревини, які можуть бути личковані або не личковані. Тому, окрім меблевих щитів, розрізняють паркетні щити, тахляні щити, столярні щити (плити), щити із рейковим, із стільниковим, із стружковим чи спеціальним заповненнями, пустотілі щити. Меблеві щити є різновидністю сучасного різноманіття прогресивних дерев’яних клеєних матеріалів, до яких, окрім них, відносять клеєні шаруваті бруси із тонких ламелей (Glulam), бруси з листів шпону (LVL), бруси із смуг шпону (PSL), двотаврові балки (I-joist), бруски віконних рам та інші (EWC).

У США меблевий щит не дуже популярний. Тут широко розповсюджені такі композитні матеріали, як CLT, LVL, LSL, фанера та клеєний брус типу glulam. За конструкцією та технологією виробництва меблеві щити (SWP) схожі із CLT-панелями (EN 16351:2013), які теж вперше з’явилися в Німеччині та Австрії та стали досить популярними в наш час. Відмінність між ними полягає в технологічних параметрах та функціональному призначенні, а саме: меблевий щит — це клеєний матеріал, менших розмірів призначений для виготовлення меблевих виробів, а CLP – це уже готова клеєна конструкція яка може досягати до 20 м за довжиною, призначена для будівництва дерев’яних будинків, з уже готовими отворами для віконних та дверних проїомів та комунікацій. Основна відмінність меблевого щита від CLT-панелі (ДСТУ EN 16351:2015) в тому, що перший – це матеріал менших розмірів призначений для виготовлення меблевих виробів, друга – це готова клеєна конструкція призначена для будівництва будинків.

Найбільш поширеними вадами, що впливають на якість меблевих щитів, є сучки, тріщини, косошароватість та інші які класифікуються згідно ДСТУ 2152-93 і вимірюються за EN 1310:1997 (ДСТУ EN1310:2005). Щодо сфер використання, меблеві щити класифікують згідно EN 13353:2008: на 3 класи: SWP1 (у сухих умовах): SWP2 (у вологих умовах): SWP3 (у атмосферних умовах).

### **Результати аналізу нормативних документів щодо конструкцій та технологічних аспектів меблевих щитів**

Згідно нормативного документу щодо класифікації та термінології ДСТУ EN 12775:2004 (рис 1), за структурою дерев’яний щит буває двох видів: одношаровим (single-layer solid wood panel) та багатошаровим (multi-layer solid wood panel) із хвойних, листяних та з поєднанням порід. Одношаровий щит формується з відрізків (ламелей) склеєних на крайку за шириною, а багатошаровий – складається з кількох (як правило 3; 5) тонких шарів (пластів / пластин), розміщених си-

метрично, відносно центральної осі щита із взаємно перпендикулярним напрямком волокон ламелей у суміжних шарах.



**Рис. 1. Щити дерев'яні.  
Класифікація та термінологія (ДСТУ EN 12775:2001)**

Щити виготовляють двох типів: із відрізків з розрізами (із ділянок зістикованими по довжині) типу “SC” – щити із зрощених за довжиною ламелей; та відрізків без розрізів по довжині типу “NC” – щити із цільних ламелей фіксованої довжини. Ще одним особливим конструкційним видом одношарового зрощеного щита є щит у якого ламелі склеюються по ширині пластями до середини та крайками на лицеву поверхню щита, при цьому на поверхні видно зубчастий профіль зрощених ділянок. Такий щит часто виготовляють у випадку, коли існує необхідність із тонких заготовок отримати щит більшої товщини або для спеціальних цілей. Цікавим є той факт, що стандарт ДСТУ EN 12775:2004 використовує термін “відрізки деревини”, які можуть бути розрізаними або не розрізаними по довжині, а ламелями також називають тонкі смуги деревини товщиною 3...10 мм і шириною більше 25 мм, хоча для меблевого щита в загальнопоширеному значенні під зістикованими та незістикованими відрізками розуміють саме щити із зрощених або цільних ламелей, які за своїм зовнішнім виглядом більше нагадують дерев'яні бруски чи рейки. Зрощення ділянок у ламель за довжиною найчастіше відбувається торцевим з'єднанням на зубчастий міні-шип (довжина 5 мм), або міді-шип (10 мм), згідно ГОСТ 19414-90, що дозволяє значно економити якісну деревину при склеюванні. Інколи відрізки з'єднують дерев'яними нагелями, і вкрай рідко склеюються за довжиною стиковим плоским з'єднанням торець в торець, що значно знижує міцність матеріалу. По ширині ламелі найчастіше з'єднують на гладку фугу (в стик), хоча з метою покращення міцністних властивостей та формостійко-

сті і ліквідації тріщин, можуть використовуватися і інші типи з'єднань, такі як на вставну рейку, на шкантах, в чверть, шпунт і гребінь різних профілів (прямокутний, асиметричний, конічний, трапецевидний) відповідно до ГОСТ 9330-76, а також зубчасте з'єднання. Однак недоліком не гладких типів з'єднань є те, що можуть виникнути щілини у приляганні ламелей одна до одної. Склеювання попласті за товщиною у багатошарових щитах використовується гладка фуга, однак з метою отримання багатошарових щитів спеціального призначення може використовуватися і пластеве зубчасте з'єднання. При склеюванні використовують полівінілацетатні (ПВА) або поліуританові (УР) клеї із ступенем навантаження D3 та D4 згідно DIN EN 204:2001 (ДСТУ EN 204:2014).

Меблеві щити за якістю поверхні можуть із підбіраною текстурою, без підбору текстури оздобленими різними матеріалами (личковані, ламіновані, фанеровані, покриті лаками, оліями і т. д.), а за наявністю операції оброблення поверхні можуть бути необробленими та шліфованими (каліброваними)

У Європі та світі для визначення якості щита за зовнішнім виглядом деревини широко використовують німецькі стандарти DIN EN 13017-1:2000 та DIN EN 13017-2:2000, на основі яких розроблені власні нормативні документи європейських держав, які дублюють основні з додаванням національних аббревіатур, зокрема OENORM (Австрія), BS (Велика Британія), NS (Норвегія), СТБ (Білорусь) та ДСТУ в Україні (ДСТУ EN 13017-1:2004 для хвойних порід деревини, та ДСТУ EN 13017-2:2004 – для листяних порід деревини).

Також, у деяких країнах широко використовують і інші нормативні документи, зокрема ТУ 00276475.412-1997 та ТУ 16.К03.44-2005, а також ГОСТ 2140-81, який з 01.01.2019 офіційно відмінений, хоча на практиці досі ще використовується. Звісно, що такі підприємства не можуть орієнтуватися на експорт своєї продукції, а лише для внутрішнього ринку. Стосовно США то при виготовленні меблевих щитів країна широко використовує європейські нормативні документи, а самі стандарти США розробляються для інших матеріалів структурних композитних матеріали CLT, LVL, LSL, фанери (plywood), клеєного бруса типу glulam та ін.

Отже, відповідно до ДСТУ EN 13017-1:2004 шпилькові меблеві щити поділяють на п'ять класів сортності – 0, А, В, С, S , а ДСТУ EN 13017-2:2004 встановлює 3 класи якості поверхонь листяних дерев'яних щитів.

Якість завжди визначають по кращій поверхні щита, яку вказують в специфікації, але при маркуванні позначають обидві сторони (спочатку лицеву а потім зворотну), для прикладу А/В, В/В, А/С, та інші поєднання.

Шпилькові щити класу S використовують у будівництві для допоміжних робіт і, як правило, не поєднуються з вищими класами якості, оскільки не потребують високих вимог до якості поверхні. Ширина ламелей шпилькових порід повинна бути до 180 мм, за винятком крайніх ламелей, а довжина ділянки зрощених ламелей для шпилькових і листяних порід повинна бути не меншою 150 мм.

Основними вадами, що впливають на якість меблевих щитів є сучки, косошаровитість тріщини, наявність серцевини, червоточини, гнилизни та інші хиби будови деревини, які визначаються відповідно до ДСТУ 2152-93 і вимірюються за EN 1310:1997 (ДСТУ EN 1310:2005). Згідно EN 13353:2003, дерев'яні щити можуть використовуватися в якості конструкційних матеріалів або для загальних цілей у сухих (SWP1), вологих (SWP2) та в атмосферних умовах (SWP3).

Клас 1 (SWP1) – це приміщення з температурою експлуатації + 20°C та відносною вологістю повітря 65%, без ризику потрапляння води на поверхню щита, клас 2 (SWP2) – житлові та нежитлові приміщення з температурою внутрішнього середовища +20°C та відносною вологістю повітря 85%, що дозволяє використання матеріалу в умовах короткотермінового впливу води та клас 3 (SWP3) – експлуатація за межами приміщень в атмосферних умовах без накриття з прямим попаданням опадів та сонячного проміння. Щодо розмірів, дерев'яні щити виготовляють великих розмірів завдовжки понад 3 м. і завширшки понад 1 м., середніх розмірів довжиною до 3 м. та шириною до 1 м. та спеціальних розмірів згідно домовленостей зі споживачем. Найбільш вживаними конструкціями меблевих щитів є одношарові щити товщинами 18 (20) мм, 28 (27, 30) мм, та 38 (40) мм. із зрощених ламелей довжиною ламелей, шириною від 25 до 60 мм.

Таким чином, для подальшого аналізу і дослідження формостійкості меблевих щитів можна рекомендувати одношарові меблеві щити виготовленні з ламелей із зрощенням за довжиною при довжині ділянок від 150 до 1000 мм, шириною від 20 до 80 мм і товщиною від 18 до 42 мм.

### **Висновки:**

1. Зроблено детальний аналіз нормативних документів на меблеві щити.
2. Проаналізовано нормативну бази на меблеві щити, зокрема наступні документи: ДСТУ EN 12775:2004. Щити дерев'яні. Класифікація та термінологія (EN 12775:2001, IDT), ДСТУ EN 13017-1:2004, ДСТУ EN 13017-2:2004, ДСТУ EN 13354:2009, ДСТУ EN 14080:2013.
3. З'ясовано, що якість меблевих щитів визначають згідно DIN EN 13017-1:2000 (ДСТУ EN 13017-1:2004 – для шпилькових порід) та DIN EN 13017-2:2000 (ДСТУ EN 13017-2:2004 – для листяних порід). Меблеві щити шпилькових порід поділяють на 5 класів якості поверхні (0, A, B, C, S), листяних порід – на 3 класи (A, B, C). Якість визначають по кращій стороні, а при маркуванні вказують дві сторони – лицеву та зворотну (для прикладу A/B).
4. Визначено, що найбільш поширеними вадами, що впливають на якість меблевих щитів, є сучки, тріщини, косошароватість та інші які класифікуються згідно ДСТУ 2152-93 і вимірюються за EN 1310:1997 (ДСТУ EN1310:2005)
5. Встановлено сфери використання меблевих щитів, які класифікують згідно EN 13353:2008 на 3 класи: SWP1 (у сухих умовах ): SWP2 (у вологих умовах) : SWP3 (у атмосферних умовах).
6. Проаналізовано основні типи конструкцій меблевих щитів, які випускаються вітчизняними та Європейськими підприємствами.
7. Встановлено, що на ринку України найбільш поширеними рекомендаціями для виготовлення меблевого щита є такі породи :дуб, бук, ясьень та сосна із такими найбільш типовими розмірами на габарити цього щитового матеріалу: товщина 18, 20, 28, 30 та 40 мм, ширина — 300, 600, 900 та 1200 мм та довжиною 1000, 2000, 3000, 4000 та 5000 мм.
8. Заплановано провести більш глибокий аналіз дослідження формозміни одношарових дощатих щитів 5 товщин (18, 23, 30, 37 та 42 мм) з ширинами ділянок ламелей 20, 32, 50, 68 та 80 мм, та довжинами цих ділянок — 150, 322, 575, 828 та 1000 (цільноламельний щит) мм, при впливі на них температурно-вологісних чинників.



## Література

1. **Gayda S.V.** (2018): Дослідження та аналіз характеристик щитових конструкцій із вживаної деревини / *Doslidzhennya ta analiz kharakterystyk shchytovykh konstruktсий iz vzhivanoї 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>
2. **Gayda S.V., Kiyko O.A.** (2018): *Formostiykist yak kryteriy yakosti stolyarnykh plyt iz vzhivanoї 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).
3. **Gayda S.V.** (2017): *Tekhnolohyya y svoystva mebelnoho shchyta yz vtorychno yspolzue moy drevesyny* [A technology and properties of furniture board (fb) made of post-consumer wood]. Actual problems of forest complex 48:34-38 (in Russian).
4. **Gayda S.V., Bilyy Ya.M.** (2016): *Doslidzhennya formostiykosti kleyenykh shchytiv iz vzhivanoї 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).
5. **Gayda S.V.** (2016): *Formoustoychyvost stolyarnykh plyt yz vtorychno yspolzue moy drevesyny* [A form of stability of blockboards (BB) made of post-consumer wood (PCW)]. Actual problems of forest complex 46:148-153 (in Russian).
6. **Gayda S.V.** (2016): A investigation of form of stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. *ProLigno* 12(1):22-31.
7. **Gayda, S.V.** [2011]: Recovered wood is additional resource of raw material. Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry 37[1]: 238-244 [in Ukrainian].
8. **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)
9. **Gayda S.V.** (2015): *Tekhnolohiyi i fizyko-mekhanichni vlastyvoli stolyarnykh plyt iz vzhivanoї derevyny* [Technology and physical and mechanical properties blockboard made of post-consumer wood (PCW)]. Technical service of agriculture, forestry and transport systems 3(1):145-152(in Ukrainian).
10. **Gayda S.V.** (2000): *Materialy dlya vyhotovlennya vyrobiv z derevyny* [Materials for the manufacture of wood products]. – Tutorial. – Lviv: VMS. – 160 p.
11. **DSTU EN 12775:2004** – Solid wood panels – Classification and terminology, 7 p.
12. **DSTU EN 13017-1:2004** – Solid wood panels – Classification by surface appearance – Part 1: Softwood, 8 p.
13. **DSTU EN 13017-2:2004** – Solid wood panels – Classification by surface appearance – Part 2: Hardwood, 5 p.
14. **DSTU EN 13353:2008** – Solid wood panels (SWP) – Requirements, 13 p.
15. **DSTU EN 13354:2009** – Solid wood panels – Bonding quality – Test method, 10 p.
16. **DSTU EN 1310:2005** – Round and sawn timber – Method of measurement of features, 16 p.
17. **DSTU EN 14080:2019** – Timber structures – Glued laminated timber and glued solid timber – Requirements, 10 p.
18. **TU U 16.2-43497598-001:2020** – Furniture panels. Technical conditions, 7 p.
19. **TU U 16.2-38695456-001:2017** – Furniture panels. Technical conditions, 7 p.

UDC 612.416.2

*Post-graduate student T.I. Podibka – UNFU*

### **Constructions and technological aspects of furniture panels in regulatory documents**

A detailed analysis of regulatory documents for furniture panels was made. The regulatory framework for furniture panels was analyzed, in particular the following documents: DSTU EN 12775:2004. Wooden shields. Classification and terminology (EN 12775:2001, IDT), DSTU EN 13017-1:2004, DSTU EN 13017-2:2004, DSTU EN 13354:2009, DSTU EN 14080:2013. It was found

that the quality of furniture boards is determined according to DIN EN 13017-1:2000 (DSTU EN 13017-1:2004 – for softwoods) and DIN EN 13017-2:2000 (DSTU EN 13017-2:2004 – for hardwoods). Furniture boards made of softwood are divided into 5 classes of surface quality (0, A, B, C, S), hardwood - into 3 classes (A, B, C). Quality is determined by the best side, and when marking, two sides are indicated - front and back (for example, A/B). It was determined that the most common defects that affect the quality of furniture boards are knots, cracks, skewness and others that are classified according to DSTU 2152-93 and measured according to EN 1310:1997 (DSTU EN1310:2005). The spheres of use of furniture boards are established, which are classified according to EN 13353:2008 into 3 classes: SWP1 (in dry conditions): SWP2 (in wet conditions): SWP3 (in atmospheric conditions). The main types of furniture panel designs produced by domestic and European enterprises are analyzed. It has been established that on the market of Ukraine, the most common recommendations for the manufacture of a furniture panel are the following species: oak, beech, ash and pine with the following most typical dimensions for the dimensions of this panel material: thickness 18, 20, 28, 30 and 40 mm, width - 300, 600, 900 and 1200 mm and 1000, 2000, 3000, 4000 and 5000 mm long. It is planned to carry out a more in-depth analysis of the study of the change in shape of single-layer wooden shields of 5 thicknesses (18, 23, 30, 37 and 42 mm) with the widths of sections of lamellas of 20, 32, 50, 68 and 80 mm, and the lengths of these sections — 150, 322, 575, 828 and 1000 (solid-lamella shield) mm, when they are affected by temperature and humidity factors.

**Keywords:** furniture board, defects of wood, standards, geometric dimensions of sections of lamellas, structures, dimensional stability, anisotropy of wood.

---

**СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ДЕРЕВИННИХ ВІДХОДІВ – ОСНОВА ЇХ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ** doi: <https://doi.org/10.36930/42184412>

Встановлено, за результатами детального аналізу джерел літератури, що промислове використання додаткових резервів деревини є не тільки значним збільшенням сировинної бази для деревообробної галузі, але і стане в найближчому часі необхідністю з екологічних та економічних міркувань. Після вивчення стану питання, розроблено та запропоновано систематизацію деревинних відходів за походженням як додаткової сировини для перероблення в деревообробній галузі. Виявлено, що потенційними джерелами додаткової сировини можуть бути: відходи лісозаготівлі (пні та корені, сучки та гілки, верхівки та відземки, тонкомірні та некондиційні дерева); відходи післяпродукційні (тирса та стружка, бруски та рейки, обапіл та горбилі, відторцьовки та відпили, шліфувальний порошок та відсів); вживана деревина. Обґрунтовано та запропоновано напрямки придатності використання відходів у тих чи інших галузях промисловості, а також погруповано їх якісними характеристиками для ефективного використання. Намічено основні тенденції використання деревинних відходів. З'ясовано, що питання використання вживаної деревини в Україні може бути розв'язане при вирішенні трьох основних проблем: Техніко-технологічне дослідження придатності окремих деревинних виробів і вживаної деревини для повторного їх використання як технологічної сировини для деревинних плит або як енергетичне паливо. Обладнання і технологія переробки вживаної деревини і доведення їх до стану, який вимагається виробниками плит або енергетичною галуззю (енергетикою). Запровадження відповідного законодавства в сфері господарювання відходами деревини і вживаними виробами з деревини. Розроблено та запропоновано заходи та шляхи, концепцію та стратегію використання додаткових деревинних ресурсів, що забезпечить ефективність матеріального чи енергетичного використання.

**Ключові слова:** деревинні відходи, деревинні залишки, вживана деревина, систематизація, класифікація, перероблення, використання.

**Проблеми, актуальність та перспективність досліджень.** *Актуальність* полягає у тому, що останніми роками постійно спостерігається дефіцит первинної деревини. Є інформація, що у наступні десятиліття світовий щорічний дефіцит первинного деревинного ресурсу становити не менше 200 млн. м<sup>3</sup>. Тому труднощі, пов'язані з пошуком деревної сировини, а також можливість настання її дефіциту, змушують підприємства деревообробної промисловості ощадніше і раціональніше її використовувати. У такій ситуації необхідним є пошук і застосування інших джерел сировини, які би надали змогу покрити потреби в ній. Звідси і *перспективність дослідження* даного питання, адже деревинні відходи, які утворюються під час заготівлі стовбурової деревини, на фанерних, меблевих і лісопильно-деревообробних підприємствах у вигляді залишків деревини, осердя від лушення деревини, кускових відходів, стружки, тирси, шліфувального порошку ймовірно з непоганими результатами могли б ефективно використовуватись для виготовлення промислової продукції. Крім того, не використаною базою деревної сировини, ресурси якої збільшуються в міру розвитку промисловості та господарства в цілому, є запаси вживаної деревини (загальноприйнятого терміну не має; в англійській літературі вживається термін – Post-consumer wood, у німецькій – Altholz, у польській – Drewo pouzytkowe). За останні роки в багатьох європейських країнах проведено низку досліджень щодо вивчення можливостей залучення такої деревини у виробництво і опубліковано багато статей з цього приводу [1, 6-19].

**Проблема** ефективного використання деревинних відходів існувала завжди і в кожній країні існували свої погляди щодо раціонального використання цього ресурсу. Тут особливо мало значення матеріальне чи енергетичне використання. Також враховувались розмірні характеристики та походження. Щодо класифікації та систематизації, то, безумовно, враховувалась ступень забрудненості цих додаткових резервів сировини. З іншого боку, існує **проблема** про дуже неоднорідний асортиментний склад цих ресурсів, наявність різних забруднень. По третє, проблема у відсутності спеціальної техніки з перероблення різноманітного асортименту та розмірності, а також відсутності відповідних машин для подрібнення та очищення її на цінну сировину для виробництва плитних матеріалів. Тому, галузь багатьох країн не виявляє великого зацікавлення цими додатковими потенційними джерелами деревинної сировини.

Мабуть для ефективного використання додаткових резервів деревини, якими є деревинні залишки, відходи оброблення та вживана деревина [21, 26-30], необхідно розібратись класифікаційних та розмірних ознаках, що є основою систематизації деревинних резервів загалом як для матеріального чи енергетичного використання. Також, що необхідно сказати, що брак законів і відповідної класифікації деревинних відходів згідно токсичності і шкідливості спричинює багато непорозумінь, як в значенні трактування самого терміну відходів, так і в підході до їх економічного і екологічного використання.

**Стан досліджень за результатами аналізу джерел літератури. Деревинні залишки та відходи лісозаготовівлі.** Аналіз літературних джерел [2-5, 25-27] показав, що кількість таких відходів лісозаготовок коливається від 30 до 50 % загальної біомасі. У загальній біомасі лісу, що відводиться на вирубку деревина орієнтовно становить 82 %, кора 15 %, деревна зелень 3 % [2-4, 23, 24]. Біомаса в дереві, яке росте, розподілена нерівномірно, найбільша частка ( до 65 %) припадає на стовбур, який являється основним об'єктом лісозаготівельного виробництва, а верхівкову тонку частину стовбура, крону, пні і корені, як відходи лісозаготовок залишають на лісосіці.

Таким чином, відходами лісозаготовок називають всю не використану біомасу дерева, що залишається в лісі після лісозаготівельних робіт. До них відносять пні, корені, лісосічні відходи і цілі дерева, залишаються на лісосіці. До лісосічних відходів відносять, гілки, верхівки та уламки стовбурів. Серед залишених на корені або кинутих на лісосіці слід виділити небажані і тонкомірні дерева. Небажаними, по термінології лісівництва, являються дерева, які по своєму стану, якості, формі стовбура не відповідають господарським цілям. До них відносять дров'яні, сухостійні і листяні дерева низької товарної якості. До тонкомірних відносять дерева, діаметр яких нижче мінімального розміру заготівельних. Разом з деревиною додатковим джерелом сировини для переробки можуть служити кора, хвоя і листя. Ця сировина може бути джерелом деревини для переробки в технологічну тріску та іншу цінну продукцію.

Отже, суттєвим резервом отримання сировини є лісосічні відходи ( пні, кора, гілки, корені), які практично не використовуються й при лісозаготівлях не враховуються. При щорічній заготівлі 20,00 млн. м<sup>3</sup> [24, 30] деревини на лісосіці утворюється біля 10,34 млн. м<sup>3</sup> відходів, з яких кора складає – 4,12 млн. м<sup>3</sup>, гілки – 3,31 і пні – 3,04 млн.м<sup>3</sup>, що становить 1/3 біомаси вирубуваних деревостанів. Ці

відходи можна використовувати для виготовлення паливних брикетів ( із гілок), добрив (із кори), хімічних препаратів (із пнів, кори, гілок), а також у будівництві, тарному і целюлозно-паперовому виробництвах. З пневого осмолу виробляють смолу, скипидар, деревне вугілля, з кори берези - фармакопейний дьоготь, з хвої - вітамінне борошно, хлорофіло-каротинну пасту та хвойний екстракт, з деревної зелені - кормові добавки. На технологічні цілі використовують також тріску, тирсу, тонкомірну та низькосортну деревину від рубок догляду за лісом. Із загального обсягу лісосічних відходів у статзвітності враховуються лише гілки.

**Деревинні залишки та відходи оброблення.** Аналіз джерел літератури показав, що до післяпродукційних резервів сировини відносяться: відкомленки, тирса, стружка, шліфувальний порошок, рейки бруски, обапіл, горбилі, некондиційні відрізки, торцюві відрізки, дефектні відрізки і так далі.

**Відкомленки.** утворюються при торцюванні хлестів і являє собою прикореневу частину стовбура за такими диференційними формами, які зменшують якість ділових сортиментів. Відкомленки утворюються у випадку дефектів стовбурів, які виникають при рубці дерев. Козирки, які виступають над поверхнею торця стовбура або частини хлиста відрізаються для одержання торцевої поверхні сортименту перпендикулярної повздовжній осі дерева. Довжина відкомленків не перевищує 1 м. Деревина відкомленків мало відрізняється від стовбурної, тому придатна для одержання технологічної тріски. Характерним недоліком є нахил волокон, що може впливати на утворення дрібних часинок товщина яких більша допустимої. Частина такої деревини в загальній масі перероблюваної на нижньому складі сировини складає 2,5 %, тому знизити якість тріски суттєвим чином вона не може.

**Відходи лісопиляння.** На нижніх складах виробляється 40 % всіх пиломатеріалів. При розпилюванні деревини утворюється до 44 % відходів, кількість і якість яких залежить від технологічного процесу розпилювання, розмірів і якості розпилювання колод. Відходами лісопиляння є горбилі, рейки, торцеві відрізки, відрізки дощок, тирса. Частина сировини втрачається на розпилювання і сушіння.

**Горбилі і рейки** одержують з заболонної частини колод, які мають невелику кількість дефектів і за якістю деревини є найкращою сировиною для одержання тріски для целюлозно-паперової промисловості. До відходів лісопиляння не відносять короткі дошки довжиною 0,3...1 м, але із-за труднощів збуту вони являються додатковою сировиною для виробництва тріски.

**Тирса** утворюється в процесі пиляння об'єм 9-16 % від розпилюваної сировини. Через невеликий розмір частинок вона не використовується для целюлозно-паперової промисловості. Плити з них мають малу міцність. Практичне значення має тирса розміром 3 мм, яку можна використати у вигляді добавок до основної сировини в виробництві целюлози, паперу картону. До 23% таких частинок утворюється на лісопилних рамах при розпилюванні ялинових і соснових колод. Тирса утворюється при обробці пиломатеріалів на круглопилних верстатах, має значно менші розміри. На обрізних і торцювальних верстатах кількість тирси розміром більше 3 мм не перевищує 15 %.

**Деревна тирса** широко використовується в якості сировини для гідролізного виробництва. Ефективним напрямком є одержання замість тирси технологічної стружки, придатної для виробництва плит целюлози. Доведено практичну

можливість одержання такої сировини при повздовжньому розпилюванні деревини круглими пилами. Більш великі частини одержуються шляхом наближення процесу розпилювання до стругання або фрезерування. Розроблено різні конструкції круглих пил з зубами для повздовжнього розпилювання. Одержанні частинки мають форму стружки довжиною 7...14 мм і товщиною 0,3...0,5 мм. Такі частини використовуються у виробництві ДВП і ДСП.

**Відходи шпалопилення.** Вихід з шпал в середньому складає 50 % від сировини. Поряд зі шпалами і брусками одержують необрізні дошки і горбиль. В цехах шпалопилення одержують горбиль великого перерізу, який є доброю сировиною для одержання пиломатеріалів різного призначення. Відходи шпалопилення одержують з малосучкової зони шпальних кряжів, які не мають дефектів грибного походження і зігнутих сучків. Деревина таких відходів є цінною сировиною для виготовлення короткомірних пиломатеріалів і технологічної тріски. Довжина відходів в шпалопиленні відповідає довжині шпальних кряжів і становить 2,75 м. На відміну від ділового горбиля, неділовий має меншу довжину і товщину менше 15 мм. Такий горбиль непридатний для одержання пиломатеріалів і використовується для виробництва тріски. При розпилюванні шпальних кряжів з підгорбильною дошкою товщина горбиля змінюється від 20 до 65 мм. Ширина горбиля залежить від діаметра розпилювального шпального кряжу. При розпилюванні кряжу великого діаметру і виготовленні з нього однієї шпали ширина горбиля складає 160-260 мм, а при розпилюванні сировини великого діаметра вона досягає 500 мм і більше. У випадку використання таких відходів для виробництва тріски необхідно розпилювати їх по ширині, щоб вони могли пройти в дробильну машину через завантажувальний патрон обмеженого перерізу.

**Відходи тарних підприємств.** Для виробництва тари використовуються круглі лісоматеріали, одержані з дров'яних і тонкомірних дерев, відходи лісопиляння і шпалопиляння. Корисний вихід пилопродукції при переробці такої сировини невеликий, і відходи становлять від 52 до 80 %. **До відходів тарних підприємств відносяться горбилі, рейки торцеві обрізки.** Значну долю, близько 20 % всієї розпилюваної деревини, складає тирса. Якість відходів невелика через наявність в них до 50 % гнилі. Тому відходи тарних цехів для виробництва високоякісної тріски не придатні. З тарних кряжів кору не знімають. Тому тріска з відходів має 23 %. Така тріска через засміченість гнилою корою не придатна для виробництва плит і гідролізу. Її можна використати лише, як паливо. Відходи тарних підприємств піддавати попередньому сортуванню і відділити більш цінні обрізки, які не мають гнилі. Тріска із цих відходів може бути очищена від кори і гнилі в спеціальних пристроях, що дозволить використати її для виробництва плит і целюлози.

У виробництві деталей тари з відходів лісопиляння і шпалопиляння також утворюється значна кількість відходів. Так, при переробці ділового горбиля на тару, відходи складають 76 %, а рейок довжиною 2,5 м - 84 %. Менше відходів (60...69 %) утворюється при переробці коротких дощок, довжиною 1...1,75 м. Якість відходів тарних підприємств тут висока. Тому вони придатні для виробництва тріски, яку використовують в целюлозно-паперовій промисловості.

**Відсів тріски** являє собою сукупність дрібних частинок довжиною менше 5 мм, який утворюється при сортуванні технологічної тріски. Наявність великої кількості таких частинок в трісці негативно впливає на якість целюлози. Вміст дрі-

бних частинок залежить від виду деревної сировини, умов її подрібнення і пори року. Відсів складає 8% до об'єму подрібнюваної деревини. У порівнянні з тирсою ця фракція тріски має переваги, бо її одержують з деревини, яка має невелику кількість кори, гнилі і мінеральних домішок. Відсів є повноцінним компонентом сировини у виробництві ДСП.

**Спожита деревина або вживана деревина.** Вживана деревина (ВЖД) – це використана деревина та будь-які вироби з неї, які утворюються у процесі виробництва та життєдіяльності людини, що не мають свого подальшого призначення за місцем утворення і підлягають переробленню з метою забезпечення захисту довкілля і здоров'я людей або з метою повторного їх залучення у господарську діяльність як матеріально-сировинних та енергетичних ресурсів. Придатність вживаної деревини до використання можливе після узгодження щодо її приналежності до певного класифікаційного угруповання, і першу чергу за забрудненістю.

Багато непорозумінь виникає також з факту, що погляд на відходи з точки зору виробника є один, інший з точки зору споживача, а ще інший з точки зору охорони навколишнього середовища. Вважається, що деревина як натуральна сировина не може становити небезпеки для навколишнього середовища. Чи нешкідливі також деревинні відходи? Це залежить від їх виду, кількості і способу утилізації. Кількість і якість відходів залежить від профілю продукції і застосовуваної на даному підприємстві технології.

Підставою для оцінки відходів з точки зору небезпеки для навколишнього середовища є їх хімічний склад. Деревинні відходи, які утворюються у виробництвах меблів і деревинних композиційних матеріалів, окрім лігноцелюлозного матеріалу містять клей, лак, плівки тощо в кількості 5...20%.

Восени 1997 року в Німеччині опрацьований проект "Вимоги щодо вилучення деревинних відходів", а в наступних роках інші документи – COST Action E31 [20], AltholzV [21], EUWood [22]. В процесі розробки цих вимог враховувалося законодавство Німеччини і Європейського Союзу. ***Під деревними відходами тут розуміється вживана деревина і вживані дерев'яні вироби***, так само як і відходи, які утворюються в процесі обробки і переробки деревини. До шкідливих речовин зараховують засоби захисту деревини (які містять зв'язки ртуті, арсену і міді). Детальна увага звертається також на пентахлорфенол або хімічні зв'язки, що містять його; масло смолисте і терпени.

Згідно проекту "Вимоги щодо вилучення деревинних відходів" деревинні відходи, залежно від вмісту в них забруднень, поділяються на три головні групи:

- Група 1 (H1) охоплює відходи незабруднені. Сюди відносяться деревина чиста (так зване дерево), яка була оброблена тільки механічно, не піддавалася склеюванню, личкуванню, опорядженню або оброблялася органічними і неорганічними речовинами з незначним забрудненням натуральними зв'язками, такими як мастило і віск.

- Група 2 (H2) охоплює відходи, які містять нешкідливі забруднення. У цій групі вирізняються три підгрупи: (H2.1) - сюди відноситься деревина склеєна, личкована, лакована або іншим способом опоряджена, але при цьому не містить галогенопохідних органічних зв'язків, а також засобів захисту деревини; (H2.2) - сюди відноситься деревина опоряджена (личкована), яка містить галогенооргані-

чні зв'язки, але не містить однак засобів захисту деревини; (Н2.3) - у цій підгрупі знаходиться деревина, яка містить засоби захисту її, а також інші забруднення.

- Група 3 (Н3) охоплює відходи, які містять шкідливі забруднення. Сюди входить деревина, яка була оброблена засобами захисту, до складу яких входили такі речовини, як зв'язки ртуті, арсену і міді, а також пентахлорфенол та його зв'язки, або масла столові.

Проектом пропонується також маркування відходів різних груп різними кольорами: зелений (група Н1), жовтий (група Н2 і частково група Н3, в останньому випадку тільки відходи, які не містять галогеноорганічних зв'язків) і червоний (група Н3). Таке маркування важливе при перевезенні відходів до інших країн. Гоффманном запропонований поділ ВЖД на **чотири групи [17]:**

- Група 1 - охоплює деревину не забруднену у найрізноманітнішому її виді;
- Група 2 - охоплює деревину, яка містить клеї, а також опоряджувальні та личкувальні матеріали, за винятком речовин захисту деревини і покриттів, які мають у своєму складі галогеноорганічні зв'язки. Така деревина може бути спалена в котельнях потужністю принаймні 50 кВт і тільки на підприємствах деревообробної галузі;
- Група 3 - охоплює вживану деревину, опоряджену або личковану матеріалами, які містять галогеноорганічні зв'язки. Вона може бути спалена в котельнях потужністю понад 100 кВт;
- Група 4 - охоплює деревину, оброблену речовинами захисту. Спалювання цієї деревини може бути реалізоване в котельнях потужністю понад 100 кВт.

За даними [15], фірми, які займаються переробкою вживаної деревини в Саксонії (Німеччина) класифікують зібрану сировину на таких самих засадах.

Від липня 1990 року в Австрії діє закон про переробку відходів. Цей закон (каталог відходів у нормі S2100) регулює відносини (правила), пов'язані із запобіганням утворення відходів, їх утилізацією і вилученням [12].

Згідно цього каталогу деревинні відходи поділяються на **дві основні групи:** 1) Утворені в процесі обробки і переробки деревини; 2) Вживана деревина (відходи):

- пакування і відходи без забруднень;
- будівельна деревина і деревина із розібраних будинків;
- деревна шерсть без забруднень;
- залізничні шпали;
- деревина, просочена соляними препаратами;
- деревина, просочена мастилами;
- тирса і стружка, забруднена органічними речовинами (лак, фарба, розчинник, мінеральне мастило тощо); забруднена органічними речовинами;
- пакування (тара), деревинні відходи і деревна шерсть,
- забруднена неорганічними речовинами.

Дуже практичний поділ запропонований тими ж авторами (під керівництвом професора Віденської політехніки доктора Шмідта А.) передбачає поділ відходів на **сім груп [16]:**

- Відходи і вживана деревина в натуральному стані.
- Кора.



- Деревина і плити, які містять клейові матеріали, личковані і, які не містять галогеноорганічних зв'язків
- Вживана деревина і опоряджені плити.
- Вживана деревина і відходи, просочені креозотовим мастилом.
- Вживана деревина і відходи, просочені соляними препаратами.
- Композити з деревини і штучних матеріалів, які містять галогеноподібні зв'язки.

Польські науковці були запропонували поділ деревинних відходів на так звані чисті відходи, які утворюються в процесі первинної обробки деревини (лісопилення) під час приготування її до промислової переробки (технологія виробів з деревини, целюлозно-паперове виробництво, меблярство) і під час використання її (наприклад, пакування), а також відходи з хімічними домішками, які утворюються в ході виготовлення і використання матеріалів на основі деревини, як ДСП, ДВП, фанери або меблі. На сьогоднішній день відсутня єдина класифікація відходів.

Отже, **найважливішим класифікаційним критерієм використання вживаної деревини є ступінь її забруднення**, перш за все небезпечними для навколишнього середовища хімічними речовинами. У зв'язку з тим пропонується впровадження трьох основних груп, до яких деревинні відходи будуть віднесені на підставі кількості і виду забруднень, що містяться в них.

Групу першу повинні становити відходи вживаної деревини в різному виді, які не містять жодних забруднень, оброблені механічним способом, не склеєні, не личковані і не лаковані. Допускаються в дуже незначній кількості тільки речовини натуральні, такі як мастило і віск.

Група друга повинна охоплювати ту частину вживаних відходів забруднених хімічними речовинами, за винятком речовин захисту деревини.

Група третя залишена частина вживаних відходів (відходи, які не увійшли до перших двох груп) у вигляді деревини і деревинних матеріалів з найбільшим і найнебезпечнішим ступенем забруднення. До цієї групи відносяться в основному дерев'яні вироби захищені речовинами захисту, які містять галогеноорганічні зв'язки, а також інші речовини, які містять хлоровані поліфеноли, мастила, зв'язки важких металів.

Таким чином, промислове використання вживаної деревини є не тільки значним збільшенням сировинної бази для деревообробної галузі, але в найближчому часі стане необхідністю з екологічних міркувань. І лише запровадження належного законодавства у сфері використання відходів дало б змогу більш широко залучити їх у технологічні процеси, що в умовах малолісної та лісодефіцитної України має вагоме еколого-економічне значення.

**Методика, мета, об'єкт та завдання досліджень.** Знаючи, що промислове використання деревинних відходів та вживаної деревини є не тільки значним збільшенням сировинної бази для деревообробної галузі, але стане в найближчому часі необхідністю з екологічних міркувань, необхідно систематизувати додаткові резерви деревинної сировини, що в кінцевому результаті визначить матеріальне чи енергетичне їх використання.

**Об'єктом дослідження є додаткові деревинні ресурси.**

**Предметом дослідження** є відходи лісозаготовок, лісопереробних, деревопереробних виробництв та вживана деревина — додаткова сировина для переробки в лісозаготівельному та деревообробному виробництвах, а також деревина, що утворюється на лісових складах при переробці гілок і за своєю якістю непридатна для одержання ділових круглих лісоматеріалів.

**Мета дослідження** – проаналізувати додаткові деревинні ресурси, запропонувати їх класифікацію, а на основі запропонованої систематизації запропонувати ефективні шляхи їх використання.

**Дослідження були спрямовані** на повне вирішення питань поставлених в меті, тобто на основі запропонованої класифікації деревинних відходів розробити реальні шляхи поліпшення використання лісосировинних ресурсів та запропонувати напрямки і тенденції їх переробки на Україні

Для вирішення всіх **поставлених завдань** необхідно було:

- Розглянути та проаналізувати джерела літератури.
- Переглянути та проаналізувати наукові статті.
- Проаналізувати інтернет ресурси за тематикою досліджень.

**Завдання дослідження:**

1. На основі детального аналізу літературних джерел з'ясувати значення деревинних відходів для промислового використання.

2. Розробити класифікацію деревинних відходів як додаткової сировини для переробки в деревообробній промисловості.

3. Дослідити особливості використання: відходів лісозаготівлі, відходів лісопереробних виробництв та вживаної деревини як потенційних джерел додаткової сировини.

4. Обґрунтувати напрямки придатності використання відходів у тих чи інших галузях промисловості, розробити відповідну загальну схему.

5. Намітити основні тенденції використання деревинних відходів.

6. Оцінити рівень переробки заготовленої деревини та деревинних відходів в Україні.

7. Розробити та запропонувати *заходи та шляхи* щодо підвищення ефективності використання деревинних відходів.

**Результати та обговорення досліджень.** Після вивчення стану питання та огляду літературних джерел **розроблено та запропоновано класифікацію деревинних відходів**, як додаткової сировини для переробки в деревообробній та меблевій галузях:

1. Лісосічні відходи – пні та корені, сучки та гілки, верхівки та відземки, тонкомірні та некондиційні дерева тощо;

2. Післяпродукційні відходи – тирса та стружка, бруски та рейки, обапіл та горбилі, відторцьовки та відпили, шліфувальний порошок та відсів тощо;

3. Вживана деревина – спожиті вироби із завершеним терміном експлуатації, некондиційні, неремонтно-придатні, морально-застарілі вироби.

**Лісосічні залишки та відходи** з економічної точки зору – це резерви додаткової сировини, які пропонується розділяти на потенційні, реальні і економічно доступні:

- Потенційні ресурси включають весь об'єм додаткової сировини у складі відведеного на рубку лісосічного фонду.

- Реальні ресурси визначаються, як потенційні за врахуванням технологічних втрат в процесі заготівлі. До втрат відносять деревину, що використовується на виробничі потреби в процесі лісосічних робіт, тирса, гілки, хвою, листя та іншу сировину, яку не можливо зібрати для подальшої переробки.

- Економічно доступні ресурси додаткової сировини являють частку реальних ресурсів освоєння і переробки яких в кінцеві продукти ефективна на даному етапі розвитку економіки.

**Післяпродукційні залишки та відходи** з економічної точки зору – це резерви додаткової сировини, які пропонується розділяти:

- за якістю : тверді та м'які. тверді (обапіл, рейки, торці, відрізки дощок, відземки, короткомірні колоди ...); м'які (тріска, тирса, стружка, шліфувальний порошок тощо); до твердих також належать кускові відходи за якістю деревини (різні вирізки деревини з дефектами, які не можна використовувати як пиломатеріали);

- за місцем виникнення (походження): залишки виробництва та залишки споживання;

- за можливістю подальшого використання: ділові, зворотні (поворотні) та безповоротні;

- за видами виробництва: залишки основного та допоміжного виробництв;

- за відношенням до стадій виробництва:

- конгруентні та неконгруентні, тобто відходи, характерні або не характерні для певного етапу діяльності підприємства.

**Залишки деревини** – деревинний матеріал, що утворюються на всіх етапах оброблення деревини від заготівля до готових виробів, і який може набути подальшого використання, як додатковий ресурс, за місцем утворення або проданий іншому підприємству для перероблення на матеріальну продукцію.

**Залишки післяпродукційні** – обігові або ділові, які можуть бути використані в інших виробничих процесах;

**Відходи післяпродукційні:**

- непотріб - частина відходів, які не можуть бути використані матеріально, або їх використання вважається економічно недоцільним,

- безповоротні або, іншими словами, втрати - це та частина відходів, яка втрачається у виробничому процесі і втрачає свою матеріальну форму (розпил, допуски на усушку і т. ін.).

Технологічні процеси з утворення деревинних залишків за технологіями меблевих виробів:

- Технологія корпусних меблевих виробів – це технологічні процеси та виробничі операції спрямовані на виготовлення меблевих виробів, об'ємно-просторова структура яких утворена за допомогою площинних і об'ємних елементів (80 %). (залишки плитних матеріалів)

- Технологія ґратчастих меблевих виробів– це технологічні процеси та виробничі операції спрямовані на виготовлення меблевих виробів, об'ємно-просторова структура яких утворена за допомогою лінійних елементів (більше 80 %). (залишки брускових матеріалів)

- Технологія м'яких меблевих виробів – це технологічні процеси та виробничі операції спрямовані на виготовлення меблевих виробів, об'ємно-просторова структура яких утворена за допомогою складних криволінійних (скульптурних) поверхонь та м'яких елементів (більше 80 %). (залишки матеріалів в асортименті)

Якщо взяти круглий ліс (колоди) за 100 %, то деревинні залишки та відходи становлять [5, 23-26]:

- у лісопильному виробництві 35 %,
- при виробництві меблевих виробів – 48-54 %.
- при виробництві дверних і віконних блоків - 39 %,
- при виробництві меблевого щита – 70-78 %.
- при виробництві паркету – 80-88 %.

#### **Корисний вихід за етапами перероблення деревинного ресурсу:**

- дошки становлять 58-60 % від об'єму колоди,
- чорнові заготовки – 35-40 % від об'єму дощок,
- чистові заготовки – 25-35 % від об'єму чорнових заготовок,
- бездефектні відрізки для меблевого щита – 25-35 % від об'єму дощок,
- паркетні планки – 12-20 % від об'єму дощок.

**Вживана деревина** з економічної та з практичної точки зору – це резерв додаткової сировини, яку пропонується розділяти на чотири категорії залежно від ступеня забруднення, що також відзначено в працях [27-30]:

- До першої групи належать спожиті деревинні матеріали, що характеризуються своєю чистотою без варіантів опорядження шкідливими елементами.
- До другої групи належать спожиті деревинні матеріали, що характеризуються своєю забрудненістю, але не містить галогенопохідних речовин в оздобленні
- До третьої групи належать спожиті деревинні матеріали, що характеризуються своєю забрудненістю і вже містить галогенопохідні речовини в оздобленні, ПВХ-плівки
- До четвертої групи належать спожиті деревинні матеріали, що характеризуються своєю забрудненістю і вже речовині захисту антипірети, антисептики та інші.

#### **Шляхи та перспективи використання деревинних залишків та відходів.**

До найважливіших проблем, пов'язаних з правильним економічно обґрунтованим методом утилізації відходів є їх сортування в момент утворення, встановлення походження і способу їх споживання. Не допускається змішування відходів з різним ступенем забруднення. Це призводить до переходу всього обсягу відходів до групи нижчої якості. Змішані відходи з різним ступенем забруднення не повинні піддаватися дальшому технологічному процесу без попереднього їх розсортування. З вище наведеної класифікації, зокрема вживаної (спожитої) деревини слідує придатність цього ресурсу до використання в таких виробництвах:

1. Вживана (спожита) деревина, що належить до першої групи належать спожиті деревинні матеріали, що характеризуються своєю чистотою без варіантів опорядження шкідливими елементами придатна для виготовлення будь яких виробів з деревини.

2. Вживана (спожита) деревина, що належить до другої групи належать спожиті деревинні матеріали, що характеризуються своєю забрудненістю, але не містить галогенопохідних речовин в оздобленні придатна для виготовлення конструкційних матеріалів, меблевого щита та столярної плити

3. Вживана (спожита) деревина, що належить до третьої групи належать спожиті деревинні матеріали, що характеризуються своєю забрудненістю і вже містить галогенопохідні речовини в оздобленні - ПВХ-плівки придатна після очищення для виготовлення конструкційних матеріалів, зокрема столярної плити

4. Вживана (спожита) деревина, що належить до четвертої групи належать спожиті деревинні матеріали, що характеризуються своєю забрудненістю і вже речовинні захисту антипірети, антисептики та інші має бути утилізована в енергетичних установках високої потужності.

**Концепція матеріального використання** деревинних залишків та відходів полягає у таких перспективних напрямках:

**Матеріальне кускове** (дальше використання – нові вироби): столярна плита; каркаси до м'яких меблів, тарна дощечка, садово-паркові вироби та ін.

**Матеріальне кускове** (продукти переробки): Виробництво тих же або аналогічних виробів - наприклад, столярно-будівельних, але з меншими розмірами);

**Матеріальне подрібнене** (продукти переробки):

Плоского пресування – ДВП, ДСП,

Інші композиційні матеріали для будівельних конструкцій: із стружок: арболіт, ксилоліт, фіброліт, тирсоліт, гіпсостружкові плити (ГСП), цементностружкові (ЦСП), із волокон: оргаліт, гіпсоволокнисті плити (ГВП)

Екструзійного пресування: Плити ДСП як наповнювач до дверей суцільні та з отворами (стандартна плита товщиною 33 мм та отворами діаметром отворів 27 мм, щільність 7,4 кг/м<sup>2</sup>),

**Матеріальне подрібнене багатостадійне** (продукти переробки): Хіміко-термо-механічне перероблення частинок із композитних матеріалів вживаної деревини (наприклад, старі меблі з ДСП) для виготовлення ДСП

**Перспективи використання залишків з енергетичною метою [24]:**

- В Україні заготовлюється близько 20 млн. куб. м деревини. Для покриття дефіциту деревина імпортується. Згідно з оцінками [4] при нинішньому стані лісового господарства України для енергетичних потреб доступно 1,6 млн. м<sup>3</sup>/рік лісосічних відходів, 2,1 млн. м<sup>3</sup> відходів переробки деревини, 3,8 млн. м<sup>3</sup>/год дров, що в сумі еквівалентно 16,3 ТВт.год/рік енергії.

- У 2000 р. споживання деревини і деревних відходів для виробництва енергії становило 5,8 ТВт.год. Згідно з прогнозом споживання деревини та деревних відходів для виробництва енергії в 2030 р. становитиме близько 13 ТВт.год., а в 2040 р. може досягнути 16,3 ТВт.год/рік.

- Можливе і подальше нарощування енергетичного використання деревини. Уже зараз є реальні пропозиції націлені на збільшення продуктивності лісів України до рівня сусідніх країн. Тому на 2050 р. можна прогнозувати збільшення використання відходів деревини до 25 ТВт.год/рік.

**Стратегія щодо перероблення залишків деревини:**

- Деревинна біомаса є основним джерелом енергії серед відновлюваних джерел. Її питома вага становить понад 50 %.

- Зважаючи на зменшення обсягу використання викопного палива, значно зросте роль деревної маси у сфері використання енергоресурсів.
- Стратегією реформування лісового господарства (2017) передбачено важливість впровадження засад наближеного до природи лісівництва та невиснажливого управління лісовими ресурсами для майбутнього розвитку лісів.
- Ця стратегія базується на засадах екологічної ефективності використання лісових ресурсів, до складу якої входить і використання деревини на біоекономічних засадах.
- Україна має значний біоенергетичний потенціал.
- Врахування соціально-екологічних обмежень під час визначення обсягу біомаси, яка може бути вилучена з лісового насадження, забезпечення еколого-економічного обґрунтування всього процесу збирання, сортування та перероблення залишків деревної біомаси є важливим компонентом досягнення концепції сталого розвитку лісового сектору економіки

### **Висновки та пропозиції:**

1. На основі детального аналізу літературних джерел встановлено, що промислове використання додаткових резервів деревини є не тільки значним збільшенням сировинної бази для деревообробної галузі, але стане в найближчому часі необхідністю з екологічних міркувань.
2. Після вивчення стану питання, розроблено та запропоновано систематизацію деревинних відходів за походженням як додаткової сировини для переробки в деревообробній галузі.
3. Виявлено, що потенційними джерелами додаткової сировини можуть бути: пні, коріння, сучки, гілки, вершини дерев, дров'яні та тонкомірні дерева, відходи післяпродукційні (горбилі, рейки, відрізки, обапіл, відторцьовки тощо).
4. Обґрунтовано та запропоновано напрямки придатності використання відходів у тих чи інших галузях промисловості, погруповано їх для ефективного перероблення.
5. Намічено основні тенденції використання деревинних відходів.
6. З'ясовано, що питання використання деревинних відходів вживаної деревини в Україні може бути розв'язане при вирішенні трьох основних проблем: Техніко-технологічне дослідження придатності окремих деревинних виробів і вживаної деревини для повторного їх використання як технологічної сировини для деревинних плит або як енергетичне паливо. Обладнання і технологія переробки вживаної деревини і доведення їх до стану, який вимагається виробниками плит або енергетичною галуззю (енергетикою). Запровадження відповідного законодавства в сфері господарювання відходами деревини і вживаними виробами з деревини.
7. Розроблено та запропоновано заходи та шляхи, концепцію та стратегію використання додаткових деревинних ресурсів, що забезпечить ефективність у їх використанні.

### **Література**

1. Bekhta P.A., Onisko V., Mateyak M., Kuehne G., Dobrovolska E., Shvachyna I. (1999): Перспективи повторного використання вживаної деревини / *Perspektyvy povtornoho*

*vykorystannya vzhivanoyi derevyiny* [Prospects of reuse of used wood] Scientific Bulletin of the UNFU 9.5:34-45.

2. **Rozhenko V., Balabuha S., Rozhenko I., Dzuma M.** (2012): Біомаса – ресурс землі / *Biomasa – resurs zemli* [Biomass – a land resource]. Proposal 1:98-101 (in Ukrainian).
3. **Nikyshov V.D.** (1985): Комплексное использование древесины / *Kompleksnoye ispol'zovaniye drevesiny* [Complex use of wood]. Timber industry. – 264 p. (in Russian)/
4. **Prokopovych B.V., Gayda S.V., Kshyvetsky B.Ya., Voytovych I.G.** (2002): Тлумачний словник з деревооброблення / *Tlumachnyy slovnyk z derevoobroblennya* [Explanatory dictionary from Woodworking]. Lviv: UNFU. – 280 p. (in Ukrainian)
5. **Sirko Z.S.** (2014): Розрахунок обсягів деревинних відходів, які утворюються у виробництві під час перероблення деревини / *Rozrakhunok obsyahiv derevynnykh vidkhodiv, yaki utvoryuyut'sya u vyrobnytstvi pid chas pereroblennya derevyiny* [Calculation of the amount of wood waste generated in production during wood processing] Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine 198.1: 215-220.
6. **Wroblewska H., Cichy W.** (1997): Przemyslowe odpady drzewne powstawanie i wykorzystanie. Przemysl drzewny, No 3., s.32-34.
7. **Kempa E.S.**(1996): Unieszkodliwianie odpadow przemyslowych w wietle dyrektyw Unii Europejskiej. W:"Odpady przemyslowe". Materiały z III Seminarium Szkoleniowego, Poznan.
8. **Ferens P.** (1996): Drewno odpadowe a przemysl plyt drewnopochodny Przemysl drzewny, 12, s. 30-33.
9. **Michanicki A.**(1996): The Material Utilization of Products Made from Wood-Based Panels. Proceedings: New Challenges for the Wood-Based Panels Industry: Technology, Productivity and Ecology. Braunschweig..
10. **Кебич М. С., Зильберглейт М. А., Горбатенко И. В., Богуш В. Д.** (1995) Применение малоиспользуемых отходов древесины в производстве органоминерального компонента. Деревообр. про-сть, № 3. - с. 8-10.
11. **Onisko W., Dobrowolska E.** (1997): Odpady drewnne w Polsce. Przemysl Drzewny, 12, s. 5-7.
12. **Brandstätter M.** (1994): Rest-und Altholz; Anfall und Vermertung in osterreich. Holzforschung und Holzverwertung, No 3, s. 46-48.
13. **Deppe H-J.** (1989): Industrierestholz-und Altholzrecykling bei der Holzwerkstoffherzeugung. HK Holz-und Kunststoffverarbeitung, No 11, s. 272-277
14. **Urbanik E.** (1995): Ekologiczne aspekty utylizacji odpadow drzewnych i zuzytych mebli. Mat. szkoleniowo-promocyjne z seminarium w Zakopanem 5-11.10.1994, Poznan .
15. **Bemann A., Grosse W., Franke B.** (1997): Energetische Nutzung von Holz im Freistaat Sachsen. Fundacja Rozwoj SGGW, Warszawa, s. 195-221.
16. Holzschutzmittelerkennung als Problem der Rest-und Altholzverwertung. Hols-Zentralblatt, Nr.122, s. 951-952 .
17. **Hoffmann V.** (1996): Zuordnungskriterien fur Rest-und Altholz zur energetischen Verwertung oder thermischen Behandlung. Alt-und Restholz. VDI Verlag GmbH, Dusseldorf, s. 14-24 .
18. **Marutzky R.** (1996): Qualitatsanforderungen und Entsorgungswege fur Rest-und Gebrauchtholzer. Alt-und Restholz. VDI Verlag GmbH, Dusseldorf, s. 25-46.
19. **Ratajczak E.** (2003): Zasoby odpadow drzewnych w Polsce / E. Ratajczak, A Szostak. Poznan: Czysta Energia,– Vol. 6. – P. 122-125.
20. **COST Action E31.** (2007): National summary reports on the European market of recovered wood (2002-2007). – 335 p.
21. **AltholzV:** (2003): «Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von AltholzV», Art. 1a der Verordnung vom 1. März 2003. BGBl. I. – P. 3302-3317.
22. **EUWood.** (2010): Methodology report. Hamburg / Germany. – 165 p.
23. **Voytovych I.G.** (2010): Основи технології виробів з деревини / *Osnovy tekhnolohiyi vyrobiv z derevyiny* [Fundamentals of wood products technology]. – Lviv: Country of Angels, 305 p. (in Ukrainian).
24. **Maksymiv L.I., Zagvoyska L.I., Klimovych V.P.** (2009): Використання енергетичного потенціалу деревини: еколого-економічний вимір / *Vykorystannya enerhetychnoho potentsialu derevyiny: ekoloho-ekonomichnyy vymir* [Using the energy potential of wood: an ecological and

- economic dimension]. *Scientific Works of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine* 14:244-251 (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., 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 vzhuvanoyi 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).
  27. **Gayda S.V.** (2009): Potential of post-consumer recovered wood and possible ways of it using in Ukraine // *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry* 35:63-83.
  28. **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).
  29. **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).
  30. **Gayda S.V.** (2016): *Ekologo-tehnologicheskiye 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).

UDC 674-419.33:674.8

*Post-graduate student L.V. Medvid – UNFU*

### **Systematization of wood waste - the basis of their effective use**

Based on the results of a detailed analysis of literature sources, it was established that the industrial use of additional wood reserves is not only a significant increase in the raw material base for the woodworking industry, but will also become a necessity for environmental and economic reasons in the near future. After studying the state of the issue, the systematization of wood waste by origin as an additional raw material for processing in the woodworking industry was developed and proposed. It was found that potential sources of additional raw materials can be: logging waste (stumps and roots, knots and branches, tops and cuttings, thin-sized and substandard trees); post-production waste (sawdust and shavings, bars and slats, saws and burrs, trimmings and sawdust, grinding powder and screenings); post-consumer wood (PCW). The areas of suitability for the use of waste in certain industries are substantiated and proposed, as well as grouped by their qualitative characteristics for effective use. The main trends in the use of wood waste are outlined. It has been found that the issue of using used wood in Ukraine can be solved by solving three main problems: Technical and technological study of the suitability of individual wooden products and used wood for their repeated use as technological raw materials for wooden boards or as energy fuel. Equipment and technology for processing used wood and bringing it to the state required by plate manufacturers or the energy industry (power industry). Introduction of appropriate legislation in the field of management of wood waste and used wood products. Measures and ways, a concept and a strategy of using additional wood resources, which will ensure the efficiency of material or energy use, have been developed and proposed.

**Keywords:** wood waste, wood residues, post-consumer wood, systematization, classification, processing, use.

---



## 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 15-25 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, скорочена назва закладу, 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 доц. 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](mailto:serhiy.hayda@nltu.edu.ua); e-mail: [vmmax@ukr.net](mailto:vmmax@ukr.net);

e-mail: [f-wood-ind@ukr.net](mailto:f-wood-ind@ukr.net)

[http:// forest-woodworking.nltu.lviv.ua](http://forest-woodworking.nltu.lviv.ua)

Ліс. госп-во, ліс., папер. і деревооб. пром-сть : міжвід. наук.-техн. зб. – Львів: НЛТУ України. – 2018, вип. 44. – 106 с.

Збірник науково-технічних праць

ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО,  
ЛІСОВА, ПАПЕРОВА І ДЕРЕВООБРОБНА  
ПРОМИСЛОВІСТЬ

Міжвідомчий  
науково-технічний збірник

виходить з 1964 р.

ВИПУСК 44

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 29.12.18. Формат 60×84/16  
Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк офсетний  
Умов. друк. арк. 6,16. Умов. фарб. відб. 6,39  
Наклад 250 прим. Зам. № 659/2018

---

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 напрямками:  
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