

24. Исследование и разработка струйных рекуператоров для повышения эффективности использования топлива в промышленных печах: ил РГБ ОД 61:85-5/4756/.
25. А.С. 1695055 СССР, МКИ⁴ F 23 L 15/04. Рекуператора / Б.Д. Сезоненко, А.Е. Еринов, Т.В. Скотникова, Я.Б. Полетаев, Р.А. Пилипенко, Ю.Г. Хорунжий, Я.И. Белокопытов, Л.П. Махов, В.А. Ена. – Оpubл. 30.11.91, Бюл. № 44.
26. А.С. 1642191 СССР, МКИ⁴ F 23 L 15/04. Струйный рекуператор / Б.Д. Сезоненко, Ю.Г. Хорунжий, Т.В. Скотникова, Я.Б. Полетаев, Р.А. Пилипенко. – Оpubл. 30.03.89, Бюл. № 14.
27. А.С. 1702107 СССР, МКИ⁴ F 23 L 15/04. Трубчатый рекуператор / Б.Д. Сезоненко, Ю.Г. Хорунжий, Т.В. Скотникова, Р.А. Пилипенко. – Оpubл. 28.08.89, Бюл. № 48.
28. Pat. DE 384320, IC⁴ F23L 15/04, F28D 7/12, F28F 21/04. Recuperator/H. Kainer, J. Sommerer, R. Reichenauer. – Publ. 06.28.90.
29. А.С. 1663326 СССР, МКИ⁴ F 23 L 15/04. Рекуператор / Б.Д. Сезоненко, А.Е. Еринов, Т.В. Скотникова, Я.Б. Полетаев, Р.А. Пилипенко, Ю.Г. Хорунжий, Я.И. Белокопытов. – Оpubл. 15.07.91, Бюл. № 26.
30. Пат. RU 2219437, МПК⁷ F 23 L 15/04, F 28 D 7/02. Радиационно-конвективный теплообменник спирального типа / Н.И. Бирюков, Н.М. Башилов, Г.А. Константинов. – Оpubл. 20.08.03.
31. Пат. RU 2005128406, МПК⁸ F 28 D 7/00. Радиационно-конвективный теплообменник спирального типа "Самовар" / Н.И. Бирюков, Н.М. Башилов, В.Д. Коршиков. – Оpubл. 20.03.07.
32. Pat. WO 2013/041066 IC8 F24 F 12/00; F24 F 7/007; F24 F 7/08; F28 D 7/10. Countercurrent Cylindrical Recuperative Heat-Exchange Apparatus with Multiple-Threaded Helically Wound Heat Transfer Surfaces Intended Particularly for Ventilation Installations / J. Chlup. – Publ. 28.03.2013.
33. Пат. 104396 Укр., МПК⁹ F 28 D 1/04, F 23 L 15/04. Рекуператор / К.В. Агеев. – Оpubл. 27.01.14, Бюл. № 2.
34. Пат. RU 2283988, МПК⁷ F 23 L 15/04. Рекуперативный подогреватель технологического воздуха / В.Ф. Суворикин, А.М. Спектор, Г.И. Царева. – Оpubл. 20.09.06.

Агеев К.В. Сучасні тенденції конструювання металевих рекуператорів із вставками для підвищення енергоефективності пічних агрегатів

Розглянуто основні підходи в конструюванні та наведено типові конструкції рекуператорів для потреб промисловості. Запропоновано класифікацію рекуператорів на основі аеродинамічних схем руху повітря, що нагрівається, для інтенсифікації теплообміну на повітряній стороні. Показано, що однією із сучасних тенденцій у конструюванні рекуператорів є комбінування різних схем взаємного руху димових газів і повітря в рекуператорах, створення багатозаходних теплообмінників, інтенсифікація тепловіддачі на повітряній стороні за рахунок використання теплообмінних труб фасонного перетину і згнутого профілю, установа ребер, застосування технології імпульсних струменів для створення загального турбулентного вихору. Зазначено, що значне підвищення швидкостей повітря, що нагрівається, на вході в рекуператор (створення високошвидкісних теплообмінників) застосовувалося раніше лише в системах палинкових пристроїв. Показано, що при конструюванні високотемпературних рекуператорів для великогабаритних печей зазвичай удаються до традиційного компонування, а модернізація рекуператорів за рахунок встановлення в них активних перфорованих вставок може застосовуватися для середніх і компактних теплообмінників. Наведено класифікації рекуператорів за різними класифікаційними ознаками, вказано на труднощі при їх порівнянні. Запропоновано класифікацію конструкцій рекуператорів, в основу якої покладено аеродинамічну схему, використовувану для підвищення ефективності тепловіддачі на повітряній стороні, а також запропоновано конструктивне рішення для формування в рекуператорі турбулентного вихорового руху повітря, що нагрівається, за рахунок спільної дії струменів, що витікають з перфорованої вставки, і додаткових завихрювачів.

Ключові слова: аеродинамічна схема рекуператора, турбулентний вихор, імпульсний струмінь, розпорки-завихрювачі.

Ageev K.V. Modern Design Trends of Metal Recuperators with Inserts for Furnaces Units Energy Efficiency Increase

The main approaches in recuperator designing are considered, and typical constructions of recuperators for the industrial needs are displayed. The classification of recuperators based on aerodynamic schemes of heated air movement to intensify the heat exchange on the air side

is proposed. It is exhibited that one of the modern tendencies in recuperators design is a combination of different schemes of mutual motion of flue gases and air in the recuperators, the creation of multiple turning heat exchangers, heat transfer enhancement on the air side through the use of heat exchange tubes of shaped cross-section and a curved profile, installation of finning, the application of technology of impinging jets to create a overall turbulent vortex. It is noted that a significant increase in velocities of the heated air entering the recuperator (the creation of high-speed heat exchangers) was used previously only in burner devices systems. It is displayed that the designers usually resort to the traditional layout in the high-temperature recuperators designing for large-sized furnaces and the modernization of recuperators by installing of active perforated inserts can be applied for medium and compact heat exchangers. The classifications of recuperators on various classification criteria are given, the difficulties when comparing them are demonstrate. The classification of the recuperator designs, which is based on aerodynamic scheme, used to improve the efficiency of heat transfer on the air side, is proposed, and also a design solution to generate in the recuperator a turbulent vortex motion of heated air through the joint action of the jets which outflow from the perforated insert and additional swirlers is suggested.

Key words: recuperator aerodynamic scheme, turbulent vortex, impinging jets, cross-bar swirlers, energy efficiency.

УДК 691.11:674.8:531.717.8

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

ВПЛИВ РОЗМІРІВ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КЛЕЄНИХ ШИТІВ НА ЇХ ФОРМОСТІЙКІСТЬ

Зважаючи на економічні та технологічні переваги, одним із раціональних способів використання деревини для меблевих виробів є клеєні шити. Клеєні шити, виготовлені з деревних відходів, вдало поєднують красу матеріалу і значно здешевлюють виробництво, сприяючи вирішенню питань ресурсоощадності. Запропоновано технологічний процес виготовлення клеєних шитів із кускових відходів деревини. Отримано регресійну залежність, що дає змогу ідентифікувати вплив довжини і ширини структурних елементів клеєного шита на його формостійкість. Визначено розміри структурного елемента, за яких відхилення від площинності є мінімальним.

Ключові слова: клеєний шит із кускових відходів, відхилення від площинності, лінійні розміри структурних елементів.

Актуальність стану питання. Із зростанням попиту на продукцію, виготовлену з деревини, збільшується кількість і потужність виробництв, а відтак – і об'єми деревних відходів. Оскільки деревина має надзвичайно важливе екологічно-промислове значення, пошук нових способів переробляння деревних відходів є актуальним питанням.

Огляд літературних джерел. У процесі роботи над цією темою проаналізовано низку наукових праць і статей, дотичних до теми досліджень. Серед них праці В.Н. Биковського, Б.С. Соколовського [1], Л.М. Ковальчук [2], Н.А. Попова [3], В.Н. Волинського [4], О.О. Кривик та В.О. Маєвського [5]. Внаслідок аналізу вище перелічених робіт зроблено висновок про те, що технологічний процес виготовлення клеєних шитів із кускових відходів деревини є не до кінця вивченим і проаналізованим, оскільки дослідники не пропонували виготовлення клеєних шитів, власне з кускових відходів масивної деревини невеликих розмірів.

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

Постановка стану питання. З метою підвищення ресурсоощадності і покращення естетичних властивостей меблевих виробів запропоновано використання клеєного щита, виготовленого із кускових відходів, нагромаджених у процесі деревооброблення [1, 2]. Оскільки лінійні розміри кускових відходів варіюються в широких межах, які визначаються наявністю вад оброблюваної деревини (пилотеріалів, чорнових меблевих заготовок, невідповідності розмірів висоти, ширини, довжини пилотеріалів) та функціональним призначенням виробу, що виготовляється, логічно б припустити, що саме лінійні розміри одиничних елементів клеєного щита здійснюватимуть деякий вплив на формостійкість таких меблевих щитів (рис. 1). **Мета роботи** – встановлення закономірностей такого впливу.

Методика досліджень. У процесі досліджень із вивчення впливу розмірних характеристик структурного елемента клеєного щита на його формостійкість реалізований В-план, доповнений додатковим дослідом у центрі плану (табл. 1). Кількість дубльованих досліджень – 3.

Табл. 1. Матриця планування, доповнена результатами експериментальних досліджень

| № з/п | Вхідні фактори | | | |
|-------|------------------------|-------|---------------------|----------|
| | нормалізовані значення | | натуральні значення | |
| | X_1 | X_2 | L , мм | B , мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | - | + | 40 | 60 |
| 2 | - | - | 40 | 40 |
| 3 | + | - | 60 | 40 |
| 4 | + | + | 60 | 60 |
| 5 | 0 | - | 50 | 40 |
| 6 | 0 | + | 50 | 60 |
| 7 | - | 0 | 40 | 50 |
| 8 | + | 0 | 60 | 50 |
| 9 | 0 | 0 | 50 | 50 |

З метою реалізації експериментальних досліджень виготовлено дев'ять типорозмірів експериментальних зразків клеєного щита із кускових відходів деревини вільхи (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд експериментального зразка №1 клеєного щита, виготовленого із структурних одиничних елементів

Технологічний процес виготовлення експериментальних зразків клеєних щитів (300×300 мм) реалізовано таким чином:

- сортування кускових відходів, отриманих у процесі виготовлення різних виробів, зокрема меблевих фасадів рамко-тахлевої конструкції (рис. 2) з метою відбракування за якісними (вади та дефекти оброблення) та розмірними характеристиками (задоволення вимог проведення експерименту);



Рис. 2. Меблеві фасади рамко-тахлевої конструкції ($W=8^{±2}\%$)

- розкрій відсортованих кускових відходів у розмір за шириною і довжиною відповідно до розмірів структурних елементів згідно з планом експерименту (довжина структурного елемента $L=40...60$ мм; ширина структурного елемента $B=40...60$ мм). Розкрій здійснювали на круглопилкових верстатах Metabo TKHS 315 C та Metabo KS 216. Зокрема вибір інтервалу варіювання ширини і довжини структурних елементів клеєного щита спричинений реальними розмірними характеристиками відходів та естетичними вимогами до виготовлення клеєних щитів;
- склеювання структурних елементів на гладку фугу у ламель. Структурні елементи перед склеюванням сортували, підбирали за текстурою відповідно до спроектованого зовнішнього вигляду. Як клейовий матеріал використано полівінілацетатний клей холодного отвердіння Jowasol 102.20. Ламель, зібрану зі структурних елементів, на крайки яких попередньо нанесений клей, витримували протягом двох годин у пристосуванні, утвореному із гвинтових струбцин, що забезпечувало стискування у трьох напрямках. Після склеювання у цьому пристосуванні ламель витримували у кліматичних умовах (вологість $50\pm 5\%$, температура 20 ± 2 °C) протягом 12 год;
- фрезерування клеєних ламелей у розмір за товщиною на рейсмусовому верстаті Metabo HC 260 C;
- склеювання ламелей на гладку фугу у щит. Ламелі перед склеюванням сортували. Як клейовий матеріал використано полівінілацетатний клей холодного отвердіння Jowasol 102.20. Щит, зібраний із ламелей, на крайки яких попередньо нанесений клей, витримували протягом двох годин у пристосуванні, утвореному із гвинтових струбцин, що забезпечувало стискування у трьох напрямках. Після склеювання у цьому пристосуванні щит витримували у кліматичних умовах (вологість $50\pm 5\%$, температура 20 ± 2 °C) протягом 12 год;
- форматний розкрій експериментальних зразків клеєних щитів у розмір за шириною і довжиною (круглопилковий верстат Metabo TKHS 315 C);
- шліфування площин щита з метою видалення залишків клею та калібрування.

Вимірювання стріли прогину (відхилення від площинності) як однієї з основних характеристик формостійкості здійснювали після двотижневої витримки експериментальних зразків у кімнатних умовах. Вимірювання проводили за допомогою експериментальної установки з числовим програмним управлінням. Покази числового індикатора ИЧЦ (3)-25-0,01 (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.

Заміри знімали з експериментальних зразків клеєних щитів у двох напрямках (напрямок вздовж волокон – напрямок А, вздовж довжини щита; напрямки поперек волокон – напрямки Б, вздовж ширини щита). У кожному із напрямків клеєного щита вимірювання проводили за 6-ма умовними лініями (всього 12 умовних ліній з кроком між лініями у 30 мм) (рис. 3).

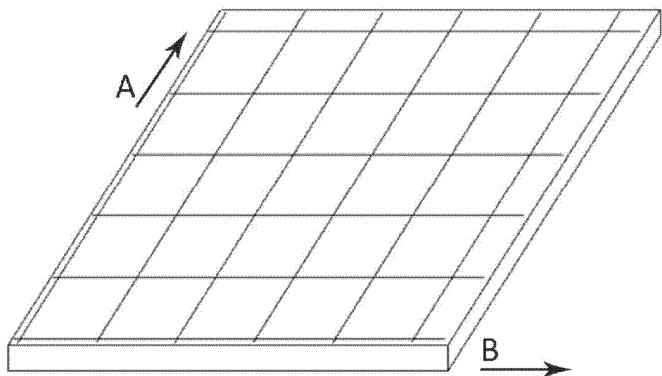


Рис. 3. Схема траєкторії руху числового індикатора по площині візиря

Внаслідок вимірювань на кожній лінії фіксували від 300 до 360 точок. Таким чином за результатами одного вимірювання отримували вибірку сукупності обсягом від 3600 до 4320 (12×(300...360)). За проміжкове значення стріли прогину приймали середнє значення цієї вибіркової сукупності. Експериментальне значення функції відгуку (табл. 2) отримували як різницю середніх значень вибірок, отриманих за результатами першого і останнього вимірювання (за абсолютною величиною), причому перше вимірювання здійснювали орієнтовно після двох тижнів від моменту виготовлення експериментального зразка клеєного щита, а останнє вимірювання визначали незмінністю стріли прогину (вимірювання стріли прогину не продовжували у випадку, якщо величина стріли прогину останнього вимірювання відрізнялась від попереднього не більше ніж на 5 %) У здійсненому експерименті проведено чотири серії вимірювань і значення стріли прогину (табл. 2) визначене як різниця між першим і четвертим дослідом.

Результати досліджень. Внаслідок оброблення даних експерименту отримано рівняння регресії другого порядку, яке описує залежність стріли прогину від лінійних розмірів структурних елементів:

$$S = 4,083 - 0,0817L - 0,0738B - 0,00007LB + 0,00077L^2 + 0,00080B^2, \quad (1)$$

де: L – довжина структурного елемента клеєного щита; B – ширина структурного елемента клеєного щита.

Графічна інтерпретація отриманої регресійної залежності представлена на рис. 4...6. Як видно з рис. 4, збільшення довжини структурного елемента призводить до зменшення відхилення S . Натомість, тенденція щодо залежності впливу ширини структурного елемента на відхилення клеєного щита від площинності є зворотною (рис. 5).

Варто зазначити, що характер впливу лінійних розмірів структурного елемента на усереднене відхилення є нелінійним, хоча внаслідок можна з певною імовірністю припустити наявність тенденцій оберненої (рис. 4) та прямої пропорційності (рис. 5).

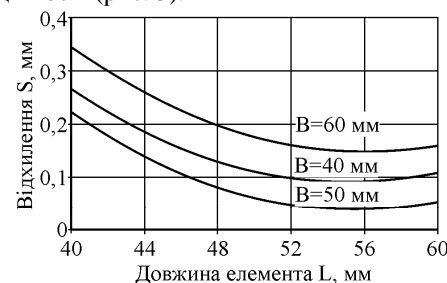


Рис. 4. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) клеєного щита від довжини структурного елемента L

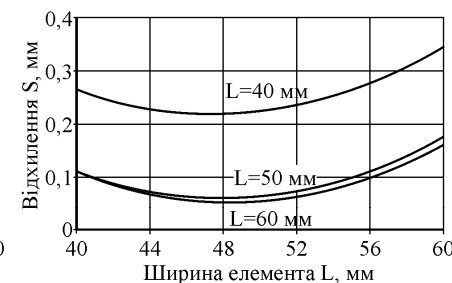


Рис. 4. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) клеєного щита від ширини структурного елемента L

Табл. 2. Порівняння експериментальних та розрахункових значень із стандартизованими значеннями

| № з/п | Вхідні фактори | | | Функція мети | |
|-------|--|-----------------|--|---|---|
| | натуральні значення $L, \text{ мм}$ | $B, \text{ мм}$ | стандартизовані значення відхилення від площинності для щитової складальної одиниці $300 \times 300 \text{ мм}$ | функція відгуку експериментальне значення $Y_{\text{експ}}$ | функція відгуку розрахункове значення $Y_{\text{розр}}$ |
| | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 |
| 1 | 40 | 60 | 0,25 | 0,332 | 0,344 |
| 2 | 40 | 40 | 0,25 | 0,258 | 0,265 |
| 3 | 60 | 40 | 0,25 | 0,127 | 0,111 |
| 4 | 60 | 60 | 0,25 | 0,173 | 0,161 |
| 5 | 50 | 40 | 0,25 | 0,102 | 0,111 |
| 6 | 50 | 60 | 0,25 | 0,176 | 0,176 |
| 7 | 40 | 50 | 0,25 | 0,243 | 0,224 |
| 8 | 60 | 50 | 0,25 | 0,027 | 0,055 |
| 9 | 50 | 50 | 0,25 | 0,072 | 0,063 |

Порівняння результатів експерименту і стандартизованих значень [3] (табл. 2.) засвідчило, що тільки реальні відхилення від площинності експериментальних зразків № 1 ($L=40 \text{ мм}; B=60 \text{ мм}$) та № 2 ($L=40 \text{ мм}; B=40 \text{ мм}$) є більшими за допустимі. Відхилення від площинності за стрілою прогину всіх інших експериментальних зразків задовольняють вимоги стандарту (табл. 2).

За результатами експерименту здійснено оптимізацію лінійних розмірів структурних елементів за допомогою градієнтного методу, внаслідок якої вияв-

лено, що мінімальне значення відхилення $S_{\min} = 0,037$ мм, взяте за абсолютною величиною можна отримати зафіксувавши розмірні параметри структурного елемента клеєного щита наступним чином: $L=55$ мм; $B= 48$ мм (рис. 6).

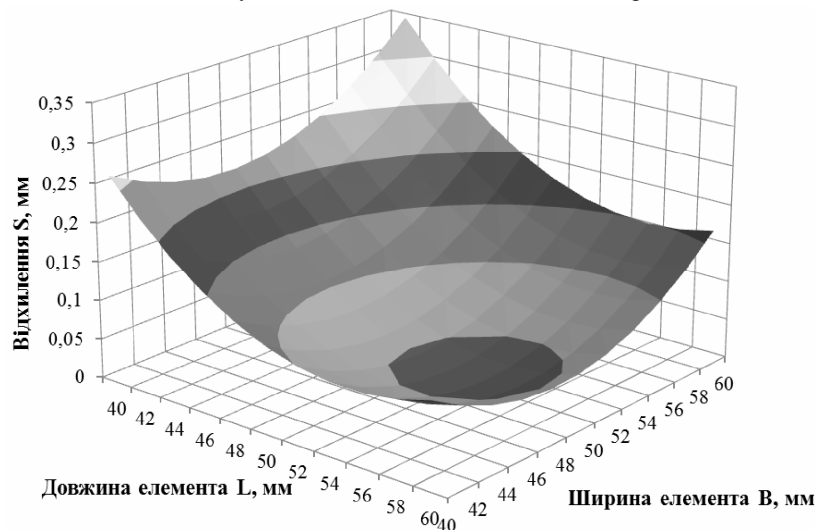


Рис. 6. Залежність усередненого відхилення S (від площинності) клеєного щита від лінійних розмірів структурного елемента

Висновки:

1. Розроблено технологічний процес виготовлення клеєних щитів із деревинних кускових відходів, реалізація якого у виробничих умовах дасть змогу отримати якіснішу продукцію.
2. Отримано рівняння регресії другого порядку, з використанням В-плану, що описує залежність впливу зміни лінійних розмірів структурних елементів клеєних щитів на їх формостійкість.
3. Здійснено оптимізацію лінійних розмірів структурних елементів, внаслідок якої встановлено лінійні розміри структурних елементів клеєних щитів, за яких можна досягнути мінімального відхилення від площинності.

Література

1. Быковский В.Н. Деревянные клееные конструкции / В.Н. Быковский, Б.С. Соколовский. – М.: Изд-во Машстройиздат, 1949. – С. 151-153.
2. Ковальчук Л.М. Технология склеивания / Л.М. Ковальчук. – М.: Изд-во "Лесн. пром-сть", 1973. – 208 с.
3. Попов Н.А. Склеивание древесины (производство клееных заготовок) / Н.А. Попов. – М.: Изд-во "Лесн. пром-сть", 1972. – С. 33.
4. Вольтский В.Н. Технология клееных материалов : учебн. пособ. [для студ. ВНЗ] / В.Н. Вольтский. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – Архангельск : Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 2003., 280 с.
5. Кривик О.О. Динаміка зміни формостійкості щитів клеєних з поєднанням різних порід деревини / О.О. Кривик, В.О. Масевський // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2011. – Вип. 37.1. – С. 30-33.

6. Кійко І.О. Визначення ролі деревини та деревних матеріалів в меблевому виробництві на основі соціологічного дослідження / І.О. Кійко // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2013. – Вип. 39.1 – С. 113-117.

7. Kiyko I.O. Possibilities of the woodworking industry's wastes using for manufacturing of the furniture boards with improved aesthetic properties / I.O. Kiyko // Pokroky vo vyrobe a pozuiti lepidiel v drevopriemysle (adhesives in woodworking industry). Technical University in Zvolen (Slovakia). Proceedings of the XXI symposium. Vydavatelstvo TU Zvolen. – 2013. – S. 107-112.

8. ГОСТ 6449.3-82 "Допуски формы и расположения поверхностей".

Кійко І.О. Влияние размеров структурных элементов клееных щитов на их формоустойчивость

Учитывая экономические и технологические преимущества, можно считать, что одним из рациональных способов использования массивной древесины для мебельных изделий являются клееные щиты. Клееные щиты, изготовленные из кусковых древесных отходов, удачно сочетают красоту материала и значительно удешевляют производство, способствуя решению вопросов ресурсосбережения. Предложено технологический процесс изготовления клееных щитов из кусковых отходов древесины. Получена регрессионная зависимость, которая позволяет идентифицировать влияние длины и ширины структурных элементов клееного щита на его формоустойчивость. Определены размеры структурного элемента, при которых отклонение от плоскостности является минимальным.

Ключевые слова: клееный щит из кусковых отходов, отклонения от плоскостности, линейные размеры структурных элементов.

Kiyko I.O. The Impact of the Structural Element Sizes on the Furniture Board Form Stability

Glued panels can be assumed to be one of the reasonable ways to use solid wood for furniture products, considering the economic and technological advantages. Glued panels made of lumpy wood waste material successfully combine beauty and are much cheaper for production, contributing to the solution of saving wood material problems. The technological process of glued panel manufacturing using lumpy wood waste is suggested. Regressive dependence that allows us to identify the impact of the length and width of individual items of furniture board on its shape stability is obtained. Structural element dimensions in which the deviation from flatness is minimal are defined.

Key words: glued timber, lump waste, flatness deviation, linear dimensions, structural elements.

УДК 656.057

Ст. викл. Д.В. Руденко, канд. техн. наук;

курсант В.І. Рицький – Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАСПОКОЄННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ НА ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ ПІД ЧАС ВІЇЗДУ ОПЕРАТИВНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА ВИКЛИКОМ

Розглянуто питання організації безпечного виїзду оперативних транспортних засобів із підрозділів Державної служби надзвичайних ситуацій України за викликом із заспокоєнням світлофорного регулювання для стримування транспортного потоку на вулично-дорожній мережі. Запропоновано підсистему стримування транспортного потоку вулично-дорожньої мережі міста та звільнення смуги для виїзду оперативних транспортних засобів за викликом зі зменшення ймовірності виникнення аварійних ситуацій та дорожньо-транспортних пригод іншими учасниками дорожнього руху.

Ключові слова: Світлофор, регулювання транспортними потоками, інтенсивність руху, безпека руху.