

Предложены практические рекомендации для математического метода прогнозирования прочности и долговечности термопластичных клеевых соединений древесины. Для этого разработано соответствующее компьютерное обеспечение, которое позволяет прогнозировать прочность и долговечность термопластичных клеевых соединений древесины при минимальных затратах и без специальных навыков. При прогнозировании необходимо выбрать породу древесины, ее плотность, степень нагрузки клеевой композиции, необходимые коэффициенты для определенной породы древесины и средневзвешенную суточную, месячную или годовую температуру и влажность окружающей среды. Результаты прогнозирования прочности и долговечности термопластичных клеевых соединений древесины получены в числовых значениях и графической интерпретации.

### ***Kshyvetsky B.Ya. Some Operational Recommendations for Predicting the Strength and Durability of Thermoplastic Adhesive Wood Joints***

Some operational recommendations concerning the prediction of strength and durability of thermoplastic adhesive wood joints by means of mathematical modelling are proposed. Relevant computer software that will make it possible to predict the strength and durability of thermoplastic adhesive wood joints under operating conditions at minimum cost and without special user's skills has been developed. The prediction procedure involves identification of the wood species, its density, the degree of the adhesive composition loading, relevant coefficients for the wood concerned, as well as the average daily, monthly or average annual temperature and humidity of the environment. The results of prediction the strength and durability of thermoplastic adhesive wood joints are presented numerically and in graphic form.

**Key words:** thermoplastic adhesive wood joints, strength, durability, software, wood species.

**УДК 674.[06+21] Доц. В.О. Маєвський, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів;  
вкл. М.В. Удовиська – ТК НЛТУ України, м. Львів**

### **ОСНОВНІ НАПРЯМІ ДОСЛІДЖЕНЬ У ВИРОБНИЦТВІ КЛЕЄНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ДЕРЕВИНИ ІЗ ДОТРИМАННЯМ ТЕКСТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ**

Охарактеризовано основні способи виготовлення клеєних щитових конструкцій. Проаналізовано традиційні технологічні підходи щодо забезпечення їх міцності та формостійкості, наголошено на недоліках наявного виробництва. Запропоновано проектно-технологічні рішення виготовлення клеєних щитових конструкцій, а також варіанти схем їх набору із дотриманням текстурних особливостей, міцності та формостійкості. Запропоновано шляхи забезпечення стабільності форми цих конструкцій, що проявляється в здатності зберігати свої структурні розміри в змінних кліматичних умовах.

**Ключові слова:** клеєні щитові конструкції, текстурні особливості, формостійкість, схеми набору, проектно-технологічні рішення.

**Актуальність досліджень.** Одними з найпоширеніших формоутворюючих конструкційних та фасадних елементів виробів з деревини є клеєні щитові конструкції (КЩК). Номенклатура виробів, що містять їх у своєму складі, надзвичайно різноманітна. Насамперед це мебелі і паркетні вироби, двері, стінові панелі тощо. Якість цих виробів здебільшого визначається якістю виготовлення КЩК, тому до них висувають високі вимоги щодо міцності, формостійкості та естетичності.

Можливості сучасних технологій дають змогу виготовляти матеріали, що дуже близько імітують текстуру деревини. Однак штучно відтворити природний малюнок (текстуру) деревини залишається практично неможливим, зокрема на цей час відсутні технологічні рішення щодо відтворення об'ємності текстури де-

ревини. Окрім цього, у натуральній деревині є й інші характерні особливості, які практично неможливо відтворити в інших матеріалах, зокрема композиційних, що найчастіше використовують як заміники деревини. До таких особливостей натуральної деревини варто віднести: практично відсутній вміст токсичних речовин, можливість оновлення її поверхні, здатність до відтворення попередньої форми за зміни вологи, стабільність механічних показників за перепаду температури, відсутність розшарування за товщиною та відклеювання крайки.

Забезпечення якості КЩК, обумовленої властивостями її окремих ділянок (заготовок, ламелей), потребує диференційованого підходу з урахуванням вимог міцності, формостійкості та естетичності КЩК. Тому пошук ефективних рішень щодо виробництва КЩК із дотриманням текстурних особливостей, міцності та формостійкості є актуальним завданням.

**Огляд стану питання.** КЩК з масивної деревини отримують склеюванням пилопродукції різного виду розпилювання за шириною або товщиною. Можливий також варіант склеювання за довжиною (зрошування, здебільшого на зубчастий шип) перед склеюванням за шириною або товщиною. На цей час відомі два способи виготовлення КЩК: традиційний – склеювання пилопродукції за шириною в КЩК – та альтернативний – склеювання пилопродукції за шириною і товщиною у блок (пакет), який розпилюють на КЩК. Альтернативний спосіб у зв'язку з підвищеними трудовитратами та неможливістю використання отриманих КЩК у виготовленні фрезерованих фасадних поверхонь складного профілю (площинного або об'ємного) набув меншого розповсюдження. Традиційний спосіб виготовлення клеєних щитів є придатнішим для їх подальшого використання та реалізується за однією з чотирьох визначених технологічних схем [1].

Відомо, що текстура пилопродукції, отриманої після розпилювання колоди, є дуже різноманітною. Макроскопічні анатомічні елементи формують текстуру деревини, оригінальність і неповторність якої визначається складністю будови і сукупністю окремих її елементів. Зі всіх макроскопічних елементів, що характеризують текстуру деревини, можна виокремити річні кільця. Особливість текстури деревини залежить від таких основних характеристик річних кілець: форми на поперечному перетині, ширини, кількості на 1 см, відмінності ранньої і пізньої зони та рівношаровості. Річні кільця добре виражені у хвойних і листяних кільцесудинних породах помірного кліматичного поясу, завдяки чому текстура деревини у таких породах різноманітна і добре помітна на перетинах колоди [2, 3]. Пилопродукція, випиляна різними способами традиційними напрямками (паралельно до осі або відносно осі), є загальноживаною. Тому використання такої пилопродукції у виготовленні виробів із деревини певною мірою обмежує потенційні дизайнерські рішення через узвичаєність текстурних особливостей деревини. Отримати пилопродукцію з оригінальною текстурою можна, змінивши кут розпилювання колоди відносно її осі на декілька градусів [6-8], а вироби, виготовлені з такої пилопродукції, характеризуватимуться високими художньо-естетичними властивостями.

Для забезпечення міцності та формостійкості КЩК зазвичай використовують традиційні технологічні підходи. КЩК, які мають велику ширину, необхідно склеювати з вузьких ділянок пилопродукції. Це зумовлено тим, що широкі КЩК під час експлуатації, внаслідок капілярно-пористої будови деревини та анізотропності її властивостей, які характеризуються розміщенням волокон, напрям-

ком річних шарів у ділянках і наявністю різних зон деревини в ділянці, піддаються деформуванню (коробляться). Короблення (відхилення форми від заданої) здебільшого виявляється на поперечному перетині пилопродукції або її ділянки. Так, для випадку, коли КЩК склеювати з широких ділянок тангенціального випилювання із розміщенням річних шарів в одному напрямку, короблення такої КЩК одностороннє і має гладку поверхню. Якщо ж ділянки у КЩК розмістити по чергово з річними шарами у двох напрямках, то короблення такої КЩК буде складним, з хвилястою поверхнею.

Викривлення пилопродукції тангенціального та змішаного випилювання зумовлене різною величиною всихання ранньої і пізньої зон річних кілець. З огляду на те, що пізня зона всихається більше ніж рання, річне кільце прагне до вирівнювання, а сама пилопродукція коробиться. У випадку використання пилопродукції змішаного розпилювання для склеювання КЩК її короблення буде мати випадковий характер і залежатиме від розміщення ділянок у КЩК. КЩК з широких ділянок радіального випилювання, річні шари яких розміщені відносно площини близько до перпендикуляра, короблення не зазнає, але її поверхня може бути нерівною через нерівномірне всихання заболонної і ядрової частини ділянки. Важливим якісним критерієм виготовлення КЩК є забезпечення належної формостійкості. Для покращення формостійкості КЩК її потрібно склеювати з вузьких ділянок (із заболонної або ядрової частини) радіального розпилювання, які потрібно розміщувати так, щоб напрямок волокон на сусідніх ділянках був розвернутий на 180°, але при цьому не втрачалися декоративні властивості поверхні [4-6].

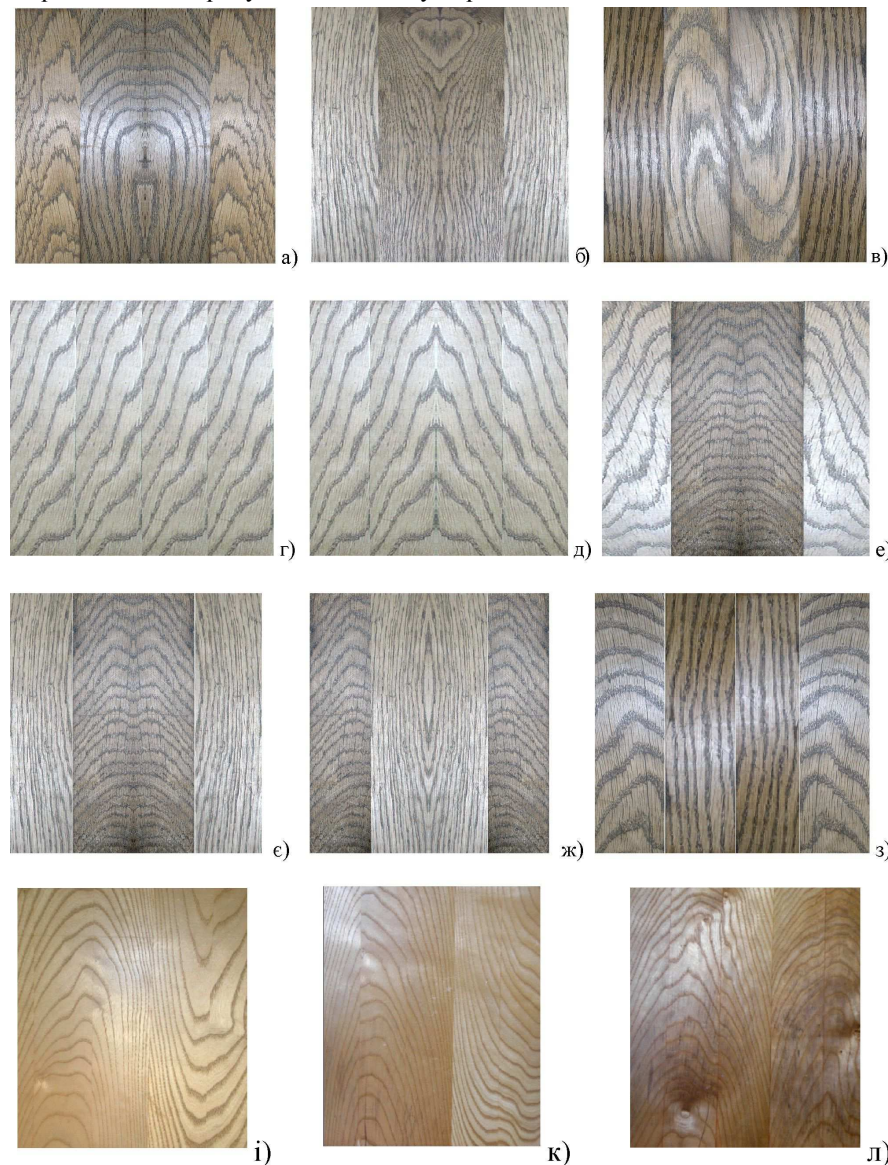
До недоліків наявного виробництва КЩК за технологічними схемами традиційного та альтернативного способів варто віднести переважно неврахування текстурних особливостей деревини та використання знеособленої пилопродукції, яка зокрема характеризується відсутністю яскраво виражених особливостей текстури деревини. Використання пилопродукції радіального розпилювання для виробництва КЩК не є оптимальним варіантом з огляду на малу ресурсоощадність та складність її отримання, трудовитрати та витрати коштів.

Аналіз відомих технологій виробництва КЩК свідчить, що врахування текстурних особливостей у процесі виготовлення КЩК, зокрема на етапі формування пакета, є малодослідженим питанням, позаяк основна увага науковців та виробників спрямована на забезпечення міцності та формостійкості КЩК.

**Постановка проблеми.** З метою врахування текстурних особливостей у процесі виготовлення КЩК із забезпеченням вимог їх міцності та формостійкості доцільно реалізувати такі проектно-технологічні рішення: запропонувати схеми набору КЩК, здійснити попереднє моделювання формостійкості запропонованої КЩК, а у випадку підтвердження регламентованих нормативними документами показників КЩК, реалізувати запропоновані схеми набору у виробничих умовах.

Цікавим підходом у виробництві КЩК з урахуванням текстурних особливостей є використання пилопродукції з оригінальною U- та O-подібною текстурою деревини [6-8]. Як свідчать результати попередніх досліджень, використання такої пилопродукції у виробництві КЩК забезпечить їх належну формостійкість, але позаяк зменшаться їх міцнісні показники, то такі КЩК можна буде використовувати лише в конструкціях, що не несуть значних навантажень, зокре-

ма таких, як фасадні поверхні. Прогнозована належна формостійкість КЩК з пилопродукції, випиленої під кутом до осі колоди, буде забезпечена завдяки зменшенню внутрішніх напружень у ділянках цих КЩК, порівняно з КЩК, для яких використано пилопродукцію, випилену паралельно до осі колоди.



**Рис. Варіанти схем набору КЩК з урахуванням текстурних особливостей:**  
 а-з) комбіновані з ділянок радіального, тангенціального та змішаного розпилювання;  
 і) – л) із пилопродукції, випиленої під кутом до осі колоди 5°, 10°, 15° відповідно

Зменшення внутрішніх напружень зумовлено тим, що під час розпилювання колоди під кутом до її осі відбувається перерізаня річних кілець і деревних волокон, тому випиляна під кутом пилопродукція не містить довгих ділянок річних приростів з неперерізанями волокнами. Це призводить до зменшення внутрішніх напружень у пилопродукції під час її експлуатації. Зменшення напружень сприяє зменшенню величини внутрішньої (результуючої) сили в ділянках річних приростів.

Окрім запропоновані варіанти схем набору КЩК з урахуванням текстурних особливостей наведено на рисунку.

Передумовою реалізації запропонованих варіантів (рис.) у виробничих умовах є вирішення таких основних завдань, як дослідження перспективного попиту (соціологічний показник) на пропоновану продукцію та забезпечення експлуатаційних показників КЩК, зокрема їх формостійкості.

#### Висновки:

1. З метою урахування текстурних особливостей у процесі виготовлення КЩК із дотриманням вимог їх міцності та формостійкості запропоновано проектно-технологічні рішення, реалізація яких у виробничих умовах сприятиме як вирішенню поставлених завдань, так і раціональному використанню деревини.
2. Запропоновані варіанти схем набору КЩК з урахуванням текстурних особливостей дадуть змогу урізноманітнити дизайнерські рішення у виробництві виробів із деревини.

#### Література

1. Рыбицкий П.Н. Технологические варианты производства мебельных щитов / П.Н. Рыбицкий, Н.В. Лебединская // Современные проблемы конструирования и производства художественных изделий из древесины. – Архангельск : Изд-во АГТУ. – 2006. – С. 161-167.
2. Боровиков А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев / под ред. Б.Н. Уголева. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1989. – 294 с.
3. Wood Handbook, Wood as an Engineering Material. Gen. Tech. Rep. / FPL–GTR–190. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. – 2010. – 508 p.
4. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини : навч. посібн. / І.Г. Войтович. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ, "Інтелект-Захід". – 2004. – 143 с.
5. Маєвський В.О. Дослідження формостійкості клеєних щитів з масивної деревини дуба / В.О. Маєвський, Ю.В. Бєнях // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2005. – Вип. 15.5. – С. 199-208.
6. Пат. 91374 Україна, МПК (2009) В27 М 3/00. Спосіб виготовлення клеєного щита зі збереженням текстури деревини / В.О. Маєвський, В.М. Максимів, В.С. Каленський; заявник і патентовласник ДВНЗ Націон. лісот. ун-т України. – заявл. 25.02.2008; опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14.
7. Mayevskyy V. The effect of a sawing angle on wood texture / V. Mayevskyy, V. Maksymiv, I. Sopushynskyy, A. Teischinger // Folia Forestalia Polonica, Series B. – Poznan : Wyd-wo "Drzewnictwo". – 2008. – Issue 39. – Pp. 45-54.
8. Пат. 31116 Україна, МПК (2006.01) В27В 1/00. Спосіб отримання пилопродукції з U- та O-подібною текстурою деревини / В.О. Маєвський; заявник і патентовласник ДВНЗ Націон. лісот. ун-т України. – заявл. 03.12.2007; опубл. 25.03.2008, Бюл. № 6.

**Маєвський В.А., Удовіцка М.В. Основные направления исследований в производстве клееных щитовых конструкций из древесины с соблюдением текстурных особенностей**

Охарактеризованы основные способы изготовления клееных щитовых конструкций. Проанализированы традиционные технологические подходы по обеспечению их прочности и формоустойчивости, отмечены недостатки существующего производства.

Предложены проектно-технологические решения изготовления клееных щитовых конструкций, а также варианты схем их набора с соблюдением текстурных особенностей, прочности и формоустойчивости. Предложены пути обеспечения стабильности формы этих конструкций, которая проявляется в способности сохранять свои структурные размеры в переменных климатических условиях.

**Ключевые слова:** клееные щитовые конструкции, текстурные особенности, формоустойчивость, схемы набора, проектно-технологические решения.

#### **Majevskyy V.O., Udovyt'ska M.V. Main Research Areas in the Field of the Wood Laminated Panel Constructions Production with Textural Features Compliance**

Existing ways of making laminated panel constructions are characterized. Traditional technological approaches to ensure laminated panel constructions strength and shape stability are analysed. The shortcomings of existing production are highlighted. Design and manufacturing technology solutions of making laminated panel, and also variants of a set of texture features, strength and shape stability are proposed. Ways of ensuring the shape stability of these structures, which manifest themselves in the ability to retain its structural dimensions in variable climatic conditions, are proposed.

**Key words:** wood panel design, texture features, shape stability, circuit set, design and technology solutions.

УДК 621.4

Науч. сотрудник К.В. Азеев – Институт газа НАН Украины

#### **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РЕКУПЕРАТОРОВ СО ВСТАВКАМИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕЧНЫХ АГРЕГАТОВ 1**

Рассмотрены основные подходы в конструировании и приведены типичные конструкции рекуператоров для нужд промышленности. Предложена классификация рекуператоров на основе аэродинамических схем движения нагреваемого воздуха для интенсификации теплообмена на воздушной стороне. Показано, что одной из современных тенденций в конструировании рекуператоров является комбинирование различных схем взаимного движения дымовых газов и воздуха в рекуператорах, создание многозаходных теплообменников, интенсификация теплоотдачи на воздушной стороне за счет использования теплообменных труб фасонного сечения и изогнутого профиля, установки оребренных, применения технологии импульсных струй для создания общего турбулентного вихря. Отмечено, что значительное повышение скоростей нагреваемого воздуха на входе в рекуператор (создание высокоскоростных теплообменников) применялось ранее лишь в системах горелочных устройств. Показано, что в конструировании высокотемпературных рекуператоров для крупногабаритных печей обычно прибегают к традиционной компоновке, а модернизация рекуператоров за счет установки в них активных перфорированных вставок может применяться для средних и компактных теплообменников. Приведены классификации рекуператоров по различным классификационным признакам, указаны трудности при их сравнении. Предложена классификация конструкций рекуператоров, в основу которой положена аэродинамическая схема, используемая для повышения эффективности теплоотдачи на воздушной стороне, а также предложено конструктивное решение для формирования в рекуператоре турбулентного вихревого движения нагреваемого воздуха за счет совместного действия истекающих из перфорированной вставки струй и дополнительных завихрителей.

**Ключевые слова:** аэродинамическая схема рекуператора, турбулентный вихрь, импульсные струи, распорки-завихрители.

1 Автор выражает искреннюю благодарность А.А. Кадочникову и Ар.А. Кадочникову, на практике продемонстрировавшим автору высокую эффективность движения по спиральным вихревым траекториям.