Впровадження нових канатних систем, правильний вибір їх параметрів і створення сучасних технологічних схем розробки лісосік дасть змогу освоїти важкодоступні гірські масиви, забезпечивши екологічне збереження регіону Карпат.

Література

1. Закон України "Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону" від 10.02.2000 р., № 1436-III.И // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 8. – С. 221-236.
2. Правила рубань в гірських лісах Українських Карпат. – К. : Держкомітет лісового господарства. – 2003. – 24 с.
3. Про затвердження "Правил рубок головного користування в гірських умовах Карпат". І Постанова Кабінету міністрів України від 22.10.2008 р., № 929 И // Урядовий кур'єр. – 12 листопада 2008 р.
4. Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат. Ратифікована Законом України від 07.04.2004 р., № 1672-IV. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.Zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi.
5. Про забезпечення виконання міжнародних зобов'язань України за Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату та Кіотським протоколом до неї. Постанова Кабінетів Міністрів України від 17 квітня 2008 р., № 392. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.zakon.rada.gov.ua.
6. Мартинців М.П. Аналіз схем та розрахунок опор підвісних канатних лісо транспортних установок / М.П. Мартинців, І.В. Бичинюк // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2005. – Вип. 15.5. – С. 145-150.
7. Сабадырь А.И. Мобильные канатные лесотранспортные системы / А.И. Сабадырь, В.Л. Коржов // Оборудование и инструмент для профессионалов : науч.-техн. журнал. – 2004. – № 9. – С. 20-24.
8. Коржов В.Л. Применение лёгких мобильных канатных установок в карпатских лесхозах / В.Л. Коржов, А.А. Шуба // Оборудование и инструменты : науч.-техн. журнал. –2004. – № 11. – С. 6-7.
9. Сабадырь А.И. Мобильные канатные установки на базе гусеничной техники / А.И. Сабадырь, В.Л. Кожов // Оборудование и инструменты : науч.-техн. журнал. – 2005. – № 3. – С. 8-11.
10. Адамовський М.Г. Підвісні канатні канатні лісотранспортні системи / М.Г. Адамовський, М.П. Мартинців, Й.С. Бадера. – К. : Вид-во ІЗМН, 1997. – 156 с.
11. Бариляк В.В. Канатна установка // Патент на корисну модель № 24746; Заявка № u 2007 02913 від 19.03.2007 р. Опубл. 10.07.2007 р. Бюл. № 10. – 3 с.
12. Мартинців М.П. Динаміка та надійність підвісних канатних систем / М.П. Мартинців, Б.В. Сологуб, М.В. Матіїшин. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2011. – 188 с.
13. Синекевич І.М. Економіка лісокористування. – Львів : Вид-во ІЗМН, 2000. – 402 с.

Коржов В.Л., Ацбергер Й.Л. **Выбор типа и обоснование параметров канатных лесотранспортных установок**

Выполнен анализ существующих схем и конструктивных особенностей канатных лесотранспортных установок. Предложены наиболее перспективные схемы и методика определения их основных параметров. Приведены основные зависимости для силового расчета элементов канатной установки и зависимости, которые дают возможность оценить эффективность их работы. По результатам исследований предложены выводы, которые показывают перспективность использования канатных установок и представляют возможность выбора их основных параметров.

Ключевые слова: эколосберегательные технологии, канатная лесотранспортная установка, эксплуатационные параметры.

Korzhov W.L., Atsberger Yo.L. **Selection of the type and justification of cable timber transporting plants parameters**

The analysis of existing schemes and design features of cable timber transporting plants. The most promising schemes and method for determination of their fundamental parameters are proposed. The basic relationships for power calculating of the cable plant elements and dependencies, indicating the effectiveness of their work, are given. According to the research findings show the promise of cable systems and their basic parameters, are suggested.

Keywords: green technologies, cable timber transporting plant, operational parameters.

УДК 674.028.9 ***Асист. В.Р. Солонинка – НЛТУ України, м. Львів***

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СКЛЕЮВАННЯ ДЕРЕВИНИ ДУБА МОДИФІКОВАНИМИ ПОЛІВІНІЛАЦЕТАТНИМИ ДИСПЕРСІЯМИ

Наведено результати досліджень режимних параметрів процесу склеювання деревини дуба композиціями на основі полівінілацетатної дисперсії ПВАД-51П модифікованої кислотно-соляним комплексом. На основі отриманих результатів розроблено рекомендації щодо їх вибору для забезпечення максимальної міцності утворюваних з'єднань.

Ключові слова: дисперсія, режимні параметри, тиск пресування, тривалість відкритої витримки, витрата клею, межа міцності при сколюванні вздовж волокон.

Постановка проблеми. Застосування операцій склеювання у технологічних процесах деревообробної промисловості є невід'ємною складовою виготовлення більшої частки сучасної продукції. Для забезпечення довготривалої експлуатації виробів, полегшення технології виготовлення, а також отримання позитивного економічного ефекту потрібно значну увагу приділяти не тільки підбору клейових композицій, які б максимально відповідали поставленим вимогам, але і застосуванню оптимальних режимів процесу склеювання, що забезпечать високу якість кінцевого продукту.

Виходячи з аналізу режимних параметрів процесу склеювання деревини і деревинних матеріалів, наведених в картах-характеристиках продукції провідних виробників адгезивних систем [5-7], можна побачити, що навіть найменша зміна хімічного складу клею веде до зміни умов його застосування. Для прикладу, зміна ступеня поліконденсації чи полімеризації полімеру основи з якого виготовляють клей, при тому ж відсотковому вмісті в суміші, веде до зміни його фізико-механічних властивостей, що впливає на характеристики композиції загалом і вимагає при його застосуванні використання нових режимних параметрів.

Оскільки в моїх дослідженнях проведено роботу з модифікування ПВА дисперсії шляхом введення в неї додаткових хімічних сполук, то після вибору їх оптимального співвідношення доцільно розробити рекомендації щодо оптимальних режимних параметрів їх застосування. Тому ***метою дослідження*** було розробити основні режимні параметри процесу склеювання деревини дуба модифікованою ПВА дисперсією, за яких утворені з'єднання будуть володіти стійкістю до впливу води і підвищених температур (до +60 ^{o}C).

Матеріали та методи досліджень. Для виконання досліджень використовували пиломатеріали дуба товщиною 25 мм, які піддавали обробленню

струганням до товщини 20 мм. Для склеювання застосовували ПВА дисперсію, модифіковану кислотно-соляним комплексом (4,25 % від загального обсягу суміші), яку позначаємо за допомогою абревіатури ПВАД-ВС_1. Нанесення клею здійснювали на обидві поверхні.

Форма і розміри взірців, а також методика випробувань міцності клейових з'єднань на сколювання вздовж волокон відповідають вимогам ГОСТ 15613.1-84 [2]. Дослідження проводили з використанням лабораторного устаткування і технологічного обладнання згідно з чинними стандартами.

Виклад основного матеріалу. До основних режимних параметрів процесу склеювання належать: питома витрата клею, тривалість витримки перед склеюванням (відкрита витримка), питомий тиск пресування і тривалість витримки під його дією, температура пресування, а також тривалість витримки після склеювання. Окрім цього, на процес склеювання будуть впливати і додаткові режимні параметри, серед яких основними є: параметри навколишнього середовища і стан поверхонь, що склеюють (вологість, шорсткість, наявність/відсутність вад і дефектів та ін.) [1, 3, 4].

На основі аналізу режимних параметрів формування з'єднань деревини полівінілацетатними клеями, що випускають світові та вітчизняні виробники, було вибрано змінні фактори і межі їх варіювання, які наведено в табл. Оскільки параметри навколишнього середовища регламентуються діючими санітарними нормами і правилами, а якість підготовки поверхонь до склеювання – галузевими стандартами і іншими нормативними документами, то вони фіксувалися на одному рівні для всіх досліджень.

Табл. Методична сітка дослідів

№ з/п	Назва фактора	Одиниці виміру фактора	Натуральне позначення фактора	Кодоване позначення фактора	Рівень фактора						Інтервал зміни фактора, Δxi
					нижній		основний		верхній		
					натуральне значення	кодоване значення	натуральне значення	кодоване значення	натуральне значення	кодоване значення	
1	Тиск пресування	МПа	p	x_1	0,2	-1	0,6	0	1	1	0,4
2	Витрата клею	г/м^2	q	x_2	120	-1	160	0	200	1	40
3	Тривалість відкритої витримки	хв	T_1	x_3	0	-1	7,5	0	15	1	7,5
4	Тривалість пресування	хв	T_2	x_4	20	-1	40	0	60	1	20

Під час проведення досліджень тривалість витримки після склеювання однакова для всіх взірців, а температура пресування – дорівнює температурі навколишнього середовища. При реалізації повного факторного і В-плану за заданих рівнів варіювання змінних факторів (табл. 1) було отримано такі регресійні моделі в кодованих позначеннях залежності міцності на сколювання вздовж волокон з'єднань деревини дуба від режимних параметрів процесу склеювання:

- модель 1-го порядку:

$$y = 9,27 + 0,344 \cdot x_1 + 0,222 \cdot x_2 + 0,138 \cdot x_3 + 0,155 \cdot x_4 - 0,038 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,025 \cdot x_1 \cdot x_3 + \\ +0,012 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,73 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,036 \cdot x_2 \cdot x_4 - 0,057 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,084 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,057 \cdot \\ \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0,027 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0,029 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4$$

- модель 2-го порядку:

$$y = 10,622 + 0,351 \cdot x_1 + 0,313 \cdot x_2 + 0,188 \cdot x_3 + 0,176 \cdot x_4 - 0,317 \cdot x_1^2 - 1,102 \cdot x_2^2 - 0,317 \cdot \\ \cdot x_3^2 + 0,376 \cdot x_4^2 - 0,038 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,025 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,012 \cdot x_1 \cdot x_4 + 0,73 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,036 \cdot x_2 \cdot \\ \cdot x_4 - 0,057 \cdot x_3 \cdot x_4$$

При аналізі регресійної моделі першого порядку можна побачити, що найбільший вплив на вихідний параметр (міцність клеєної деревини дуба при сколюванні вздовж волокон) має тиск пресування (фактор x_1), оскільки коефіцієнт при ньому є найбільший за абсолютним значенням, а найменший – тривалість відкритої витримки (фактор x_3). Оскільки всі коефіцієнти при факторах додатні, то зростання величини змінних факторів веде до зростання вихідного параметра (міцності на сколювання вздовж волокон) і навпаки. Під час перевірки коефіцієнтів рівняння регресії на значущість було встановлено, що вплив всіх взаємодій, порівняно з впливом самих факторів, за винятком взаємодії факторів x_2 і x_3 (витрата клею і тривалість відкритої витримки перед пресуванням) і взаємодії другого порядку факторів x_1, x_2, x_3 (тиск пресування, витрата клею і тривалість відкритої витримки перед пресуванням) є незначним.

При аналізі регресійної моделі другого порядку було отримано дещо інші результати. Згідно з виконаними розрахунками, встановлено, що найбільший вплив в межах області експерименту на вихідний параметр (міцність на сколювання вздовж волокон) має витрата клею (фактор x_2), а найменший – тиск пресування (фактор x_1). Ці висновки отримано при аналізі допоміжної величини $|\partial_i|$, яку розраховували для кожного з факторів за формулою (1)

$$|\partial_i| = |b_i| + 2|b_{ii}| + \sum |b_{iu}|. \qquad (1)$$

Згідно з цією формулою, вплив фактора є тим вагомішим, чим більше значення для нього набуває величина $|\partial_i|$: $|\partial_1| = 1,103$; $|\partial_2| = 3,364$; $|\partial_3| = 1,68$; $|\partial_4| = 1,128$. Оскільки квадратичні коефіцієнти є значимими, то для того, щоб судити про вплив на зміну величини міцності досліджуваних взірців режимних параметрів процесу склеювання потрібно почергово дослідити залежність властивостей регресійної моделі від кожного з факторів, коли інші зафіксовані на певному рівні.

Для вивчення впливу тиску пресування (фактор x_1) на міцність з'єднань деревини дуба при сколюванні вздовж волокон у регресійну модель підставимо такі значення решти змінних факторів: x_2=x_3=0 (витрата клею і тривалість відкритої витримки фіксуються на основному рівні), x_4=1 (тривалість пресування фіксується на максимальному значенні). Отримане рівняння параболи буде мати такий вигляд:

$$y = 11{,}174 + 0{,}363 \cdot x_1 - 0{,}317 \cdot x_1^2 .$$

Оскільки виконуються нерівності |0,363|<2·|-0,317| і -0,363<0, функція описує випуклу параболу і в межах інтервалу варіювання фактора $x_1 \in$ **[**-1;1**]** набуває максиму в точці: $x_в = -\dfrac{0{,}363}{2 \cdot (-0{,}317)} = 0{,}573$. Значення параболи, яке відповідає максиму функції, становить: $y_в = 11{,}174 - \dfrac{0{,}363^2}{4 \cdot (-0{,}317)} = 11{,}28 МПа$. Отже, значення міцності при сколюванні вздовж волокон клеєної деревини дуба зі зростанням тиску пресування (за інших рівних умов) від мінімального значення x_1=-1 (p=0,2 МПа) до значення x_1=0,573 (p=0,82 МПа), зростає. У разі подальшого нарощування тиску пресування міцність зменшується.

При перевірці коефіцієнтів рівняння регресії, які стоять при взаємодіях x_1x_2, x_1x_3, x_1x_4 на значимість, вийшло, що їх вплив на вихідний параметр, порівняно з впливом самих факторів, є незначним. Щоб це підтвердити, побудуємо графічні залежності рівнянь параболи, отримані шляхом підставлення в рівняння регресії другого порядку значень x_2=x_3=0 і змінюючи значення фактора x_4 від -1 до 1 з кроком 1 (таким чином ми перевіримо вплив взаємодії x_1x_4 на вихідну величину):

$$\begin{cases} y = 10{,}822 + 0{,}339 \cdot x_1 - 0{,}317 \cdot x_1^2; \text{ коли } x_2 = x_3 = 0;\ x_4 = -1; \\ y = 10{,}622 + 0{,}351 \cdot x_1 - 0{,}317 \cdot x_1^2; \text{ коли } x_2 = x_3 = 0;\ x_4 = 0; \\ y = 11{,}174 + 0{,}363 \cdot x_1 - 0{,}317 \cdot x_1^2; \text{ коли } x_2 = x_3 = 0;\ x_4 = 1. \end{cases}$$

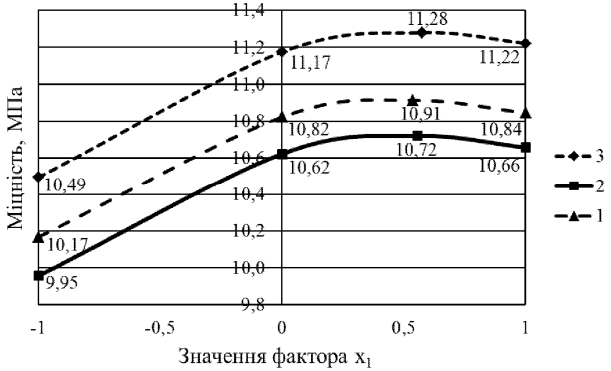

Рис. 1. Залежність міцності склеєної деревини дуба на сколювання вздовж волокон від зміни фактора x_1 (тиск пресування) за різних значень фактора x_4 (тривалість пресування): *1 – тривалість пресування становить 20 хв (x_4=-1); 2 – тривалість пресування становить 40 хв (x_4=0); 3 – тривалість пресування становить 60 хв (x_4=1)*

Як видно з рис. 1, вплив взаємодії факторів x_1 і x_4 (тиск пресування і тривалість пресування відповідно) є незначним, порівняно з впливом самих факторів, оскільки графіки є практично паралельними. Аналогічним чином за допомогою графічних побудов проходить перевірка значимості впливу всіх інших взаємодій фактора x_1.

Для встановлення закономірностей впливу витрати клею (фактора x_2) на міцність з'єднань деревини дуба при сколюванні вздовж волокон у регресійну модель підставимо такі значення решти змінних факторів: x_1=x_3=0 (тиск пресування і тривалість відкритої витримки фіксуються на основному рівні), x_4=1 (тривалість пресування фіксується на максимальному значенні). Отримане рівняння параболи буде мати такий вигляд:

$$y = 11{,}174 + 0{,}349 \cdot x_2 - 1{,}102 \cdot x_2^2 .$$

Оскільки виконуються нерівності |0,349|<2·|-1,102| і -1,102<0, функція описує випуклу параболу і в межах інтервалу варіювання фактора $x_2 \in$**[**-1;1**]** набуває максиму в точці: $x_в = -\dfrac{0{,}349}{2 \cdot (-1{,}102)} = 0{,}158$. Значення параболи, яке відповідає максиму функції, становить: $y_в = 11{,}174 - \dfrac{0{,}349^2}{4 \cdot (-1{,}102)} = 11{,}2 МПа$. Отже, значення міцності при сколюванні вздовж волокон клеєної деревини дуба зі зростанням витрати клею (за інших рівних умов) від мінімального значення x_2=-1 (q=120 г/м^2) до значення x_2=0,158 (q=166,32 г/м^2), зростає. У разі подальшого збільшення витрати клею міцність зменшується.

З усіх взаємодій фактора x_2 тільки одна пройшла перевірку на значимість при порівнянні значень коефіцієнтів рівняння регресії – це була взаємодія x_2x_3 (витрата клею і тривалість відкритої витримки). Щоб вивчити вплив цієї взаємодії, побудуємо графічні залежності на основі рівнянь параболи, отриманих при підставлені в регресійну модель значень x_1=0, x_4=1 і змінюючи значення фактора x_3 від -1 до 1 з кроком 1:

$$\begin{cases} y = 10{,}669 - 0{,}381 \cdot x_2 - 1{,}102 \cdot x_2^2; \text{ коли } x_1 = 0;\ x_3 = -1;\ x_4 = 1; \\ y = 11{,}174 + 0{,}349 \cdot x_2 - 1{,}102 \cdot x_2^2; \text{ коли } x_1 = x_3 = 0;\ x_4 = 1; \\ y = 11{,}045 + 1{,}079 \cdot x_2 - 1{,}102 \cdot x_2^2; \text{ коли } x_1 = 0;\ x_3 = 1;\ x_4 = 1. \end{cases}$$

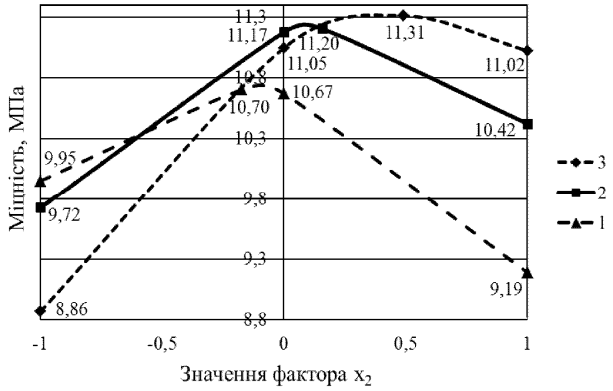

Рис. 2. Залежність міцності склеєної деревини дуба на сколювання вздовж волокон від зміни фактора x_2 (витрата клею) за різних значень фактора x_3 (тривалість відкритої витримки перед пресуванням): *1 – витримка перед склеюванням не проводиться (x_3=-1); 2 – тривалість відкритої витримки становить 7,5 хв (x_3=0); 3 – тривалість відкритої витримки становить 15 хв (x_3=1)*

Як видно з рис. 2, вплив взаємодії факторів x_2 і x_3 (витрата клею і тривалість відкритої витримки відповідно) на зміну величини міцності є істотним, оскільки при зміні значень параметра x_3 міняються кути нахилу графіків і вони навіть перетинаються в декількох точках. Окрім цього, зростання коефіцієнта при факторі x_2 в рівнянні параболи при переході від x_3=0 до x_3=1 свідчить про збільшення впливу витрати клею на міцність склеювання при зростанні тривалості витримки від 7,5 хв до 15 хв. Це також підтверджується графічною інтерпретацією отриманих залежностей (рис. 2), оскільки графік функції $y=f(x_2)$ при x_3=0 (T_1=7,5 хв) є більш пологим ніж при x_3=1 (T_1=15 хв), то це свідчить про збільшення впливу на вихідну величину фактора x_2 (витрати клею) зі зростанням тривалості відкритої витримки в заданому проміжку.

Для вивчення впливу відкритої витримки перед склеюванням (фактор x_3) на міцність з'єднань деревини дуба при сколюванні вздовж волокон у регресійну модель підставимо такі значення решти змінних факторів: $x_1=x_2=0$ (тиск пресування і витрата клею фіксуються на основному рівні), x_4=1 (тривалість пресування фіксується на максимальному значенні). Отримане рівняння параболи буде мати такий вигляд:

$$y = 11{,}174 + 0{,}131 \cdot x_3 - 0{,}317 \cdot x_3^2 .$$

Оскільки виконуються нерівності |0,131|<2·|-0,317| і -0,317<0, функція описує випуклу параболу і в межах інтервалу варіювання фактора $x_3 \in$[-1;1] набуває максиму в точці: $x_в = -\dfrac{0{,}131}{2 \cdot (-0{,}317)} = 0{,}207$. Значення параболи, яке відповідає максиму функції, становить: $y_в = 11{,}174 - \dfrac{0{,}131^2}{4 \cdot (-0{,}317)} = 11{,}19 МПа$. Отже, значення міцності при сколюванні вздовж волокон клеєної деревини дуба зі зростанням тривалості відкритої витримки (за інших рівних умов) від мінімального значення x_3=-1 (T_1=0 хв) до значення x_3=0,207 (T_1=9,05 хв), зростає. За подальшого збільшення тривалості відкритої витримки міцність зменшується.

Для вивчення впливу взаємодії фактора x_3 (тривалість відкритої витримки) з фактором x_2 (витрата клею) на закономірності зміни міцності з'єднань деревини при сколюванні вздовж волокон від тривалості відкритої витримки перед склеюванням, побудуємо графічні залежності на основі рівнянь параболи, отриманих при підставленні в регресійну модель значень x_1=0, x_4=1 і змінюючи значення фактора x_2 від -1 до 1 з кроком 1:

$$\begin{cases} y = 9{,}759 - 0{,}599 \cdot x_3 - 0{,}317 \cdot x_3^2; \text{ коли } x_1 = 0;\ x_2 = -1;\ x_4 = 1; \\ y = 11{,}174 + 0{,}131 \cdot x_3 - 0{,}317 \cdot x_3^2; \text{ коли } x_1 = x_2 = 0;\ x_4 = 1; \\ y = 10{,}385 + 0{,}861 \cdot x_3 - 0{,}317 \cdot x_3^2; \text{ коли } x_1=0;\ x_2=1;\ x_4=1. \end{cases}$$

Як видно з рис. 3, вплив взаємодії факторів x_3 і x_2 (тривалість відкритої витримки і витрата клею відповідно) на зміну величини міцності є істотним, оскільки при зміні значень параметра x_2 міняються кути нахилу графіків, а

два з них перетинаються. Окрім цього, зміна коефіцієнтів при x_3 в рівняннях параболи, отриманих при зміні значень фактора x_2 в межах інтервалу варіювання, а також кути нахилу графіків свідчать про зменшення впливу тривалості відкритої витримки (за інших рівних умов) на міцність склеювання в разі збільшення витрати клею від 120 г/м^2 (x_2=-1) до 160 г/м^2 (x_2=0) і подальше збільшення цього впливу – в разі зміни витрати клею від 160 г/м^2 до 200 г/м^2 (x_2=1).

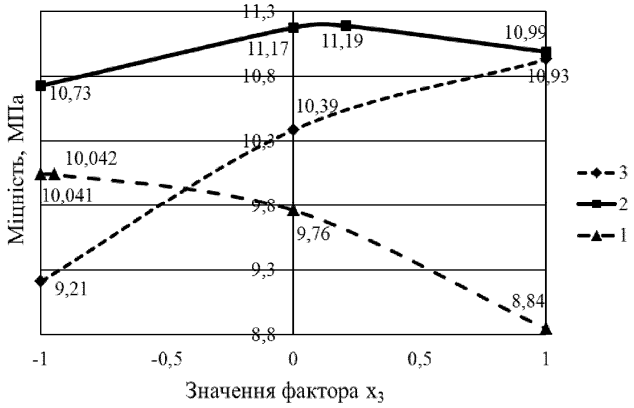

Рис. 3. Залежність міцності склеєної деревини дуба на сколювання вздовж волокон від зміни фактора x_3 (тривалість відкритої витримки перед склеюванням) за різних значень фактора x_2 (витрата клею): *1 – витрата клею становить 120 г/м^2 (x_2=-1); 2 – витрата клею становить 160 г/м^2 (x_2=0); 3 – витрата клею становить 200 г/м^2 (x_2=1)*

Для вивчення впливу тривалості пресування (фактор x_4) на міцність з'єднань деревини дуба при сколюванні вздовж волокон у регресійну модель підставимо такі значення решти змінних факторів: $x_1=x_2=x_3=0$ (тиск пресування, витрата клею і тривалість відкритої витримки фіксуються на основному рівні). Отримане рівняння параболи буде мати вигляд:

$$y = 10{,}622 + 0{,}176 \cdot x_4 + 0{,}376 \cdot x_4^2 .$$

Оскільки виконуються нерівності |0,176|<2·|0,376| і 0,376>0, функція описує опуклу параболу і в межах інтервалу варіювання фактора $x_1 \in$[-1;1] набуває мінімум в точці: $x_в = -\dfrac{0{,}176}{2 \cdot 0{,}376} = -0{,}234$. Значення параболи, яке відповідає мінімуму функції, становить: $y_в = 10{,}622 - \dfrac{0{,}176^2}{4 \cdot 0{,}376} = 10{,}6 МПа$. Отже, значення міцності на сколювання вздовж волокон клеєної деревини дуба зі зростанням тривалості пресування (за інших рівних умов) від мінімального значення x_4=-1 (T_2=20хв) до значення x_4=-0,234 (T_2=35,32хв), зменшується. Подальше збільшення тривалості відкритої витримки до максимального значення x_4=1 (T_2=60хв) веде до зростання міцності сформованих з'єднань.

При перевірці коефіцієнтів рівняння регресії, що стоять при взаємодіях x_1x_4, x_2x_4, x_3x_4, було отримано результати, які показують, що вплив взаємо-

дій на вихідний параметр, порівняно з впливом самих факторів, є незначним. Щоб це підтвердити, побудуємо графічні залежності рівнянь параболи, отримані шляхом підставлення в рівняння регресії значень x_1=x_2=0 і змінюючи значення фактора x_3 від -1 до 1 з кроком 1 (таким чином ми перевіримо вплив взаємодії x_3x_4 на вихідну величину):

$$\begin{cases} y = 10{,}117 + 0{,}233 \cdot x_4 + 0{,}376 \cdot x_4^2; \text{ коли } x_1 = x_2 = 0;\ x_3 = -1; \\ y = 10{,}622 + 0{,}176 \cdot x_4 + 0{,}376 \cdot x_4^2; \text{ коли } x_1 = x_2 = x_3 = 0; \\ y = 10{,}493 + 0{,}119 \cdot x_4 + 0{,}376 \cdot x_4^2; \text{ коли } x_1 = x_2 = 0;\ x_3 = 1. \end{cases}$$

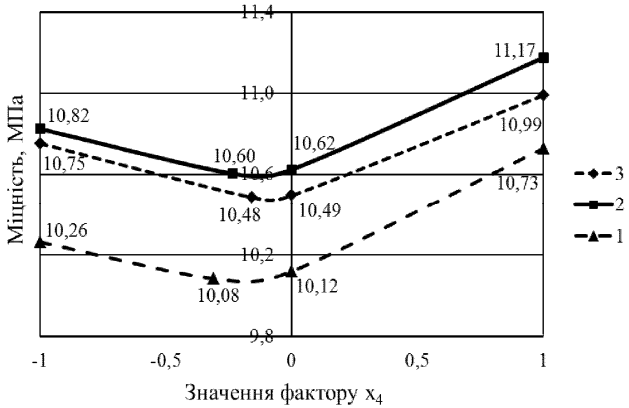

Рис. 4. Залежність міцності склеєної деревини дуба на сколювання вздовж волокон від зміни фактора x_4 (тривалість пресування) за різних значень фактора x_3 (тривалість відкритої витримки перед склеюванням): *1 – витримка перед склеюванням не проводиться (x_3=-1); 2 – тривалість відкритої витримки становить 7,5хв (x_3=0); 3 – тривалість відкритої витримки становить 15хв (x_3=1)*

Як видно з рис. 4, вплив взаємодії факторів x_4 і x_3 (тривалість пресування і відкритої витримки перед склеюванням відповідно) є незначним, порівняно з впливом самих факторів, оскільки графіки є практично паралельними. Аналогічним чином за допомогою побудови графічних залежностей проходить перевірка значимості впливу всіх інших взаємодій фактора x_4.

З проведеного аналізу регресійних моделей, побудованих за результатами ПФП і Б-плану, видно, що модель 2-го порядку точніше описує залежність міцності на сколювання вздовж волокон з'єднань деревини дуба від режимних параметрів процесу склеювання. Цей факт підтверджують і результати досліджень, за якими будувались залежності. Під час проведення дослідів згідно з матрицею планування ПФП максимальна міцність, що спостерігається становить 10,76 МПа (за тиску пресування в 1 МПа, витрати клею 200 г/м^2, тривалості відкритої витримки і пресування 15 хв і 60 хв відповідно), а при реалізації В-плану – 11,35 МПа (за тиску пресування 0,6 МПа, витрати клею 160 г/м^2 і тривалості відкритої витримки і пресування 7,5 хв і 40 хв відповідно).

Для опису залежності міцності на сколювання вздовж волокон з'єднань деревини дуба від режимних параметрів процесу склеювання у натуральних показниках варто скористатися формулами зв'язку між натуральними і кодованими позначеннями:

$$x_1 = \frac{p - 0{,}6}{0{,}4};\ x_2 = \frac{q - 160}{40};\ x_3 = \frac{T_1 - 7{,}5}{7{,}5};\ x_4 = \frac{T_2 - 40}{20}.$$

Отримана регресійна модель 2-го порядку буде мати такий вигляд:

$$\tau = 3{,}6375 \cdot p + 0{,}2096 \cdot q - 0{,}2595 \cdot T_1 - 0{,}0717 \cdot T_2 - 1{,}981 \cdot p^2 - 0{,}00069 \cdot q^2 -$$
$$-0{,}0056 \cdot T_1^2 + 0{,}00094 \cdot T_2^2 - 0{,}0024 \cdot p \cdot q - 0{,}0083 \cdot p \cdot T_1 + 0{,}0015 \cdot p \cdot T_2 +$$
$$+0{,}00243 \cdot q \cdot T_1 + 0{,}000045 \cdot q \cdot T_2 - 0{,}00038 \cdot T_1 \cdot T_2 - 5{,}99$$

Після оптимізації отриманої залежності було встановлено, що максимальних значень міцності на сколювання вздовж волокон (τ) склеєна композицією ПВАД-ВС_1 деревина дуба досягає за таких режимних параметрів: тиск пресування p=0,81 МПа, витрата клею q=173,6 г/м^2, тривалість відкритої витримки перед пресуванням T_1=11,82 хв і тривалість пресування T_2=60 хв, а відповідне максимальне значення міцності (τ) становить 11,37 МПа. Оптимізація виконувалась за допомогою методів зведеного градієнта.

Всі отримані результати є актуальними тільки в межах області експерименту, тобто коли варіювання змінних факторів не виходить за допустимі межі, встановлені під час виконання досліджень.

Висновки. Підбір параметрів процесу склеювання є важливою складовою для подальшого успішного впровадження модифікованих композицій в існуючі технологічні процеси. На основі результатів експериментальних досліджень було побудовано і проаналізовано регресійні залежності першого і другого порядку. З них встановлено, що максимального значення 11,37 МПа функція відгуку набуває за таких значень режимних параметрів: тиск пресування p=0,81 МПа, витрата клею q=173,6 г/м^2, тривалість відкритої витримки перед пресуванням T_1=11,82 хв і тривалість пресування T_2=60 хв.

Застосування оптимальних режимів дає змогу збільшити міцність порівняно зі середньостатистичним значенням за результатами досліджень (9,61 МПа) на 18 %, а від найгіршого досліду згідно з матрицею планування (7,96 МПа) – на 43 %. Таким чином при склеюванні деревини дуба композицією ПВАД-ВС_1 рекомендовано використовувати режимні параметри процесу, наближені або рівні розрахованим оптимальним. Решту основних і допоміжних параметрів процесу склеювання потрібно вибирати відповідно до чинних нормативних документів (галузевих стандартів, технічних умов та ін.), які встановлюють їх необхідні значення.

Література

1. Данилова Л.К. Синтетические клеи / Л.К. Данилова, Н.Е. Ободынская, А.А. Костюковская. – К. : Вид-во "Будівельник", 1972. – 84 с.

2. Древесина клееная массивная. Методы определения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон: ГОСТ 15613.1-84. – [Действует от 1986-07-01]. – М. : Государственный стандарт союза ССР, 1984. – 8 с.

3. Хрульов В.М. Синтетические клеи и мастики / В.М. Хрульов. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1970. – 368 с.

4. Кейгл Ч. Клеевые соединения : пер. с англ. / Ч. Кейгл. – М. : Изд-во "Мир", 1971. – 296 с.

5. Офіційний сайт фірми H.B.FULLER, якій належить ТМ "RAKOLL". [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.hbfuller.com/.
6. Офіційний сайт Jowat Corporation. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.jowat.com/.
7. Офіційний сайт фірми KLEBCHEMIE M.G. Becker GmbH & CoKG. [Електронний ресурс]. – Доступний з http://www.kleiberit.com/.

Солонинка В.Р. **Исследование режимных параметров процесса склеивания древесины дуба модифицированными поливинилацетатными дисперсиями**

Приведены результаты исследований режимных параметров процесса склеивания древесины дуба композициями на основе поливинилацетатной дисперсии ПВАД-51П модифицированной кислотно-соляным комплексом. На основе полученных результатов разработаны рекомендации по их выбору для обеспечения максимальной прочности создаваемых соединений.

Ключевые слова: дисперсия, режимные параметры, давление прессования, продолжительность открытой выдержки, расход клея, предел прочности при скалывании вдоль волокон.

Solonynka V.R. **The research of regime parameters of the process gluing of oak wood formed by modified polyvinyl-acetate (PVA) composition**

The results of the research of regime parameters of the process gluing of oak wood formed by adhesives on the basis of polyvinyl-acetate (PVA) dispersion-51P modified acid-salt complex. On the basis of the received results for choice regime parameters of process gluing recommendations are developed for high strength joints formed.

Keywords: dispersion, regime parameters, pressure of pressing, duration of open endurance, the glue expense, strength of wood along the fibres.

УДК 745.51 Доц. П.Н. Рыбицкий, канд. техн. наук; ассист. В.С. Клишова – Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова

ЗАВИСИМОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ ОТ МЕТОДА ПОДГОТОВКИ ПОДЛОЖКИ

Рассмотрено влияние различных видов абразивных материалов, применяемых при струйно-абразивной обработке, на такие свойства лакокрасочного покрытия, как: время высыхания, твердость и степень блеска.

Любой материал представляет собой вещество с определенными химическими свойствами. В результате взаимодействия веществ могут изменяться и свойства лаковой пленки. Это может сказаться не только на технологии отделки, но и на качестве покрытия.

Ключевые слова: пескоструйная обработка, лакокрасочные материалы, время высыхания, твёрдость, степень блеска, абразивный материал.

Среди всего многообразия способов получения искусственно состаренной поверхности на изделиях из древесины одним из наиболее перспективных является способ струйно-абразивной обработки. Неоспоримым достоинством данного метода является его невысокая стоимость, технологичность и универсальность, поскольку он позволяет обрабатывать различные материалы на одном оборудовании, меняя только режимы обработки. Суть метода заключается в воздействии абразивного материала, подаваемого под

давлением, на поверхность древесины. Частицы абразива, ударяясь о поверхность, удаляют волокна древесины, позволяя получить рельеф на поверхности.

В качестве абразивов могут применяться различные материалы. При их выборе необходимо учитывать, что абразивы, с плотностью выше плотности обрабатываемого материала будут формировать фактуру поверхности, а с меньшей – шлифовать её [1]. Кроме того, значение имеет зернистость и форма абразивного зерна [2]. Струйно-абразивной обработке целесообразно подвергать материал, имеющий ярко выраженные слои ранней и поздней древесины, что позволит создать более выразительную поверхность. Например, хорошо поддаётся обработке и даёт интересные результаты древесина сосны.

Исследования показали, что для механической обработки древесины сосны, в качестве абразивов могут быть использованы следующие материалы: сода пищевая, соль "Экстра", песок речной. Однако при проведении данных исследований не было учтено, что некоторая часть абразивных частиц останется на поверхности древесины после обработки. Любой материал является химическим веществом, обладающим определенными химическими свойствами и способным вступать во взаимодействие с другими веществами. Особенно это важно, если в дальнейшем планируется отделка поверхности лакокрасочным материалом. Таким образом, возникает необходимость определить степень влияния вида абразивного материала на свойства лаковой пленки. Рассмотрим такие характеристики лака, как время высыхания на поверхности древесины, показатель твердости покрытия и степень блеска.

Время высыхания – промежуток времени, в течение которого достигается определенная степень высыхания при заданной толщине лакокрасочного слоя и при определенных условиях сушки. Под твердостью лакокрасочного покрытия понимают способность пленки противостоять вдавливанию или проникновению в нее твердого тела. Это важная эксплуатационная характеристика покрытия, определяющая стойкость и долговечность пленки на поверхности изделия. Под степенью блеска понимают способность поверхности, покрытой лакокрасочным материалом, отражать падающий на нее свет. Степень блеска лакокрасочного покрытия определяется двумя методами – рефлектометрическим и рефлектоскопическим.

Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 19007-73 "Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания", ГОСТ 16838-71 "Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения твердости лакокрасочных покрытий" и ГОСТ 16143-81 "Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Методы определения степени блеска прозрачных лаковых покрытий" на образцах, изготовленных из древесины сосны.

Образцы обрабатываются струйно-абразивным методом. Режимы обработки подбираются в соответствии с [2] таким образом, чтобы рельеф поверхности был минимален. В качестве абразивных материалов применяем песок речной, соль "Экстра", соду пищевую. Один образец не подвергается струйно-абразивной обработке и является контрольным. В качестве лакокра-