3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ЛІСОВИРОБНИЧОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 674.04 *Проф. Б.Я. Кишвецький, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів*

ВПЛИВ ВОЛОГОСТІ І ТЕМПЕРАТУРИ НА МІЦНІСТЬ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ ДЕРЕВИНИ ХВОЙНИХ ПОРІД

На прикладі деревини сосни, наведено результати досліджень впливу вологості і температури навколишнього середовища на міцність термопластичних клейових з'єднань хвойних порід деревини під час експлуатації. Для дослідження використано математичну модель прогнозування міцності термопластичних клейових з'єднань деревини. Здійснено аналіз отриманих результатів прогнозування міцності клейових з'єднань деревини сосни. Досліджено вплив будови і структури деревини сосни та хімічних компонент структурованих і неструктурованих ПВА композицій на міцність і водостійкість термопластичних клейових з'єднань. Встановлено закономірність зміни міцності термопластичних клейових з'єднань деревини сосни залежно від вологості і температури навколишнього середовища.

Ключові слова: клей, деревина, міцність, вологість, температура, клейові з'єднання, прогнозування, водостійкість, теплостійкість.

Для досліджень закономірностей зміни міцності термопластичних полівінілацетатних (ПВА) клейових з'єднань хвойних порід, а саме деревини сосни, від дії вологи і температури, використано математичну модель прогнозування міцності (1)

$$\sigma = k_{n\partial} \cdot (-A^{(i)} \cdot \Delta T^{(i)} + B^{(i)} \cdot \Delta W^{(i)} \exp(-C^{(i)} \cdot \tau^{(i)})), \quad (1)$$

де: $\Delta T^{(i)}$ – середньозважена температура навколишнього середовища, °С; $\Delta W^{(i)}$ – середньозважена вологість навколишнього середовища, %; параметри $A^{(i)}$, $B^{(i)}$, $C^{(i)}$ – залежні від зміни температури і вологості навколишнього середовища; $k_{n.\partial.}$ – коефіцієнт, що враховує породу деревини.

З урахуванням числових значень параметрів $A^{(i)}$, $B^{(i)}$, $C^{(i)}$ та коефіцієнта для деревини сосни $k_{n.\partial.}$ – математична модель (1) матиме такий вигляд:

- для структурованих клеїв з рідкосітчастою структурою клейового шва:

$$\sigma = 0,545 \cdot (-0,0024 \cdot \Delta T^{(i)} + 0,1154 \cdot \Delta W^{(i)} \exp(-0,00205 \cdot \tau^{(i)})); \quad (2)$$

- для неструктурованих клеїв з лінійною структурою клейового шва:

$$\sigma = 0,545 \cdot (-0,0006 \cdot \Delta T^{(i)} + 0,1372 \cdot \Delta W^{(i)} \exp(-0,0082 \cdot \tau^{(i)})). \quad (3)$$

Під час дослідження міцності термопластичних клейових з'єднань деревини сосни температурно-вологісний діапазон був однаковим для всіх видів досліджень і відповідав періоду тривалих експериментальних досліджень **[**3, 4**]**.

Розрахункові дані зміни міцності для клейових з'єднань деревини сосни наведено на рис. 1 і 2.

З рис. 1 і 2 видно, що із підвищенням температури на 1 °С міцність термопластичних клейових з'єднань деревини сосни зменшується на 0,012 МПа. Вологість впливає істотніше, оскільки із збільшенням вологості на 26,47 % міцність зростає на 0,5 МПа (приблизно на 30 % від початкової) Тобто із збільшенням вологості на 1 % міцність зростає на 0,02 МПа (приблизно на 1,1 % від початкової). Якщо порівнювати клейове з'єднання деревини сосни з клейовим з'єднанням твердолистяних порід, а саме з деревиною дуба **[**5**]**, то міцність зменшується на 1,65 % або на 0,047 МПа. Тобто клейові з'єднання деревини дуба із ступенем навантаження D4 більш чутливі до впливу температури і вологості, ніж аналогічні з'єднання деревини сосни.

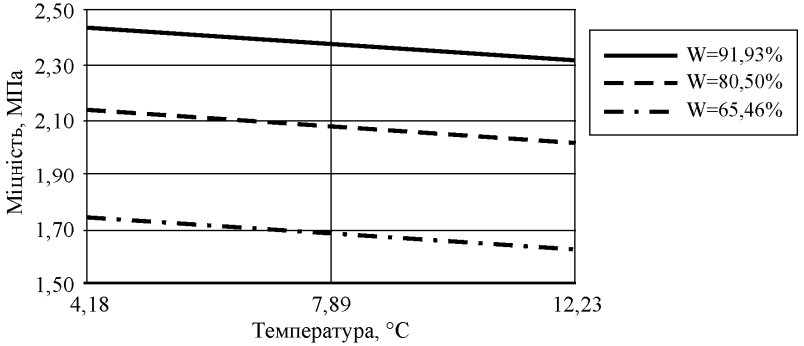

Рис. 1. Зміна міцності клейових з'єднань деревини сосни, склеєних структурованими клеями із ступенем навантаження D4, залежно від зміни температури за різної вологості

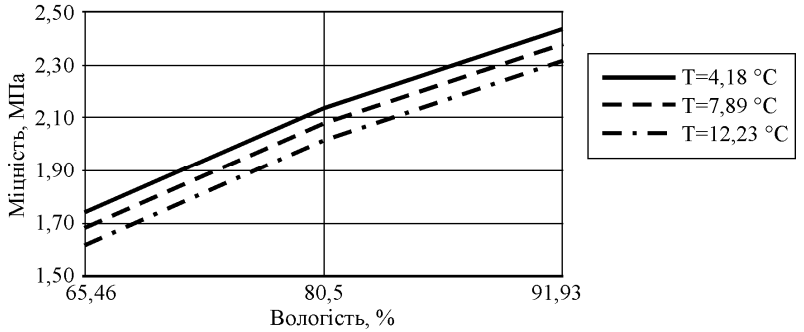

Рис. 2. Зміна міцності клейових з'єднань деревини сосни, склеєних структурованими клеями із ступенем навантаження D4, залежно від зміни вологості за різних температур

Таку поведінку зменшення міцності клейових з'єднань можна пояснити будовою деревини сосни та її реологічними властивостями. Деревина сосни відрізняється від деревини дуба кількістю, розмірами та будовою клітини, що буде впливати на товщину клейового шару. Довжина волокон хвойних порід деревини становить 2-3 мм, листяних 0,5-1,5 мм. Діаметр порожнин клітин ранньої деревини 0,03, а пізньої 0,01 мм. У разі зміни кута нахилу волокон від 0 ° до 90 ° глибина проникнення клею може змінюватися від 15 до 150 разів, що призводить до збільшення розходу клею. Глибина проникнення клею в деревину буде залежати і від тиску склеювання.

Середнє значення границі міцності на сколювання деревини сосни вздовж волокон з вологістю 12 % становить 6,3 МПа. Міцність деревини сосни внаслідок сколювання змінюється від 5,1 до 6,5 МПа із збільшенням щільності деревини від 360 до 630 кг/м^3 **[6]**. У разі склеювання деревини сосни полівінілацетатними клеями на кут змочування істотний вплив матиме щільність деревини. Із збільшенням щільності від 360 до 630 кг/м^3 кут змочування знижується від 61,0 до 56,5 °. Умовами склеювання деревини є добре змочування деревного матеріалу, відповідна товщина клейового шару, глибина проникнення клею в деревину тощо **[7]**.

Проникнення клею у глибину деревини збільшує площу його контакту з деревиною, що підвищує міцність склеювання. Глибина проникнення клею в деревину залежить від тиску склеювання, довжини і напряму волокон відносно площини склеювання. На рис. 3 і 4 наведено зміну міцності для термопластичних клейових з'єднань деревини сосни із ступенем навантаження D1.

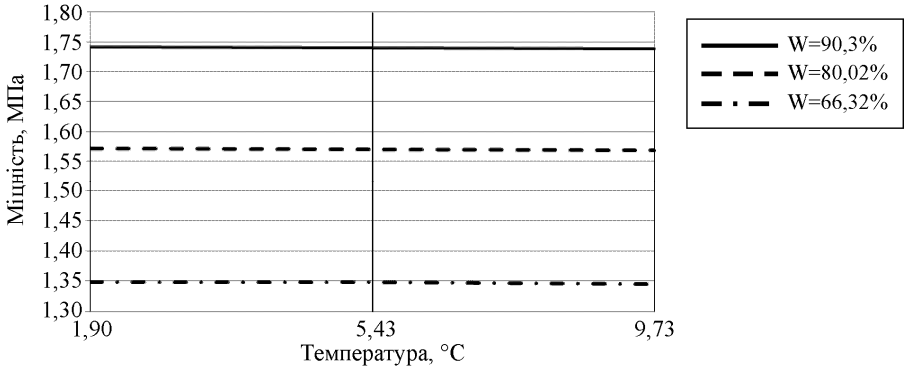

Рис. 3. Зміна міцності клейових з'єднань деревини сосни, склеєних неструктурованими клеями із ступенем навантаження D1, залежно від зміни температури за різної вологості

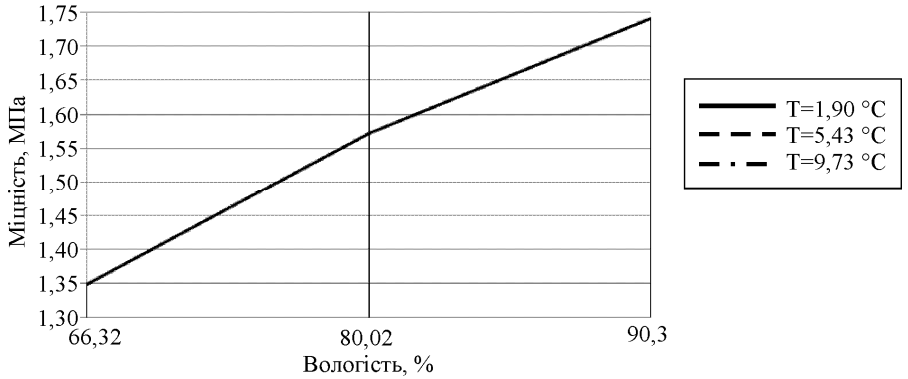

Рис. 4. Зміна міцності клейових з'єднань деревини сосни, склеєних неструктурованими клеями із ступенем навантаження D1 залежно від зміни вологості за різної температури

Як видно з рис. 3 і рис. 4 міцність практично не залежить від температури, але із зростанням вологості від 66,3 % до 90,3 % збільшується від 1,2 до 1,5 МПа (на 0,3 МПа від початкової). Якщо порівнювати ці зміни із змінами клейових з'єднань деревини сосни із ступенем навантаження D4, то можна зробити висновок, що клейові з'єднання з лінійною будовою менш чутливі до зміни температури і вологості, ніж клейові з'єднання з рідкосітчастою структурою клейового шва. Аналогічна залежність спостерігається і для клейових з'єднань деревини дуба **[3]**.

На рис. 5 наведено зміну міцності з'єднання деревини сосни залежно від середньозваженої температури та вологості навколишнього середовища.

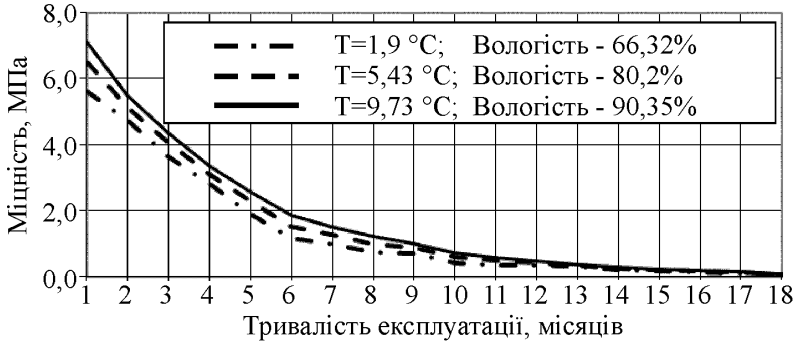

Рис. 5. Зміна міцності клейових з'єднань деревини сосни, склеєних неструктурованими клеями із ступенем навантаження D1, залежно від зміни вологості та температури

Характер зміни міцності з'єднання деревини сосни, склеєних клеями на основі ПВА, залежно від зовнішніх факторів, змінюється за експоненціальною залежністю, аналогічно як для клейових з'єднань деревини дуба, однак коливання міцності значно менше. Разом з тим, початкова міцність для цього типу клейових з'єднань удвічі нижча порівняно із з'єднаннями для деревини дуба і становить 6,65 МПа. Зменшення міцності пояснюється будовою деревини.

На рис. 6 наведено зміну міцності з'єднання деревини сосни залежно від співвідношення середньозваженої температури та вологості навколишнього середовища. Як видно з цього рисунку, маємо синусоїдальну зміну міцності, згідно з якою міцність постійно зменшується за мінімальної вологості 66,32 % для будь-якої середньозваженої температури. У разі зростання вологості міцність постійно збільшується. Починаючи з 6-го місяця експлуатації характер зміни міцності є дещо слабкішим, тобто зі збільшенням вологості міцність збільшується, але з меншою інтенсивністю.

Аналогічні результати отримаємо і для структурованих клейових з'єднань деревини сосни. Вплив вологи і температури на структуровані клейові з'єднання більш значимий, ніж на неструктуровані.

Підсумовуючи, можна зазначити, що міцність термопластичних клейових з'єднань деревини сосни змінюється так само як деревини листяних порід – за експоненціальною залежністю, але із значно меншими числовими значеннями міцності. Це пов'язано з будовою та структурою хвойних порід деревини та

зміною внутрішніх напружень, які виникають зі зміною вологості і температури, особливо на поверхні розподілу деревина-клей. З'єднання з лінійною структурою клейового шва більшою мірою компенсують напруження, порівняно із рідкосітчастою структурою. Тому вони є менш чутливі до зміни вологості і температури навколишнього середовища. З'єднання із рідкосітчастою структурою клейового шва значно довше витримують циклічну дію вологості та температури навколишнього середовища, а за підвищеної вологості та понижених температур збільшують свою міцність.

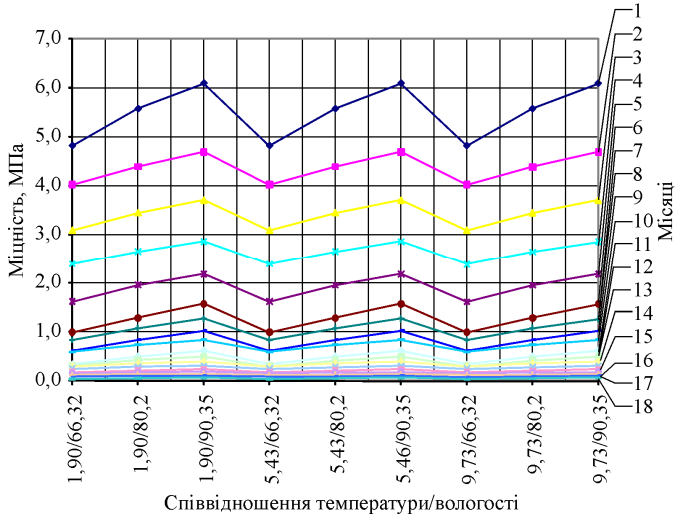

Рис. 6. Зміна міцності клейових з'єднань деревини сосни, склеєних неструктурованими клеями із ступенем навантаження D1, залежно від співвідношення температури та вологості

Література

1. Патент на винахід № 98515 Україна, МПК G01N 33/46, G01L 1/26. Спосіб прогнозування міцності та довговічності з'єднань деревини клеями на основі полівінілацетату / Б.Я. Кшивецький, П.А. Бехта (Україна); Заявл. 25.05.2010; Опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10.

2. Патент на корисну модель № 45134 Україна, МПК B23B 21/00 Спосіб прогнозування довговічності клейових з'єднань деревини сосни клеями на основі полівінілацетату / Б.Я. Кшивецький, П.А. Бехта (Україна); Заявл. 29.09.2009; Опубл. 10.03. 2010, Бюл. № 5.

3. Кшивецький Б.Я. Дослідження міцності та довговічності з'єднань шпилькових порід деревини залежно від вологості / Б.Я. Кшивецький // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2006. – Вип. 16.5. – С. 126-130.

4. Кшивецький Б.Я. Дослідження міцності з'єднань шпилькових порід деревини залежно від знакозмінних навантажень / Б.Я. Кшивецький // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2006. – Вип. – 16.7. – С. 98-102.

5. Кшивецький Б.Я. Вплив вологості і температури на міцність термопластичних клейових з'єднань листяних порід деревини / Б.Я. Кшивецький // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.1. – С. 148-155.

6. Боровиков А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев; под ред. Б.Н. Уголева. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1989. – 296 с.

7. Хрулев В.М. Долговечность древесностружечных плит / В.М. Хрулев, К.Я. Мартынов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1977. – 167 с.

Кшивецький Б.Я. **Влияние влажности и температуры на прочность термопластичных клеевых соединений хвойных пород древесины**

На примере древесины сосны, приведены результаты исследований влияния влажности и температуры окружающей среды на прочность термопластичных клеевых соединений хвойных пород древесины при эксплуатации. Для исследования использована математическая модель прогнозирования прочности термопластичных клеевых соединений древесины. Осуществлен анализ полученных результатов прогнозирования прочности клеевых соединений древесины сосны. Исследовано влияние строения и структуры древесины сосны и химических компонентов, структурированных и неструктурированных ПВА композиций на прочность и водостойкость термопластичных клеевых соединений. Установлена закономерность изменения прочности термопластичных клеевых соединений древесины сосны в зависимости от влажности и температуры окружающей среды.

Ключевые слова: клей, древесина, прочность, влажность, температура, клеевые соединения, прогнозирование, водостойкость, теплостойкость.

Kshyvetsky B.Ya. **Temperature and Humidity Influence on the Strength of Thermoplastic Adhesive Joints of Softwoods**

Using pine wood as an example, the results of studies of the effect of ambient humidity and temperature on the strength of thermoplastic adhesive joints of softwoods under operating conditions are given. In the studies, a mathematical model was used to predict the strength of thermoplastic adhesive wood joints. As a result of the studies conducted, it was found that the strength and water resistance of thermoplastic adhesive joints of pine wood are strongly dependent on the structure and chemical components of pine wood itself as well as whether cross-linked or uncross-linked PVA compositions are used. The investigation also gives an insight into the pattern of change in the strength of thermoplastic adhesive pine wood joints according to varying ambient humidity and temperature.

Keywords: adhesive, wood, strength, temperature, adhesive joints, prediction, water resistance, heat resistance.

УДК 004.896

Проф. Р.О. Ткаченко, д-р техн. наук; аспір. І.О. Вербенко; студ. М.Т. Бринецький – НУ "Львівська політехніка"

ПРОЦЕС УПРАВЛІННЯ КОЛИВАННЯМ ВАНТАЖУ КРАНА З КОРЕКТУВАННЯМ ВУЗЛІВ ФАЗИФІКАЦІЇ

Проаналізовано особливості автоматизованих систем для управління коливаннями вантажу під час його транспортування портальними кранами. На основі аналізу встановлено, що системи управління на базі нечіткої логіки мають найкращі показники транспортування вантажу. Такі системи описують вхідні та вихідні дані у вигляді простих фраз, таких, як їх використовує і розуміє людина-оператор. Проте наявні автоматизовані системи на основі нечіткої логіки мають такі недоліки: довгий час перевезення вантажу, через поступове зменшення кута відхилення, складне технічне обслуговування та висока вартість таких систем. З метою покращення та пришвидшення функціонування системи розроблено метод коректування вузлів фазифікації вхідних і вихідного параметрів на основі генетичного алгоритму.

Ключові слова: кранова установка, портальний кран, система нечіткого виведення, нейронечіткий контролер, корекція вузлів фазифікації, генетичний алгоритм.

Вступ та аналіз літературних джерел. Проблема позиціонування вантажу за допомогою підіймального крана є однією з багатьох, що часто розглядають в автоматизації, і яку потрібно вирішити, коли автоматизація операцій