

7. Беленький В.З. Модель оптимального инвестирования проекта новой технологии / В.З. Беленький, А.Д. Слаников // Экономика и математические методы : журнал. – М. : Изд-во ЦЭМИ РАН. – 1997. – Т. 33, вып. 3. – С. 125-129.

8. Багриновский К.А. Новое в методологии управления крупными научно-техническими программами в современной экономике : препринт / К.А. Багриновский, М.А. Бендииков, Е.Ю. Хрусталев. – М. : Изд-во ЦЭМИ РАН, 1998.

**Бондарчук М.К., Воляник Г.М. Построение модели инвестирования санационных инноваций в интегрированных структурах**

Для обеспечения эффективности интегрированных структур дальнейшего развития достал механизм инвестирования нововведений в интегрированных структурах. Предложены толкования терминов инновации интегрированных структур и санационные инновации. Разработан теоретический и методологический подход к оценке экономической эффективности интегрированных структур, реализующих санационные инновации, чтобы избежать возможные кризисы. Представленные теоретические аспекты, касающиеся определения основных задач и функций института инноваций актуализируют вопрос о выявлении и ликвидации причин, которые мешают санации интегрированных структур.

**Ключевые слова:** инвестирование, инновации, санация, санационные инновации, интегрированные структуры.

**Bondarchuk M.K., Voljanyk G.M. Construction of the Investments Model of Decontamination Innovations in Computer-Integrated Structures**

The further development of the mechanism of investing in integrated settings in order to ensure the effectiveness of the integrated structures is investigated. Interpretation of the terms of innovation integrated structures and decontamination innovations are suggested. Theoretical and methodological approach to the evaluation of economic efficiency of integrated structures that implement remediation innovation to avoid possible crises is developed. Theoretical aspects concerning the identification of the main tasks and functions of the Institute of innovation actualize the issue of identifying and eliminating the causes that prevent the improvement of integrated structures.

**Keywords:** investment, innovation, rehabilitation, rehabilitation innovation, integrated structures.

УДК 674.04 Доц. Б.Я. Кишинецький, д-р техн. наук – НЛТУ України, м. Львів

**РОЗРАХУНОК МАСШТАБНОГО КОЕФІЦІЄНТА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ КЛЕЙОВИХ З'ЄДНАНЬ ДЕРЕВИНИ**

Наведено розрахунок масштабного коефіцієнта для математичної моделі прогнозування міцності та довговічності термопластичних клейових з'єднань деревини за результатами пришвидшених експериментальних досліджень. Здійснено прогнозування та аналіз міцності і довговічності термопластичних клейових з'єднань деревини дуба за допомогою математичної моделі з отриманим масштабним коефіцієнтом. Розроблену методику розрахунку масштабних коефіцієнтів запропоновано використовувати не лише для полівінілацетатних з'єднань деревини дуба, але і для термопластичних клейових з'єднань деревини, у яких механізм формування клейового шва є подібним до полівінілацетатного з'єднання.

Довговічність клейових з'єднань деревини досліджують за тривалим (природним) та пришвидшеним (лабораторним) методами. За тривалим методом, довговічність характеризується стійкістю клейових з'єднань деревини до дії атмосферних факторів у природних умовах. Визначають таку довговічність

зміною міцності за певний проміжок часу у МПа або у відсотках. Дослідження довговічності клейових з'єднань деревини за тривалим методом у природних умовах вважається найбільш достовірними, оскільки його результати відображають реальні процеси, які відбуваються у клейовому з'єднанні. За результатами тривалих експериментальних досліджень можна прогнозувати довговічність клейових з'єднань, здійснювати аналіз та порівнювати результати досліджень, отримані за різними методиками, будувати графічні залежності тощо [1, 2].

Разом з тим, результати, отримані за тривалим методом досліджень, є достовірними для певної кліматичної зони або району, тривалі у часі, потребують математичної обробки та не дають змоги за короткий проміжок часу дослідити вплив окремих факторів (температури, вологості тощо). Тому, паралельно з тривалим методом досліджень довговічності клейових з'єднань, або незалежно від нього, проводять дослідження у лабораторних умовах. Для цього використовують пришвидшений метод (метод циклічної температуро-вологісної обробки), суть якого полягає у швидкісній та інтенсивній температурній і вологісній обробці, що зводиться до створення умов із різкими перепадами температури і вологи. Тобто, за допомогою пришвидшених досліджень створюються гіперболізуючі жорсткі режими випробувань клейових з'єднань, які необхідні для отримання результатів у короткий термін та відповідають певному періоду тривалої експлуатації виробів [3, 4].

Автор запропонував та запатентував новий спосіб прогнозувати міцність та довговічність термопластичних клейових з'єднань деревини за допомогою математичних моделей [5], а саме:

- математична модель для прогнозування міцності:

$$\sigma = -A^{(i)}\Delta T^{(i)} + B^{(i)}\Delta W^{(i)} \exp(-\alpha^{(i)}\tau^{(i)}); \quad (1)$$

- математична модель для прогнозування довговічності:

$$\tau^{(i)} = \frac{1}{C^{(i)}} \cdot \ln \left( \frac{B^{(i)} \cdot \Delta W^{(i)}}{\sigma_{гран.} + A^{(i)} \cdot \Delta T^{(i)}} \right), \quad (2)$$

де:  $\Delta T^{(i)}$  – середньозважена температура навколишнього середовища, °С;  $\Delta W^{(i)}$  – середньозважена вологість навколишнього середовища, %;  $\sigma_{гран.}$  – гранична міцність з'єднання; параметри  $A^{(i)}$ ,  $B^{(i)}$ ,  $C^{(i)}$  – залежні від зміни температури і вологості навколишнього.

Отримані математичні моделі дають змогу прогнозувати міцність і довговічність для структурованих і неструктурованих термопластичних полівінілацетатних клейових з'єднань різних порід деревини за короткий проміжок часу та без руйнування клейових з'єднань деревини [6-8].

Окрім цього, за допомогою отриманих математичних моделей можна прогнозувати міцності та довговічності не тільки для полівінілацетатних клейових з'єднань, але і для тих термопластичних клейових з'єднань деревини, що формують клейовий шов за принципом полівінілацетатних клеїв. Але для цього необхідно мати результати пришвидшених експериментальних досліджень для даних клейових з'єднань.

Прогнозувати міцність та довговічність за результатами пришвидшених експериментальних досліджень можна на основі відповідного кореляційного коефіцієнта, який враховував би властивості клеїв та напружено-деформаційний стан клейових з'єднань. Отримати такий коефіцієнт можна за результатами математичного та імітаційного моделювання напружено-деформаційного стану термопластичних клейових з'єднань деревини, а перевірити його достовірність можна за результатами пришвидшених експериментальних досліджень.

Найчастіше для склеювання використовують деревину породи дуба, бука, сосни та берези. Саме тому, для цих порід деревини і було розраховано коефіцієнт, який враховує кореляційний зв'язок між результатами тривалих і пришвидшених експериментальних досліджень, лінійну і рідкісчасту структуру клейового шва. Такий коефіцієнт, отримав назву масштабного і позначається  $k_m$ . Маючи такий коефіцієнт, можна прогнозувати міцність та довговічність для клейових з'єднань деревини, що склеєні термопластичними клеями, основа яких відмінна від полівінілацетатних клеїв. Але для розрахунку масштабного коефіцієнта потрібно мати результати пришвидшених експериментальних досліджень, які можна здійснити у виробничих умовах з використанням відповідного лабораторного устаткування.

Розрахунок масштабного коефіцієнта здійснювали за результатами моделювання зміни напружено-деформаційного стану за циклічної дії вологості та температури. Для цього спочатку було розраховано коефіцієнт ( $a$ ), який враховує циклічну дію вологості та температури. А потім на його основі було розраховано коефіцієнт  $k_m$ .

Коефіцієнти ( $a$ ), що враховують температуру та вологість, визначали методом аналогій за формулою

$$\ln a(t, w) = a_1t + a_2t^2 + a_3w + a_4w^2 + a_5tw, \quad (3)$$

де:  $a$  – коефіцієнти, що враховують температуру і вологість;  $t$  – температура;  $w$  – вологість. Розрахункові значення коефіцієнтів, що враховують температуру та вологість для деяких порід деревини, наведено у табл. 1.

Табл. 1. Коефіцієнти, що враховують температуру та вологість для деяких порід деревини, за якими визначають масштабний коефіцієнт

Коефіцієнт	Дуб	Сосна	Бук	Береза
$a_1$	0,9976	0,7123	0,8124	0,7767
$a_2$	0,0368	0,0263	0,0299	0,0287
$a_3$	5,4813	3,9152	4,4433	4,2676
$a_4$	-0,3828	-0,2734	-0,3117	-0,2734
$a_5$	0,0546	0,0329	0,0375	0,0351

На основі коефіцієнта ( $a$ ) розраховували коефіцієнт  $k_m$ , та додали його до математичних моделей (1, 2) прогнозування міцності та довговічності термопластичних клейових з'єднань деревини. Коефіцієнт, що враховує вологість та температуру, розраховували для кожної породи деревини, оскільки за допомогою єдиного коефіцієнта врахувати фізико-механічні властивості деревини неможливо.

Математична модель прогнозування міцності (1), що враховує коефіцієнт на породу деревини, який наведено в публікації [9], та з врахуванням масштабного коефіцієнта  $k_m$ , наведеного вище, буде мати такий вигляд:

$$\sigma = k_{н.д.} \cdot k_m \cdot (-A \cdot \Delta T^{(i)} + T \cdot \Delta W^{(i)} \exp(-C \cdot \tau^{(i)})), \quad (4)$$

де:  $k_{н.д.}$  – коефіцієнт на породу деревини;  $k_m$  – масштабний коефіцієнт, який залежить від породи деревини.

Для прогнозування міцності термопластичних клейових з'єднань деревини дуба математична модель з урахуванням масштабного коефіцієнта матиме вигляд:

- для структурованих клеїв з рідкісчастотою структурою клейового шва:

$$\sigma = 0,92 \cdot 1 \cdot (-0,0024 \cdot \Delta T^{(i)} + 0,1154 \cdot \Delta W^{(i)} \exp(-0,00205 \cdot \tau^{(i)})); \quad (5)$$

- для неструктурованих клеїв з лінійною структурою клейового шва:

$$\sigma = 0,91 \cdot 1 \cdot (-0,0006 \cdot \Delta T^{(i)} + 0,1372 \cdot \Delta W^{(i)} \exp(-0,0082 \cdot \tau^{(i)})). \quad (6)$$

Математична модель (2) прогнозування довговічності для клейових з'єднань деревини дуба з урахуванням коефіцієнта на породу деревини та масштабного коефіцієнта буде мати такий вигляд:

- для структурованих клеїв, із рідкісчастотою структурою клейового шва:

$$\tau^{(i)} = 0,92 \cdot \left( \frac{1}{0,00205} \cdot \ln \left( \frac{0,1151 \cdot \Delta W^{(i)}}{\sigma_{гран.} + 0,024 \cdot \Delta T^{(i)}} \right) \right); \quad (7)$$

- для неструктурованих клеїв, із лінійною структурою клейового шва:

$$\tau^{(i)} = 0,91 \cdot \left( \frac{1}{0,0082} \cdot \ln \left( \frac{0,1372 \cdot \Delta W^{(i)}}{\sigma_{гран.} + 0,0006 \cdot \Delta T^{(i)}} \right) \right). \quad (8)$$

Із врахуванням масштабного коефіцієнта здійснено прогнозування міцності та довговічності для термопластичних клейових з'єднань деревини дуба за результатами пришвидшених експериментальних досліджень. Графічну інтерпретацію результатів наведено на рис. 1 та 2.



Рис. 1. Прогнозування міцності для структурованих термопластичних клейових з'єднань дуба з використанням масштабного коефіцієнта

Як видно з рис. 1 та 2, результати прогнозування міцності для термопластичних клейових з'єднань деревини дуба, отримані за математичною моделлю

лю зі змінними коефіцієнтами експлуатації та математичною моделлю з єдиним коефіцієнтом експлуатації, є достовірними, оскільки різниця між отриманими результатами прогнозування міцності не перевищує 10 %.

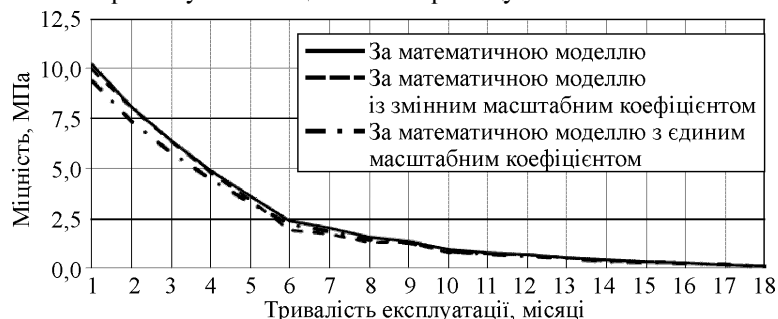


Рис. 2. Прогнозування міцності для неструктурованих термопластичних клейових з'єднань дуба з використанням масштабного коефіцієнта

На рис. 3 наведено результати прогнозування міцності для структурованих термопластичних клейових з'єднань деревини дуба за один рік експлуатації.

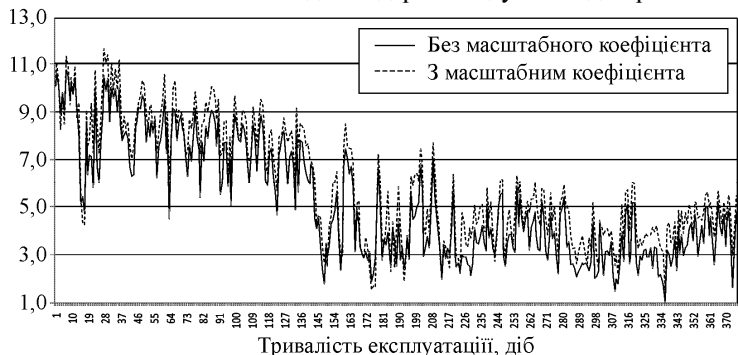


Рис. 3. Прогнозування міцності для структурованих термопластичних клейових з'єднань дуба для одного року експлуатації з використанням масштабного коефіцієнта

Отже, математична модель, яка враховує масштабний коефіцієнт, дає змогу прогнозувати міцність та довговічність для структурованих і неструктурованих термопластичних полівинілацетатних клейових з'єднань деревини дуба з високою точністю.

Підсумовуючи необхідно відзначити, що розраховано масштабні коефіцієнти для клейових з'єднань деревини дуба, сосни, бука та берези, що дає змогу прогнозувати міцність та довговічність термопластичних полівинілацетатних клейових з'єднань деревин за результатами пришвидшених експериментальних досліджень. Окрім цього, запропоновану методику рекомендовано використовувати для розрахунків масштабних коефіцієнтів тих термопластичних клейових з'єднань деревини, у яких механізм формування клейового шва є подібний до полівинілацетатного. Це дасть змогу, для склеювання деревини, використовувати широку гаму термопластичних клеїв.

## Література

1. Хрулев В.М. Долговечность клеевых соединений древесины / В.М. Хрулев. – М. : Гослесбумиздат, 1962. – 159 с.
2. Фрейдин А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений / А.С. Фрейдин. – Изд. 4-ое, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Химия", 1981. – 270 с.
3. Фрейдин А.С. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины / А.С. Фрейдин, К.Т. Вуба. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1980. – 223 с.
4. Хрулев В.М. Долговечность клееной древесины / В.М. Хрулев. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1971. – 160 с.
5. Патент на винахід № 98515 Україна, МПК G01N 33/46, G01L 1/26. Спосіб прогнозування міцності та довговічності з'єднань деревини клеями на основі полівинілацетату / Б.Я. Кшивецький, П.А. Бехта (Україна); Заявл. 25.05.2010; Опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10.
6. Kshyvetskyu V.Ya. Modeling of the influence of atmospheric moisture cyclic action on the durability of thermoplastic adhesive wood joint / В. Ya. Kshyvetskyu // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2011. – Вип. 37.2. – С. 75-80.
7. Кшивецький Б.Я. Прогнозування довговічності клейових з'єднань деревини клеями на основі полівинілацетату / Б.Я. Кшивецький, П.А. Бехта // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2009. – Вип. 35. – С. 84-89.
8. Кшивецький Б.Я. Прогнозування довговічності термопластичних клейових з'єднань деревини за допомогою математичної моделі / Б.Я. Кшивецький // Проблеми трибології : матер. Междунар. наук. журнал. – Хмельницький НУ. – 2012. – № 4. – С. 38-42.
9. Кшивецький Б.Я. Розрахунок коефіцієнтів, що враховують породу деревини при прогнозуванні міцності термопластичних клейових з'єднань / Б.Я. Кшивецький // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.16. – С. 172-176.

### Кшивецький Б.Я. Расчет масштабного коэффициента для прогнозирования прочности и долговечности термопластических клеевых соединений древесины

Приведен расчет масштабного коэффициента для математической модели прогнозирования прочности и долговечности термопластичных клеевых соединений древесины по результатам ускоренных экспериментальных исследований. Осуществлено прогнозирование и анализ прочности и долговечности термопластичных клеевых соединений древесины дуба с помощью математической модели с полученным масштабным коэффициентом. Разработанную методику расчета масштабных коэффициентов предложено использовать не только для поливинилацетатных соединений древесины дуба, но и для термопластичных клеевых соединений древесины, в которых механизм формирования клеевого шва является подобным поливинилацетатного соединению.

### Kshyvetsky V.Ya. The calculation of the scale factor for mathematical model of prediction the strength and durability of thermoplastic adhesive wood joints

The calculation of scale factor for mathematical model of prediction the strength and durability of thermoplastic adhesive wood joints according to the results of accelerated experiment studies is presented in the article. Prediction and analysis of the strength and durability of thermoplastic adhesive joints for oak wood are carried out by using a mathematical model with the got scale factor obtained. A procedure for calculation of scale factors has been developed. It was proposed to use it not only for polyvinylacetate-based oak-wood joints but also for thermoplastic adhesive wood joints taking into consideration that the mechanism for the formation of glue line is similar to that taking place in the case of polyvinylacetate-based wood joints.

**Keywords:** strength, durability, adhesive, wood joints, oak wood, mathematical model.