

## **МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ МОДИФІКОВАНОЇ СИЛОРОМ ДЕРЕВИНИ З СТИМУЛЯЦІЄЮ ПРОСОЧЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОМ ЗА РОБОТИ НА СТИСК ВЗДОЖ ВОЛОКОН**

### **THE METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF SILOR MODIFIED WOOD WITH ULTRASONIC STIMULATION OF IMPREGNATION DURING WORK ON COMPRESSION ALONG THE FIBER**

Гомон С.С., к.т.н., доц., ORCID 0000-0003-3401-0760 (Національний університет водного господарства та природокористування, Україна, м.Рівне)

Gomon S.S, candidate of technical sciences, associate professor (National university of water and environmental engineering , Rivne)

Розроблено методику експериментальних досліджень роботи сухої цільної, клеєної деревини різних порід та модифікованої деревини полімерною композицією "СИЛОР" із стимуляцією просочення ультразвуком. Показано конструкцію дослідних зразків призм з цільної, клеєної деревини конструктивних розмірів та особливості розміщення приладів на них.

The researches of foreign and domestic scientists engaged in the modification of wood of various breeds and varieties (improvement of physical and mechanical properties) during the last decades have been analyzed. The paper deals with the analysis of the influence of ultrasound on the process of mass transfer of composite liquids to the body of solid and glued wood to accelerate the modification. The method of experimental research of the work of dry solid and glued wood of various breeds and wood modified with polymer composition "Silor" under the action of longitudinal compression has been developed. The design of experimental samples of prisms from a single, glued wood of constructive dimensions and features of placing of devices on them is shown. The features of test specimens manufacturing, in particular drying and modification processes, are presented. The process of modification of solid and laminated wood by ultrasound stimulation is described. To achieve maximum results (maximum filling with a polymer composition of the wood structure), the frequency of ultrasound varies. Also, the conditions of the external environment in which wood (moisture, temperature) will be investigated are characterized. The tasks for research of load-carrying capacity and determination of physical and mechanical properties of modified wood with a polymer composite "SILOR" mass transfer stimulation by ultrasound and their economic efficiency are set.

**Ключові слова:** Деревина, деформації, навантаження, стиск, модифікована деревина.  
Wood, deformation, loadings, compression, modified wood.

**Вступ.** Якісної деревини хвойних порід, що використовується в капітальному будівництві, стає дедалі менше, і розумний шлях в цій ситуації — використання менш малоцінних м'яких порід деревини наряду з безвідходним використанням сировини, підвищення якості виробів за допомогою сучасних технологій модифікації. Отже, модифікованою називають таку деревину, яка має підвищені фізико-механічні властивості в порівнянні з необробленою деревиною за рахунок дії на неї різних факторів впливу (температури, тиску, хімічних речовин та ін.) [1, 2, 3]. Без сумніву клеєна та й суцільна деревина є перспективним будівельним матеріалом, який все ще ховає великий потенціал і тому його можна назвати матеріалом нинішнього та майбутнього із-за дегенеративності. Але модифікована деревина, особливо клеєна, має ще перспективніше майбутнє. Довговічність роботи такої деревини забезпечується відповідною технологічністю та екологічністю виготовлення, а також економічністю експлуатації.

Із поширенням застосування в будівництві дощатоклеєної деревини виникає необхідність підсилення існуючих конструкцій. На сьогодні існують різні методи підсилень, одні з них передбачають зміну конструктивної схеми, а інші — розвантаження конструкцій. Підсилення, ефективність якого нами вивчається, передбачає просочення, при стимулюванні ультразвуком, деревини полімерною композицією «Силор».

**Стан питання та задачі дослідження.** В умовах здорожчання енергозатратних будівельних матеріалів використання нових хімічних засобів модифікації деревини дає можливість дерев'яним конструкціям ще більш ширше конкурувати у практичному застосуванні з іншими матеріалами на будівництві. Однак фізико-механічні властивості, як суцільної та клеєної деревини, так і модифікованої деревини хвойних та малоцінних м'яких порід потребують детального всебічного дослідження.

Саме тому, метою досліджень стало вивчення впливу полімерної композиції «СИЛОР» на різні властивості клеєної деревини за роботи на стиск вздовж волокон. При обробці деревини композицією «СИЛОР» він перетворюється з мономера в полімер. Початком досліджень впливу полімерної композиції «СИЛОР» на несучу здатність та деформативність цільної та клеєної деревини вздовж та поперек волокон за дії статичного та малоциклових повторних навантажень закладено в роботах [4, 5, 6]. У зв'язку з тим, що полімерна композиція не повністю заповнює структуру деревини при просочуванні в природних умовах твердіння [6] і потребує великих затрат часу, тому для ще більшого просочування мономера в деревину та можливого збільшення несучої здатності матеріалу спробуємо використати ультразвук.

Існуючі на сьогоднішній день методики прогнозування міцності та довговічності анізотропного матеріалу [7] з клейовими швами базуються на побудованій математичній моделі довговічності матеріалу та клейових швів,

що враховує рівень тривалих навантажень, вологість та температуру навколишнього середовища експлуатації, але не враховують змінність навантажень. Отже, для забезпечення надійності роботи будівельних конструкцій необхідно вивчати поведінку таких конструкцій в умовах максимально наближених до реальних.

**Методика досліджень та конструкція зразків.** Для проведення випробувань було виготовлено зразки розмірами 45x45x250 мм з суцільної та клеєної деревини, які склеєні з дощок сосни товщиною  $25 \pm 0,1$  мм. Дощки склеювалися по пласту між собою з використанням резорцинового клею Casco Silva, класу вологостійкості D3 відповідно EN 204/205. Вирізання зразків для серій випробувань проводили з однієї довгої заготовки з цільної деревини чи балки з клеєної деревини. Прийняті розміри призми з суцільної та клеєної деревини дали можливість уникнути впливу тертя між плитою преса та торцями зразків на міцність матеріалу та врахувати вплив макроструктури будови деревини як матеріалу [8]. Дощатоклеєні дерев'яні балки, з яких були вирізані зразки і використані в експериментальному дослідженні виготовлялися в заводських умовах зі струганих дощок [9]. Висушування пиломатеріалів з деревини для виготовлення зразків проводилося на протязі одного року за нормальної вологості середовища в 60-70% та температури 18-21°C з доведенням до необхідної проектної вологості в 10...12% [9, 10] у термокамері на протязі трьох тижнів.

Допустимі відхилення від номінальних розмірів робочої частини при виготовленні зразків не перевищували  $\pm 0,5$  мм. Будь-яка величина, взята в межах допустимого відхилення, була витримана по всьому зразку з точністю до  $\pm 0,1$  мм. Розміри зразка, що не входять до розрахункових формул (наприклад, довжина зразка на стиск), були витримані з точністю до  $\pm 1$  мм. Робочі поверхні зразків були чисто оброблені.

Для наклеювання тензодатчиків [11] використаємо клей БФ-2. Місця розташування датчиків розмічаються. Для випробувань будуть використані тензорезистори базою 10 мм. Схема розташування тензодатчиків та геометричні розміри зразків зображена на рис.1. Випробування буде виконуватися з використанням тензометричної системи СІИТ-3М за допомогою гідравлічного пресу. На початку випробувань кожен із зразків з деревини буде відцентрований спочатку за геометричними осями, а згодом і за фізичними.

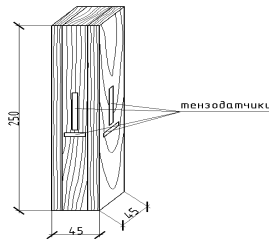


Рис.1. Геометричні розміри зразків та схема розташування тензодатчиків



Випробування зразків буде проводитися у дві серії. Випробування першої серії буде необхідне для встановлення руйнівного значення навантаження та деформативності зразків з суцільної та клеєної деревини. А в другій - з метою встановлення руйнівного навантаження, деформативності та модуля пружності зразків з деревини модифікованих силором з різним терміном просочення деревини полімером природним шляхом [4, 5, 6] та за допомогою ультразвуку [10, 12, 13].

Просочення дослідних зразків природним шляхом виконували за групами за допомогою повного занурення в посудину із полімерною композицією на: перша група ПС-15 на 15хв, друга - ПС-30 на 30хв, третя - ПС-60 - 60хв, четверта - ПС-120 - 120хв, п'ята - ПС-240 - 240хв, шоста - ПС-360 - 360хв та сьома - ПС-720 на 720хв. В кожній групі буде по три зразки-близнюки, які просочені з кожною заданою тривалістю. Проникнення полімерної композиції «СИЛОР» в товщу зразків проходитиме шляхом додаткового стимулювання за допомогою ультразвуку, в посудині в горизонтальному положенні при повному зануренні в полімерний розчин. Стимулювати просочення полімерної композиції «СИЛОР» в товщу зразків за допомогою ультразвуку передбачається проводити за рекомендаціями [14]. Доступ полімерної композиції до всіх сторін призм у всіх випадках забезпечувався відстанями між дном, стінками посудини та зразком, які будуть утворюватися за допомогою дроту діаметром 3мм. Змішування компонентів проводимо зі співвідношенням 1:4 (одна частина це полізоціанат + трихлоретилфосфат та 4 частини - етилацетату). Просочування всіх зразків проводитиметься при температурі повітря 19°C. Після відведеного часу просочування призми будуть вийматися і просушуватися при температурі 18-21°C протягом двох днів. Властивості полімерної композиції приведено в роботі [6], а детальне дозування та співвідношення компонентів приведено в патенті та технічних умовах [15,16].

Частота ультразвуку буде варіюватися для досягнення максимального результату, тобто максимального заповнення силором структури деревини. Ультразвук буде створюватися за допомогою приладу УК-14ПМ.

Всі зразки будуть досліджуватися з ступеневим прикладанням одноразового короткочасного навантаження з ступенем в 0,1  $F_{руйн}$ , та з витримкою на кожному ступені для зняття показів з тензодатчиків в повздовжньому та поперечних напрямках.

**Висновки.** 1. В результаті просочення дощатоклеєної деревини відбувається формування полімеру в порах деревини (трахеїдах, капілярах і променевих клітинах). Отриманий полімер може допомогти уникнути потенційного пошкодження вилуженими консервантами обробленої деревини з навколишнього середовища і не змінює колір деревини.

2. Раніше нами встановлено особливості впливу тривалості просочення полімерним композитом “СИЛОР” на міцність та деформативність

доштакклеєної деревини при центральному стиску вздовж волокон, які заключаються в наступному:

а) з ростом тривалості просочення композитом, міцність модифікованої клеєної деревини збільшується, і за просочення в 720 хвилин вона зростає на 19%;

б) з ростом тривалості просочення композитом, відносна деформативність модифікованої деревини постійно зменшується і за просочення на протязі 720 хвилин вона знизилася: вздовж волокон на 22%; поперек перпендикулярно до клеєного шва на 27,1%; поперек паралельно клеєному шву на 45%.

3. Розроблено методику експериментальних досліджень роботи сухої цільної, клеєної деревини різних порід та модифікованої деревини полімерною композицією "СИЛОР" з стимуляцією просочення ультразвуком.

1. Шамаев В.А. Химико-механическое модифицирование древесины / В.А. Шамаев // монография. - М., 2003. - 260 с.

2. Машкин Н.А. Эксплуатационная стойкость модифицированной древесины в строительных изделиях и ее технологическое обеспечение /Машкин Николай Алексеевич // Дис. д.т.н. - Новосибирск:НГАСУ, 2000. - 366 с.

3. Шамаев В.А. Проблемы изготовления модифицированной древесины / В.А. Шамаев // Известия высших учебных заведений "Лесной журнал", 2005. - С. 89-92.

4. Гомон С.С. Работа модифікованої силором деревини поперек волокон за дії малоциклових навантажень / С. С. Гомон, Т. А. Сасовський // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: НУВГП, 2010. – Випуск 20. – С. 170 -174.

5. Сасовський Т.А. Витривалість деревини малоцикловим повторним навантаженням при роботі на стиск поперек волокон / Т.А. Сасовський / Устойчивое развитие городов. - Харків: ХНАГХ - часть 1. - 2011 - С. 131-132.

6. Гомон С.С. Дослідження модифікованої силором клеєної деревини на стиск вздовж волокон/С.С. Гомон, С.С. Гомон, А.В. Зінчук/ Всеукраїнський науково-технічний журнал "Вісті Донецького гірничого інституту", ДВНЗ "Донецький НТУ", №1(40). Покровськ, 2017.- С. 134-138.

7. Ашкенази Е.К. Анизотропия конструкционных материалов / Е.К. Ашкенази, Э.В. Ганов. – Ленинград: Машиностроение, 1980. –247с.

8. Тутурин С.В. Механическая прочность древесины/Сергей Викторович Тутурин/ Дис. д. т. н. – М.: МГУ, 2005. – 318с.

9. ГОСТ 23551-79. Древесное сырье для изготовления модифицированной древесины. Технические условия. М.: Стройиздат.- 1979 – 15с.

10. ГОСТ 24329-80. Древесина модифицированная. Способы модифицирования. М.: Стройиздат.- 1980 – 16с.

11. ГОСТ 21615–76 Тензорезисторы. Методы определения характеристик. – М.: Стройиздат, 1976. – 10 с.

12. Сайдалимов С.А. О действии ультразвука на лигнин / С.А. Сайдалимов, Л.С. Смирнова, Х.А. Абдуазимов // Химия древесины, 1977. №2. С. 43–44.

13. Антонова, Г.Ф. Влияние ультразвука на лигнин древесины дуба / Г.Ф. Антонова, А.В. Баженов, Т.Н. Вараксина, Н.Т. Коновалов, Н.Н. Коновалова, В.В. Стасова // Химия растительного сырья, №3, 2006. - С. 5-16.

14. Патент на изобретение №2391202 РФ «Способ получения модифицированной древесины», МПК В27К, 10.06.2010.

15. Патент на винахід №40068 А України «Спосіб ізоляції і зміцнення та полімерна композиція для його здійснення “СИЛОП”», 16.07.2001 р., Бюл. №6.

16. ТУ У 24.1-19478158-001-2004. Композиція полімерна. Технічні умови.

1. Shamayev V.A. Khimiko-mekhanicheskoye modifitsirovaniye drevesiny / V.A. Shamayev // monografiya. - M., 2003. - 260 s.

2. Mashkin N.A. Ekspluatatsionnaya stoykost' modifitsirovannoy drevesiny v stroitel'nykh izdeliyakh i yeye tekhnologicheskoye obespecheniye /Mashkin Nikolay Alekseyevich // Dis. d.t.n. - Novosibirsk:NGASU, 2000. - 366 s.

3. Shamayev V.A. Problemy izgotovleniya modifitsirovannoy drevesiny / V.A. Shamayev // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy "Lesnoy zhurnal", 2005. - S. 89-92.

4. Gomon S.S. Robota modifikovanoy SILORA derevyny poperek volokon za Diyi malotsyklovykh NAVANTAZHENNYA / S. S. Gomon, T. A. Sasovs'kiy // Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, Budivli ta sporudy. - Rivne: NUVHP, 2010. - Vypusk 20. - S. 170 -174.

5. Sasovs'kiy T.A. Vytryvalist' derevyny malotsyklova povtorno navantazhennya pry rabote na stisk poperek volokon / T.A. Sasovs'kiy / Stalyy rozvytok mist. - Kharkiv: KHNAMH - chastyna 1. - 2011 - S. 131-132.

6. Gomon S.S. Doslidzhennya modifikovanoy SILORA kleyenoyi derevyny na stisk vzdovzh volokon / S.S. Gomon, S.S. Gomon, A.V. Zinchuk / Vseukrayins'kyi naukovotekhnichnyy zhurnal "Visti Donets'koho hirnychoho instytutu", DVNZ "Donets'kiy NTU", №1 (40). Pokrovs'ka, 2017.- S. 134-138.

7. Ashkenazi Ye.K. Anizotropiya konstruktsionnykh materialov / Ye.K. Ashkenazi, E.V. Ganov. – Leningrad: Mashinostroyeniye, 1980. –247s.

8. Tuturin S.V. Mekhanicheskaya prochnost' drevesiny/Sergey Viktorovich Tuturin/ Dis. d. t. n. – M.: MGU, 2005. – 318s.

9.GOST 23551-79. Drevesnoye syr'ye dlya izgotovleniya modifitsirovannoy drevesiny. Tekhnicheskiye usloviya. M.: Stroyizdat.- 1979 – 15s.

10. GOST 24329-80. Drevesina modifitsirovannaya. Sposoby modifitsirovaniya. M.: Stroyizdat.- 1980 – 16s.

11. GOST 21615–76 Tenzorezistory. Metodi opredileniya kharakteristik. – M.: Stroyizdat, 1976. – 10 s.

12. Saydalimov S.A. O deystvii ul'trazvuka na lignin / S.A. Saydalimov, L.S. Smirnova, KH.A. Abduazimov // Khimiya drevesiny, 1977. №2. S. 43–44.

13. Antonova G.F. Vliyaniye ul'trazvuka na lignin drevesiny duba / G.F. Antonova, A.V. Bazhenov, T.N. Varaksina, N.T. Konovalov, N.N. Konovalova, V.V. Stasova // Khimiya rastitel'nogo syr'ya, №3, 2006. - S. 5-16.

14. Patent na izobreteniyе №2391202 RF «Sposob polucheniya modifitsirovannoy drevesiny», МПК В27К, 10.06.2010.

15. Patent na vynakhid №40068 А Ukrayiny «Sposib izolyatsiyi i zmitsnennya ta polimerna kompozytsiya dlya yoho zdiysnennya “SYLOR”», 16.07.2001 р., Byul. №6.

16. ТУ U 24.1-19478158-001-2004. Композытсыя полімерна. Технічні умови.