**ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДОВИХ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ
ТЕРМОМОДИФІКОВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ДО ВПЛИВУ ВОДИ**^{1, 2}**Цапко Ю.В.**, д.т.н., професор,

juriyts@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0625-0783

²**Горбачова О.Ю.**, к.т.н.,

gorbachova.sasha@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7533-5628

²**Мазурчук С.М.**, к.т.н.,

mazurchuk.s.m@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6008-9591

¹**Бондаренко О.П.**, к.т.н., доцент,

bondolya3@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8164-6473

¹*Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського
Київський національний університет будівництва і архітектури*

пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037, Україна

²*Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 12в, м. Київ, 03041, Україна*

Анотація. Лакофарбові матеріали значною мірою використовуються для захисту поверхні деревини в зовнішніх умовах, оскільки їх легко підтримувати в належному стані і повторно наносити. Також під час розробки покриття виробники керуються необхідністю одержання ряду властивостей, що визначають у цілому його здатність захищати від дії вологи. Для одержання захисного покриття, що задовольняє пред'явленим вимогам, необхідно, щоб компоненти, які входять до складу покриття відносились безпосередньо до групи захисних матеріалів або утворювали такі з'єднання в умовах експлуатації, що здатні утримуватись на поверхні виробу. Встановлено, що термічне модифікування забезпечує зниження водопоглинання деревини. Додаткове оброблення масло-воском поверхні термічно модифікованої деревини за температури 220 °С сприяє зменшенню кількості поглинутої води у 3 рази. При цьому геометрична стабільність розмірів також покращується у 2 рази. Вплив термооброблення на водопоглинання деревини дещо менший – для зразків модифікованих при температурі 190 та 220 °С більше 10 год. Нанесення масло-воску на поверхню термічно модифікованої деревини закупорює пори, судини та капіляри, утворюючи при цьому захисну плівку стійку до впливу зовнішніх чинників (волога, мікроорганізми). Доведено, що вагомий вплив на такі зміни чинить саме температура. Оскільки захисне покриття також схильне до фотохімічної деградації для приємного зовнішнього вигляду дерев'яних поверхонь під час зовнішнього використання дуже важливо своєчасне його відновлення відповідно до інструкцій виробника. Визначено оптимальне співвідношення компонентів в поверхневому шарі термомодифікованої деревини, що забезпечує виконання поставленої задачі, а саме для суміші масла і воску при середній густині зразка деревини у 724 кг/м³: масла – 70,0 %; воску – 17,5 %. Отже, таке оброблення масло-воском термічно модифікованої деревини є доцільним для захисту від атмосферних чинників та створює естетичну привабливість виробів з деревини.

Ключові слова: термічномодифікована деревина, водопоглинання, набрякання, захисні речовини, вивітрювання, потемніння.

Вступ. Стабільність геометричних розмірів і стійкість до зовнішнього середовища термомодифікованої деревини сприяє її використанню в якості зовнішнього облицювання фасадів, у вигляді терасної дошки і садових доріжок тощо. Матеріал відмінно підходить для обшивки саун і лазень [1-3], за рахунок покращеної стійкості термообробленої деревини до атмосферних впливів (змочування, біоруйнування) у порівнянні з необробленою деревиною. Проте необхідна додаткова обробка поверхні покриттями. На ринку існує багато речовин для зовнішньої обробки деревини. Для горизонтальних поверхонь (палуба, терасне покриття, садові

доріжки) рекомендується проникаюча обробка, яку можуть забезпечити масла [4]. Також на ринку є багато масел, які зберігають «природний» вигляд і чинять опір атмосферним впливам.

Тому напрямом даного дослідження було визначення ефективності застосування таких масел у порівнянні з плівкоутворюючими речовинами для захисту поверхні термомодифікованої та немодифікованої деревини під час експлуатації при змінних температуро-вологісних полях. Ці результати дозволять надати надійний показник ефективності використання термообробленої деревини в умовах зовнішнього середовища та розробити заходи щодо подовження терміну експлуатації виробів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Деревина, оброблена при високій температурі, з часом набуває сірого кольору. Встановлено, що коричневий колір термічномодифікованої деревини не стійкий до впливу світла. Прозорі покриття та масла не захищають поверхні від знебарвлення під час вивітрювання, і вони лише рекомендовані для обробки виробів з термічномодифікованої деревини, які експлуатуються подалі від прямих сонячних променів та дощу [5]. Останнім часом все більше уваги приділяється впливу сонячного світла на поверхню термообробленої деревини. Розроблено новий підхід до стабілізації темного кольору термомодифікованої деревини, що поєднує екрани видимого світла з органічними поглиначами УФ-світла.

В роботі [6] визначено зміну кольору не покритих і прозорих покриттів термічномодифікованих бука, ясеня та граба та встановлено, що модифіковані зразки деревини повільно знебарвлюються порівняно з немодифікованими зразками. Відповідно, спектри FTIR зразків деревини ясеня, бука та граба, що піддаються дії УФ-світла, показали подібні хімічні зміни, як і немодифіковані зразки деревини, що зазнали впливу УФ-світла, але менш виражені.

Опорядження термообробленої деревини схоже до обробки висушеної деревини, однак слід враховувати зміну деяких її властивостей. Термічнооброблена деревина стає більш гідрофобною, поглинає вологу поступово, менш схильна до набрякання та всихання, але всеодно вимагає еластичних покриттів, має більш темний колір, який є схильний до вицвітання через вплив світла [7].

В роботі [8] відмічено, що внаслідок покращення стабільності розмірів розтріскування термомодифікованої деревини значно менше, порівняно з натуральною. Розтріскування деревини ялини та сосни після термомодифікування, що потрапляє в зовнішні умови без захисного покриття було еквівалентно розтріскуванню необробленої деревини з не пігментованими покриттями. Нанесення масла не запобігало появі тріщин на термомодифікованій деревині після експозиції у природних умовах [9].

В роботі [4] встановлено, що зразки трьох порід деревини (дуба, ясеня та бука) без захисного поверхневого покриття мали менше поверхневих тріщин, ніж термічнооброблені зразки також без покриття під час прискореного вивітрювання. Розтріскування зразків термічнообробленої деревини вдалося зменшити обробкою маслом.

Термічнооброблена деревина бука також показала кращу стійкість кольору, порівняно з необробленими зразками після трьох місяців природного вивітрювання взимку. Природне вивітрювання впливало на термомодифіковані зразки деревини бука менше, ніж немодифіковані з точки зору втрати блиску та шорсткості поверхні. Крім того, більш висока температура і тривалість термічної модифікації дають кращі властивості поверхні після природного вивітрювання [10].

В роботі [11] вивчали сумісність дев'яти різних покриттів із термічномодифікованою деревиною сосни шотландської. Покриття, нанесені на термічномодифіковану деревину демонстрували кращі показники, ніж покриття на немодифікованій деревині. Це можна пояснити зміненими характеристиками термічномодифікованої деревини, такими як нижчий рівноважний вміст води, нижча водопроникність, підвищена стабільність розмірів, краща стійкість до ультрафіолетового випромінювання та стійкість до грибків синіх плям у порівнянні з немодифікованою деревиною. Також було продемонстровано краще проникнення покриття у модифіковану деревину та краще змочування термічномодифікованої деревини захисними речовинами. Крім того, лакофарбові матеріали на основі розчинників демонстрували кращі

результати після одного року зовнішнього вивітрювання у порівнянні із водними покриттями.

Оліфи забезпечують найкращий захист виробів з деревини, але їх застосування обмежується їх тривалою полімеризацією. Під час дослідження [12] поведінки висихання лляної олії, тунгової олії та їх суміші 1:1 повторювані вимірювання кута контакту з водою покриттів, нанесених на деревину бука та дуба, показали чіткі відмінності у змочуванні. Тунгова олія надавала гідрофобність усім зразкам деревини незабаром після нанесення, навіть при використанні без сушарки. Лляна олія вимагала більш тривалого часу сушіння і була більш сприйнятливою до впливу субстрату, але в кінцевому підсумку досягала найвищих кутів контакту після примусового сушіння.

На жаль, проблема зміни кольору деревини в приміщенні під прозорим покриття сьогодні існує і більшість лакофарбових покриттів із УФ-захистом працює на недостатньому рівні. На ринку постійно появляються нові товари, які позиціонують як захист кольору деревини в інтер'єрі та для запобігання посивінню, пожовтінню та затемненню поверхонь. На сьогодні обсяг наукової інформації щодо ефективності цих продуктів незначний.

Таким чином, з літературних джерел встановлено, що термічне модифікування деревини позитивно впливає на стійкість до температурно-вологісних факторів. Додаткове оброблення поверхні захисними речовинами сприяє стабільності розмірів виробу та захищає від зволоження виробів. Це свідчить про доцільність проведення даного дослідження із визначення ефективності захисту виробів з деревини лакофарбовими матеріалами, що сприятиме зростанню терміну застосування будівельних конструкцій в умовах навколишнього середовища.

Мета дослідження. Метою даної роботи є визначення впливу складових захисного покриття для термомодифікованої деревини на водопоглинання, його оптимізація і встановлення ефективності захисного обробленого виробу.

Матеріали і методи досліджень. Для визначення водопоглинання були використані довільно відібрані 90 зразків деревини граба радіального перерізу, попередньо висушені. Зразки мали розміри 20×10×10 мм. Далі зрази пройшли термомодифікацію за таких температур – 160, 190 та 220 °С, витримка в камері становила 1, 10, 20 годин. Відповідно до режимних параметрів термомодифікування всі зразки були поділені на 9 груп та групу контрольних зразків (немодифікована деревина) (рис. 1).

Рис. 1. Дослідні зразки необробленої та термомодифікованої деревини

Далі зразки були оброблені масло-воском методом занурення, другий шар наносили після висихання першого упродовж 24 годин. Після висихання зразки помістили в ексикатор на 1

добу. Після чого були зафіксовані розміри та вага кожного зразка. Процедуру повторювали на 2, 3, 6, 9, 13, 20, 30, 40 добу. Для визначення водопоглинання були використані аналогічні до попереднього дослідження 90 зразків. Через 2 години витримання у воді зразки були зважені та зняті розміри. Процедуру повторювали на 1, 2, 3, 6, 9, 13, 20, 30, 40, 50 добу.

Результати досліджень. З графіка порівняння величини вологопоглинання W (рис. 2) термомодифікованої деревини різними режимами (описано вище) видно, що масло-віск значно краще захищає деревину від поглинання вологи з повітря при всіх режимах. У зразків необробленої деревини граба (перший режим) кількість поглинутої вологи у 2 рази менше, а в десятому режимі різниця склала 2,7 раз після додаткового нанесення масло-воску.

Рис. 2. Результати визначення вологопоглинання зразками термомодифікованої деревини

Експериментально встановлено, що на сороковий день витримання зразків у вологому середовищі найкращий результат показали зразки термомодифікованої деревини граба додатково захищені масло-воском. Вони набрали найменшу кількість вологи – 3,62 %, у порівнянні із термомодифікованою деревиною при аналогічних умовах. За величиною об'ємного набрякання α кращий результат також показали зразки додатково оброблені масло-воском, змінивши розміри до 4,18 %. Якщо порівнювати із необробленою деревиною з цієї групи зразків, то показник у 3,4 рази більший і становить 11,68 %.

Також було встановлено, що на показники водопоглинання більший вплив має часовий параметр режиму модифікування, а не температура. Оскільки за короткий час в одну годину з деревини не встигають випаруватись екстрактивні речовини – терпени, віск, фенол, жири. Вони і перешкоджають адгезії лакофарбового матеріалу. Найкращий результат показали зразки з часом термообробки протягом 10 год.

Виробники захисних засобів, враховуючи умови ринку, намагаються оптимізувати дані виробу з точки зору вмісту основних компонентів, а точніше в'язучих, загусників і інших складових. Варіації вмісту та концентрації вивчаються та досліджуються також з точки здешевлення покриття, але при цьому необхідно отримати гарний ефект захисту з необхідними властивостями міцності. Під час розробки покриття вони керуються необхідністю одержання ряду властивостей, що визначають у цілому його здатність захищати від дії вологи. До числа таких властивостей відносяться: ізолюючі властивості покриття від дії води, ізолюючі властивості покриття від доступу повітря та бактерій. Для одержання захисного покриття, що задовольняє пред'явленим вимогам, необхідно, щоб компоненти, які входять до складу покриття відносились безпосередньо до групи захисних матеріалів або утворювали такі з'єднання в умовах експлуатації, що здатні утримуватись на поверхні виробу.

Встановлено оптимальне співвідношення масла на деревині і кількості воску за умови досягнення мінімального водопоглинання зразка під час випробувань, де в якості об'єкту досліджень використовували деревину граба (796 кг/м³) та термомодифіковану деревину, захищену масло-воском (777 кг/м³ при 160 °C, 765 кг/м³ при 190 °C та 717 кг/м³ при 220 °C). Результати отриманих даних наведено на рис. 3.

Як видно з рис. 3 найменш ефективно поглинає воду термомодифікована деревина з густиною 717 кг/м^3 , яка відповідає найбільшому ступеню термічної модифікації.

Враховуючи вище наведений механізм дії, за допомогою трьохфакторного симплекс-центрального методу планування експерименту в математичному середовищі Statistica 12, проведено оптимізацію складових захисного покриття при витраті масла та воску.

Рис. 3. Визначення кількості поглинутої води залежно від співвідношення масла та воску для зразків термомодифікованої деревини з різною густиною

У якості факторів варіювання були обрані: кількість масла, %, (фактор X_1); кількість воску, % (фактор X_2), зміна яких наведена в табл. 1.

Таблиця 1 – Фактори варіювання

Фактори	Код	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
		-1	0	+1	
Масло, %	X_1	60	70	80	10
Віск, %	X_2	15	17,5	20	2,5

У якості вихідного параметру було обрано водопоглинання, значення якого фіксували на зразках, що піддавалися впливу вологи. Матриця планування експерименту та її математична реалізація наведена в табл. 2.

Таблиця 2 – Матриця експерименту та її реалізація

№ п/п	Фактори, вигляд		Матриця планування		Функція відгуку	
	X_1	X_2	Масло, %	Віск, %	Y факт.	Y розр.
1	1	1	80	20	12.6	11.42
2	1	-1	80	15	8.7	8.85
3	-1	1	60	20	9.5	10.02
4	-1	-1	60	15	8.8	10.65
5	1	0	80	17.5	8.2	9.23
6	-1	0	60	17.5	11.8	9.43
7	0	1	70	20	7.9	8.56
8	0	-1	70	15	9.6	7.60
9	0	0	70	17.5	4.2	7.17
10	0	0	70	17.5	5.9	7.17
11	0	0	70	17.5	7.4	7.17

У результаті моделювання отримані рівняння регресії та побудовані тернарні поверхні змін вихідного параметру в залежності від змін факторів варіювання (рис. 4).

Рівняння регресії:

$$Y_{\text{расч}} = 7,174 - 0,1X_1 + 0,483X_2 + 2,156X_{11} + 0,906X_{22} + 0,8X_1X_2$$

У результаті проведеного комп'ютерного моделювання визначено оптимальне співвідношення компонентів в поверхневому шарі термомодифікованої деревини, що забезпечує виконання поставленої задачі, а саме для суміші масла і воску при середній густині зразка деревини 724 кг/м^3 : масла (%) = 70,0; воску (%) = 17,5. Аналогічно проведено і залежно від густини (рис. 5).

Рис. 4. Тернарні поверхні змін вихідного параметру в залежності від змін факторів варіювання масло-воску

Рис. 5. Тернарні поверхні змін вихідного параметру в залежності від змін факторів варіювання залежно від густини

Висновки та перспективи подальших досліджень. Лакофарбові матеріали значною мірою використовуються для захисту поверхні деревини в зовнішніх умовах, оскільки їх легко підтримувати в належному стані і повторно наносити. Також вони покращують зовнішній вигляд поверхні деревини. Захисні речовини для термічномодифікованої деревини забезпечували подібний захист відкритих термічномодифікованих поверхонь деревини від впливу води. Встановлено позитивний вплив термічного модифікування на зниження рівня водопоглинання. Доведено, що вагомий вплив на такі зміни чинить саме температура. Оскільки захисне покриття також схильне до фотохімічної деградації для приємного зовнішнього вигляду дерев'яних поверхонь під час зовнішнього використання дуже важливо

своєчасне його відновлення відповідно до інструкцій виробника. Визначено оптимальне співвідношення компонентів в поверхневому шарі термомодифікованої деревини, що забезпечує виконання поставленої задачі, а саме для суміші масла і воску при середній густині зразка деревини у 724 кг/м³: масла – 70,0 %; воску – 17,5 %.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на встановлення взаємозв'язку між складовими і властивостями захисних покриттів.

Подяка. Автори висловлюють подяку за фінансову підтримку роботи, виконаної в рамках бюджетного фінансування № 0121U001007, а також на розробку наукових тем у програмі наукового співробітництва COST Action FP 1407 «Розуміння модифікації деревини за допомогою інтегрованого наукового та екологічного підходу» в рамках програми Європейського Союзу HORIZON2020.

Література

1. Živković V., Prša I., Turkulin H., Sinković T., Jirouš-Rajković V. Dimensional stability of heat treated wood floorings. *Drvna Ind.* 2008. Vol. 59. P. 69-73.
2. Jirouš-Rajković V., Miklečić J. Heat-Treated Wood as a Substrate for Coatings, Weathering of Heat-Treated Wood, and Coating Performance on Heat-Treated Wood. *Advances in Materials Science and Engineering*. 2019. 8621486. P. 1-9. <https://doi.org/10.1155/2019/8621486>.
3. Горбачова О. Щодо впливу термічного модифікування на властивості деревини граба. *Електронний фаховий науковий журнал «Лісове і садово-паркове господарство»*. 2016. № 9. С. 20-27.
4. Miklečić J., Jirouš-Rajković V., S. Pervan, S. Grujir. Oils usage in finishing of thermally modified wood in out door applications. *Wood is Good-Transfer of Knowledge in Practice as a Way Out of the Crisis*. 2010. P. 70-77.
5. Schaller C., Rogez D. Light stabilisation of modified wood species. *Proceedings of Dird European Conference on Wood Modification*. 2007. P. 15-16.
6. Slabejová-Zuzana G., Šmidriaková V.M. Surface finishes for thermally modified beech wood. *Acta fa cultatis xylologiae zvolen*. 2019. Vol. 61 (2). P. 41-50. doi: 10.17423/afx.2019.61.2.04.
7. Akyildiz M.H., Kesik H.I. Effect of heat treatment on the adhesion strength of water based wood varnishes. *Proceedings of the Seventh European Conference on Wood Modification*. 2014. P. 41-50.
8. Vernois M. Heat treatment of wood in France-State of the art. *Proceedings of Special Seminar of Review on Heat Treatments of Wood*. 2001. P. 15-20.
9. Jäämsä S., Ahola P., Viitaniemi P. Long-term natural weathering of coated Thermo Wood. *Pigment & Resin Technology*. 2000. Vol. 29 (2). P. 68-74.
10. Turkoglu T., Toker H., Baysal E., Kart S., Yuksel M., Emin M., Mugla E., Kocman S.. Some surface properties of heat treated and natural weathered oriental beech. *Wood research*. 2015. Vol. 60. P. 881-890.
11. Pavlič M., Petrič M., Zigon J. Interactions of Coating and Wood Flooring Surface System Properties. *Coatings*. 2021. Vol. 11 (1). P. 91-97. <https://doi.org/10.3390/coatings11010091>.
12. Arminger B., Jaxel J., Bacher M., Gindl-Altmutter W., Hansmann C. On the drying behavior of natural oils used for solid wood finishing. *Progress in Organic Coatings*. 2020. Vol. 148. 105831. P. 91-97.

References

- [1] V. Živković, I. Prša, H. Turkulin, T. Sinković, V. Jirouš-Rajković, "Dimensional stability of heat treated wood floorings", *Drvna Ind*, vol. 59, pp. 69-73, 2008.
- [2] V. Jirouš-Rajković, J. Miklečić, "Heat-Treated Wood as a Substrate for Coatings, Weathering of Heat-Treated Wood, and Coating Performance on Heat-Treated Wood", *Advances in Materials Science and Engineering*, 8621486, pp. 1-9, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/8621486>.
- [3] A. Gorbacheva, "Regarding the effect of thermal modification on the properties of hornbeam wood", *Elektronnyy fakhovyy naukovyy zhurnal "Lisove i sadovo-parkove hospodarstvo"*, no. 9, pp. 20-27, 2016.

- [4] J. Miklečirc, V. Jirouš-Rajkovirc, S. Pervan, S. Grujirc, "Oils usage in finishing of thermally modified wood in out door applications", *Wood is Good-Transfer of Knowledge in Practice as a Way Out of the Crisis*, pp. 70-77, 2010.
- [5] C. Schaller, D. Rogez, "Light stabilisation of modified wood species, *Proceedings of Dird European Conference on Wood Modification*, pp. 15-16, 2007.
- [6] G. Slabejová-Zuzana, V.M. Šmidriaková, "Surface finishes for thermally modified beech wood", *Acta cultatis xylologiae zvolen*, vol. 61 (2), pp. 41-50, 2019. doi: 10.17423/afx.2019.61.2.04.
- [7] M.H. Akyildiz, H.I. Kesik, "Effect of heat treatment on the adhesion strength of water based wood varnishes", *Proceedings of the Seventh European Conference on Wood Modification*, pp. 41-50, 2014.
- [8] M. Vernois, "Heat treatment of wood in France-State of the art", *Proceedings of Special Seminar of Review on Heat Treatments of Wood*, pp. 15-20, 2001.
- [9] S. Jämsä, P. Ahola, P. Viitaniemi, "Long-term natural weathering of coated Thermo Wood", *Pigment & Resin Technology*, vol. 29 (2), pp. 68-74, 2000.
- [10] T. Turkoglu, H. Toker, E. Baysal, S. Kart, M. Yuksel, M. Emin, E. Mugla, S. Kocman, "Some surface properties of heat treated and natural weathered oriental beech", *Wood research*, vol. 60, pp. 881-890, 2015.
- [11] M. Pavlič, M. Petrič, J. Zigon, "Interactions of Coating and Wood Flooring Surface System Properties", *Coatings*, vol. 11 (1), pp. 91-97, 2021. <https://doi.org/10.3390/coatings11010091>
- [12] B. Armingier, J. Jaxel, M. Bacher, W. Gindl-Altmutter, C. Hansmann, "On the drying behavior of natural oils used for solid wood finishing", *Progress in Organic Coatings*, vol. 148. 105831, pp. 91-97, 2020.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ТЕРМОМОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВОДЫ

^{1,2}Цапко Ю.В., д.т.н., профессор,

juriyts@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0625-0783

²Горбачова А.Ю., к.т.н.,

gorbachova.sasha@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7533-5628

²Мазурчук С.Н., к.т.н.,

mazurchuk.s.m@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6008-9591

¹Бондаренко О.П., к.т.н., доцент,

bondolya3@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8164-6473

¹Научно-исследовательский институт вяжущих веществ и материалов им. В.Д. Глуховского
Киевский национальный университет строительства и архитектуры
пр. Воздухофлотский, 31, г. Киев, 03037, Украина

²Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
ул. Героев Оборона, 12в, г. Киев, 03041, Украина

Аннотация. Лакокрасочные материалы в значительной степени используются для защиты поверхности древесины во внешних условиях, поскольку их легко поддерживать в надлежащем состоянии и повторно наносить. Также при разработке покрытия производители руководствуются необходимостью получения ряда свойств, определяющих в целом его способность защищать от воздействия влаги. Для получения защитного покрытия, удовлетворяющего предъявленным требованиям, необходимо, чтобы компоненты, которые входят в состав покрытия относились непосредственно к группе защитных материалов или образовывали такие соединения в условиях эксплуатации, были способны удерживаться на поверхности изделия. Установлено, что термическое модифицирование обеспечивает снижение водопоглощения древесины. Дополнительная обработка поверхности древесины способствует уменьшению влагопоглощения в 2 раза, а для образцов, модифицированных при температуре 220 °С – в 3 раза. Геометрическая стабильность размеров также улучшается в 2 раза. Влияние термообработки на водопоглощение древесины несколько меньше – для образцов, модифицированных при температуре 190 и 220 °С более 10 ч. Защитные вещества для

термическимодифицированной древесины обеспечивали подобную защиту открытых термическимодифицированных поверхностей древесины от воздействия воды. Установлено положительное влияние термического модифицирования на снижение уровня водопоглощения. Доказано, что значительное влияние на такие изменения имеет именно температура. Поскольку защитное покрытие также подвержено фотохимической деградации для приятного внешнего вида деревянных поверхностей во время внешнего использования очень важно своевременное его обновление в соответствии с инструкциями производителя. Определены оптимальное соотношение компонентов в поверхностном слое термическимодифицированной древесины, что обеспечивает выполнение поставленной задачи, а именно для смеси масла и воска: плотность образца древесины – 724 кг/м³; масла – 70,0 %; воска – 17,5 %. Следовательно, такая обработка целесообразна для защиты и эстетической привлекательности изделий из древесины.

Ключевые слова: термически модифицированная древесина, влагопоглощение, набухание, защитные вещества, выветривание, потемнение.

OPTIMIZATION OF PROTECTIVE COATING COMPONENTS OF THERMOMODIFIED WOOD TO THE EXPOSURE OF WATER

^{1,2}**Tsapko Yu.**, Doctor of Technical Sciences,
juriyts@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0625-0783

²**Gorbachova A.Yu.**, PhD,
gorbachova.sasha@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7533-5628

²**Mazurchuk S.N.**, PhD,
mazurchuk.s.m@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6008-9591

¹**Bondarenko O.**, PhD, Associate Professor,
bondolya3@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8164-6473

¹*Scientific Research Institute for Binders and Materials,
Kyiv National University of Construction and Architecture
Povitroflotsky ave., 31, Kyiv, 03037, Ukraine*

²*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine*

Abstract. Paints and varnishes are used to a large extent to protect wood surfaces in outdoor conditions, as they are easy to maintain and reapply. Also, when developing a coating, manufacturers are guided by the need to obtain a number of properties that generally determine its ability to protect against moisture. To obtain a protective coating that meets the specified requirements, it is necessary that the components that make up the coating belong directly to the group of protective materials or form such compounds under operating conditions, be able to adhere to the surface of the product. It was found that thermal modification provides a decrease in water absorption of wood. Additional processing of the wood surface helps to reduce moisture absorption by 2 times, and for samples modified at a temperature of 220 °C – 3 times. Geometric dimensional stability is also improved by a factor of 2. The effect of heat treatment on the water absorption of wood is somewhat less – for samples modified at 190 and 220 °C for more than 10 hours. Protective substances for thermally modified wood provided similar protection of open thermally modified surfaces of wood from the effects of water. The positive effect of thermal modification on a decrease in the level of water absorption has been established. It has been proven that it is temperature that has a significant effect on such changes. Since the protective coating is also susceptible to photochemical degradation, it is very important to renew it in a timely manner in accordance with the manufacturer's instructions for the pleasant appearance of wood surfaces during external use. The optimal ratio of components in the surface layer of thermally modified wood has been determined, which ensures the fulfillment of the task, namely for a mixture of oil and wax: the density of a wood – 724 kg/m³; oils – 70.0%; wax – 17.5%. Therefore, such treatment is beneficial for the protection and aesthetic appeal of wood products.

Key words thermally modified wood, moisture absorption, swelling, protective substances, weathering, darkening.

Стаття надійшла до редакції 22.07.2021