

антисептирующими средствами, которые вводятся в древесину в основном водными растворами.

**Ключевые слова:** водопоглощение, сухостойная древесина, сосна обыкновенная, заболонь, физические свойства, деревоокрашивающие грибы, синева.

## WATER ABSORPTION ABILITY OF SCOTCH PINE DEADWOOD

S. Novytskyi, N. Marchenko, D. Zaviyalov

**Abstract.** The article presents the results of experimental data on the determination of the physical value of the water absorption of deadwood and wood without signs of damage of *Pinus sylvestris* L. Since the wood with mycological lesions is poorly understood and needs additional protection when used as a material, we analyzed the kinetics of water absorption of pine sapwood on different ages of drying out in comparison with healthy wood and show the regression equations of the process. The obtained results of the research will allow to carry out qualitative forecasting of wood impregnation processes with signs of mycological damage by wood-staining mushrooms, since such material requires additional protection with antiseptic agents that are introduced into the wood mainly by aqueous solutions.

**Keywords:** water absorption, deadwood, Scotch pine, sapwood, physical properties, affected wood.

УДК 674.04:674.038.18

## ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМООБРОБЛЕНОЇ ДЕРЕВИНИ

О. О. ПІНЧЕВСЬКА, доктор технічних наук, професор  
Ю. О. РОМАСЕВИЧ, доктор технічних наук, професор  
О. Ю. ГОРБАЧОВА, кандидат технічних наук, асистент  
І. А. СЕРЕДА, студент

**Національний університет біоресурсів і природокористування  
України**

E-mail: OPinchewska@gmail.com; romasevichyuriy@ukr.net;  
gorbachova.sasha@ukr.net

**Анотація.** У статті наведено основні результати експериментальних досліджень впливу термічного оброблення на зміну властивостей деревини сосни і ясеня. Наведено методику проведення і результати аналізу експериментальних досліджень з визначення основних фізичних та деяких механічних властивостей термомодифікованої деревини у промисловій камері. Визначено, що зменшення усихання та водопоглинання спостерігалося більшою мірою у термообробленого ясеня. Встановлено негативну дію високої

*температури на механічні характеристики деревини.*

**Ключові слова:** *деревина, сосна, ясен, термічне модифікування, щільність, вологопоглинання, всихання, межа міцності.*

**Актуальність.** Унаслідок екологічності і швидкої відновлювальності деревину сьогодні дедалі більше використовують у виготовленні конструкцій, столярних виробів, меблів, покриттів для підлоги тощо. Проте, крім великої кількості позитивних властивостей як матеріалу, як-от незначна маса, висока міцність і пружність, здатність поглинати удар, хороша тепло-, звуко- і електроізоляція, стійкість до дії багатьох хімічних речовин, простота обробки, деревина є нестійкою до дії атмосферних опадів і шкідників.

Для покращення споживчих властивостей та збільшення терміну експлуатації виробів з деревини застосовують глибинне просочування смолами та хімічними речовинами. Хоча значне збільшення міцності після глибокого просочення низькомолекулярною водорозчинною синтетичною смолою або газоподібним аміаком дає змогу використовувати досить легку деревину сосни для виготовлення деталей машин та інших виробів, у яких зазвичай використовували тверді листяні породи, вплив шкідливих речовин погіршує екологічні властивості деревини.

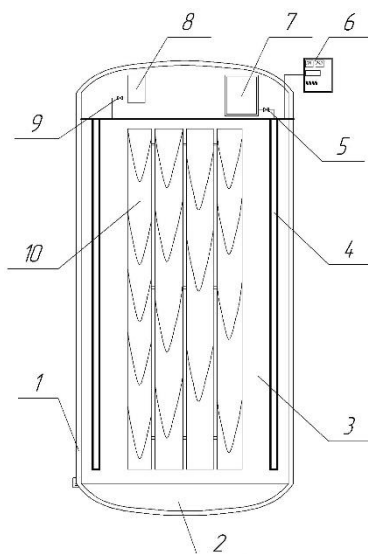
Нині популярності набуває термооброблена деревина – новий екологічно чистий матеріал, який отримують шляхом витримування висушеної до експлуатаційної вологості деревини у спеціальних герметичних камерах упродовж визначеного часу за температури 160–240 °С. Очевидна зміна властивостей деревини після такої обробки має визначити сферу її використання. Тому визначення фізичних і механічних властивостей термообробленої деревини є актуальним [1].

**Мета досліджень** – визначення впливу термічного оброблення на фізико-механічні властивості деревини.

**Методи досліджень.** Для дослідження використано зразки деревини сосни і ясена, висушеної нормальним режимом до вологості 8–10 % та термообробленої за температури 200 °С упродовж 8 годин у промисловій камері вітчизняного виробництва фірми ТОВ «Тавіс» (м. Нова Каховка) (рис. 1).

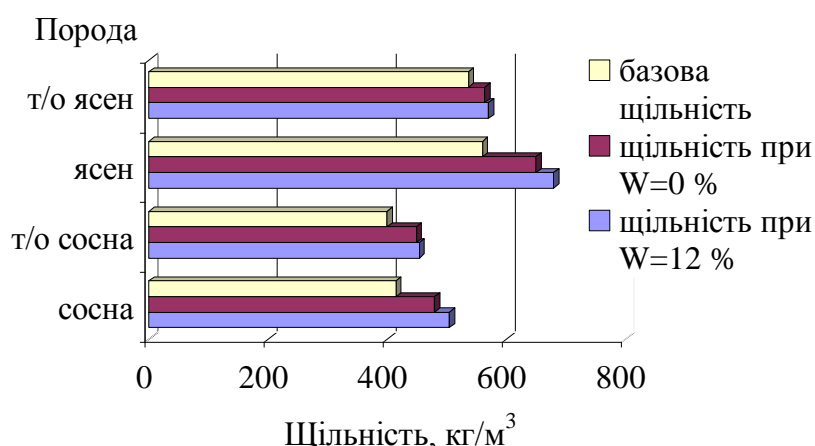
Для дослідження фізичних і механічних властивостей необробленої і термомодифікованої деревини використано стандартні методики, а саме: ГОСТ 16483.1-84 [2] – для визначення щільності; ГОСТ 16483.19-72 [3] – для визначення вологопоглинання; ГОСТ 16483.37-88 [4] – для визначення усихання; ГОСТ 16483.10-73 [5] – для визначення міцності при стиску уздовж та поперек ГОСТ 16483.11-72 [6] волокон; ГОСТ 16483.3-84 [7] – для визначення межі міцності при статичному згині. Експериментальні дослідження проводили з використанням такого обладнання: сушильної шафи марки 2В-151, терезів AXIS 250, розривної машини Р-5. З наданого матеріалу було виготовлено 14 зразків розміром 20×20×30 мм для визначення щільності, вологопоглинання та усихання, 19 зразків розміром 20×20×30 мм для визначення межі міцності при стиску уздовж волокон і

п'ять зразків – стиску поперек волокон, сім зразків розміром 20×20×300 мм для визначення межі міцності при статичному згині.



**Рис. 1.** Схема камери для термооброблення деревини виробника ТОВ «Тавіс»: 1 – герметичний циліндричний корпус; 2 – кришка; 3 – камера для термооброблення; 4 – трубні нагрівачі; 5, 9 – вентилі; 6 – пульт управління; 7 – резервуар із маслом; 8 – резервуар із водою; 10 – штабель 1×1×5,5 м

**Результати досліджень.** Термомодифікування впливає на втрату масу деревини як сосни, так і ясеня. Із зміною маси зразків після термічного оброблення пов'язане також і зменшення щільності термомодифікованої деревини, яке відбувається за рахунок розкладання геміцелюлози. Результати експериментальних досліджень визначення зміни базисної щільності деревини після термооброблення показали більші втрати для зразків деревини ясеня (рис. 2).

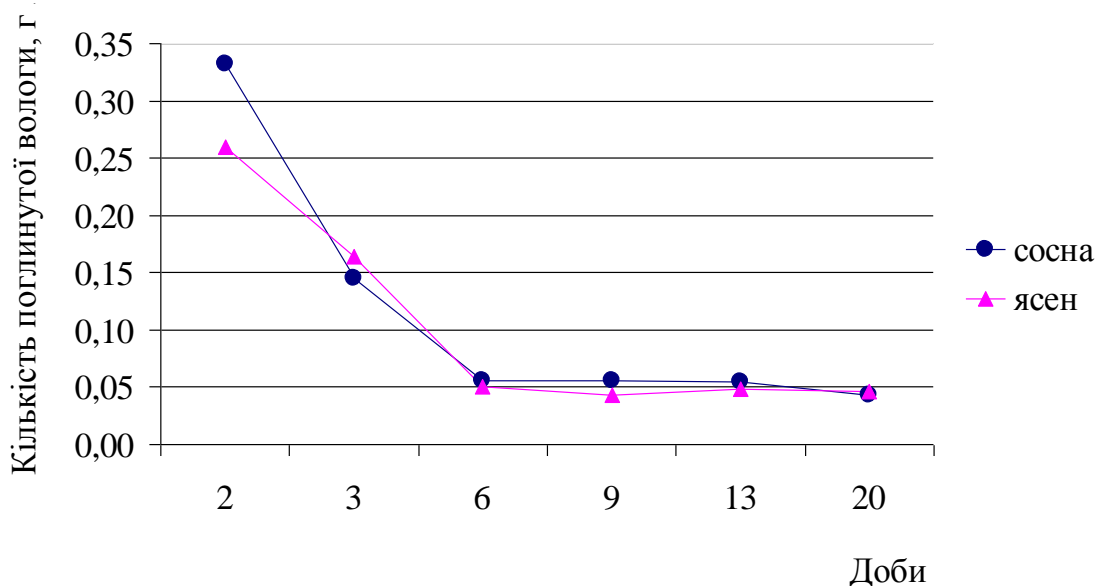


**Рис. 2.** Вплив термомодифікування на зміну густини деревини сосни і ясеня

Порівняння отриманих результатів визначення щільності термообробленої сосни із довідковими даними Б. Н. Уголева [8] показало, що базова щільність зменшилася на 3,6 %, а абсолютна суха – на 6,5 %.

Відповідно для ясеня на 4,1 % і 13,2 %. Що ж до щільності за вологості 12 %, то для сосни цей показник зменшився на 10 % і для ясеня на 7 %.

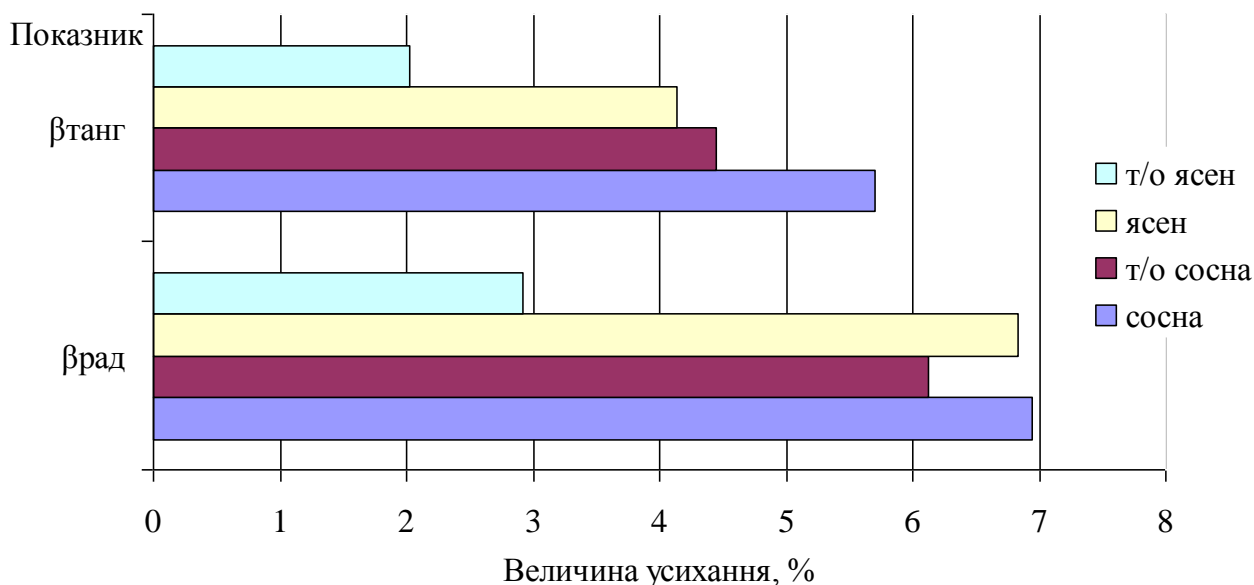
Відомо, що внаслідок термічного модифікування деревини зменшується її здатність поглинати вологу із повітря. Аналіз впливу дії високої температури на зміну величини вологопоглинання термообробленої деревини показав, що різні породи ведуть себе по-різному (рис. 3). Зокрема, маса зразків ясеня за перші дві доби збільшилася на 0,26 г, а сосни – 0,33 г. До закінчення експерименту обидві породи за однакі проміжки часу вбирали однакову кількість води з повітря.



**Рис. 3. Зміна маси термообробленої деревини, що зберігалась у вологому середовищі**

Загалом за 20 діб термомодифікована сосна поглинула у 3,8 разу менше води порівняно із необробленою деревиною, а ясен – у 4,7 разу [9]. Причина зменшення величини гігроскопічності термообробленої деревини полягає у зниженні вмісту гідроксильних груп у модифікованій деревині. Зниження водно-сорбційної здатності термообробленої деревини можна пов'язати зі зменшенням кількості первинних центрів сорбції (ОН-груп) у межах деревної клітинної стінки, в основному, в результаті розкладання і виведення з деревини компонентів геміцелюлози – пентозанів [10].

Величину усування зразків термообробленої деревини сосни і ясеня визначали як зміну лінійних розмірів після висушування за температури  $103 \pm 2$  °C до постійних розмірів. Результати визначення величини усування термомодифікованої деревини в обох поперечних напрямках показано на рис. 4.

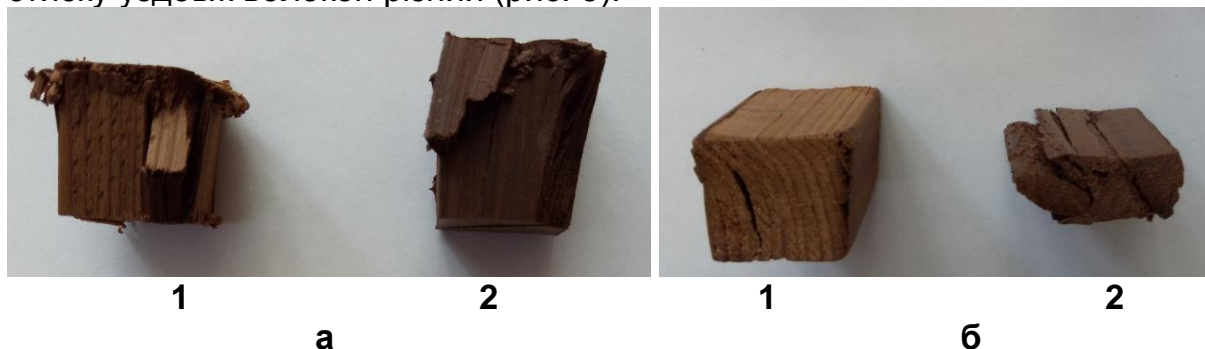


**Рис. 4. Вплив термооброблення на величину усихання в обох поперечних напрямках зразків деревини сосни і ясен**

Встановлено, що дія високої температури має більший вплив на зміну показника всихання для ясеня. Зокрема, величина всихання ясеня у радіальному напрямку зменшилася у 2,3 разу, у тангентальному – 2 рази, а для сосни у 1,13 разу і 1,28 разу відповідно.

Відомо, що висока температура і тривалість оброблення мають негативний вплив на механічні властивості деревини, тому досліджено вплив термічного модифікування на межу міцності при стиску уздовж і впоперек волокон, статичному згині деревини сосни і ясеня.

Вплив режимних параметрів термооброблення на межу міцності при стиску уздовж волокон різний (рис. 5).



**Рис. 5. Результат дії сили уздовж (а) і впоперек (б) волокон на зразки термомодифікованої деревини: 1 – термооброблена сосна; 2 – термооброблений ясен**

Видно, що у термообробленої деревини сосни (рис. 5а, 1 і 5б, 1) спостерігається зминання зразків, у той час деревина ясеня розщеплюється на призмоподібні частки (рис. 5а, 2 і 5б, 2).

Під час випробування на статичний згин у разі навантаження у зразках виникають стискаючі напруження у верхній частині поперечного

перерізу і розтягуючі – у нижній. Міцність на стиск уздовж волокон значно менша, ніж у разі розтягу, тому виникають невидимі складки в зоні стиску і спричиняють руйнування (рис. 6).



**Рис. 6. Вид зламу зразків термомодифікованої деревини: а – сосна; б – ясен**

Характер руйнування залежить від межі міцності. Зокрема, у зразків термомодифікованої сосни лінія зламу нерівна із відшаруваннями, а у ясеня – лінія чіткіша.

Результати розрахунку межі міцності деревини на стиск та згин наведено в таблиці.

#### Межа міцності деревини різних порід при стиску і згині

Показники	Матеріал			
	сосна необроблен а [11]	сосна термомо- дифікована	ясен необроблен ий [11]	ясен термомо- дифікований
Межа міцності при стиску поперек волокон, МПа	7,9	4,14	26,5	14,08
Межа міцності при стиску уздовж волокон, МПа	60,81	47,76	75,56	67,02
Межа міцності при статичному згині, МПа	216	53,2	119	52,8

Згідно з результатами визначення межі міцності при стиску впоперек волокон встановлено, що для сосни він зменшився у 1,9 разу, для ясеня – 1,88 разу. Щодо дослідження межі при стиску уздовж волокон, то значення цього показника для деревини термомодифікованої сосни знизилося на 21 %, а у ясеня – на 11 %. Міцність деревини при статичному згині зменшилася у 4 рази для сосни і 2,25 разу – для ясеня.

Незважаючи на значний розвиток ринку будівельних матеріалів, деревину продовжують широко застосовувати. На сьогодні деревина сосни завдяки своїм характеристикам є основним конструкційним матеріалом. Дослідження дії високих температур показують вплив на зміну її фізико-

механічних властивостей – поряд із погіршенням межі міцності при стиску і згині, зменшується величина вологопоглинання та усихання. Тобто такий матеріал доцільно використовувати для виготовлення не конструкційних виробів, а тих, що експлуатуються просто неба без навантаження, наприклад терасної дошки.

Щодо деревини ясена, яка має високу стійкість до деформацій і ударну в'язкість, то її зазвичай використовують для виготовлення сходів, у меблевій промисловості. Термооброблення забезпечує розширення його сфери використання – термооброблений ясен можна рекомендувати для виготовлення вікон, покриття підлоги чи оздоблення фасаду будинків, оскільки він стає невразливим до дії кліматичних умов.

**Висновки і перспективи.** Проведені експериментальні дослідження впливу режиму термічного оброблення на фізичні властивості термічнообробленої деревини сосни та ясена дали змогу встановити, що більш вагомий вплив використаний режим обробки мав на деревину ясена, зменшуючи його щільність, усихання та вологопоглинання порівняно з деревиною сосни відповідно на 45 %, 70 % і 12 %.

Результати дослідження дії високої температури на механічні характеристики деревини показали суттєве (на 55 % та 75 %) зниження межі міцності при статичному згині, що свідчить про неможливість використання цього матеріалу як несучих конструкцій. Рекомендовано застосовувати термооброблену деревину сосни і ясена для виготовлення виробів, що експлуатуються у середовищі із перепадами вологості.

За вказаними ГОСТами кількість досліджених зразків мала бути такою: 60 – для визначення усихання, 40 та 120 – межі міцності при стиску удовж та впоперек волокон відповідно, 40 – при статичному згині. Зважаючи на обмеженість наданого матеріалу, результати проведених досліджень можна вважати попередніми. Для внесення отриманих даних у довідник необхідно провести розширені дослідження.

#### **Список використаних джерел**

1. Пінчевська О. О. Термічне модифікування деревини граба : монографія / О. О. Пінчевська, О. Ю. Горбачова. – К. : Центр учбової літератури, 2017. 128 с.
2. ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности. Межгосударственный стандарт [Дата введения 1985-07-01]. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 6 с.
3. ГОСТ 16483.19-72\*. Древесина. Метод определения влагопоглощения. Межгосударственный стандарт [Дата введения 1974-01-01]. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 4 с.
4. ГОСТ 16483.37-88. Древесина. Метод определения усушки. Межгосударственный стандарт [Дата введения 1990-01-01]. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 7 с.
5. ГОСТ 16483.10-73. Древесина. Методы определения прочности при сжатии вдоль волокон. Межгосударственный стандарт [Дата введения 1974-07-01]. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 6 с.

6. ГОСТ 16483.11-72. Древесина. Метод определения условного предела прочности при сжатии поперек волокон. Межгосударственный стандарт [Дата введения 1973-01-01]. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 5 с.
7. ГОСТ 16483.3-84. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. Межгосударственный стандарт [Дата введения 1985-07-01]. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1999. – 6 с.
8. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения : учебник для вузов / Б. Н. Уголев. – М. : Лесн. пром-сть, 1986. – 368 с.
9. Пинчевская Е. А. Влияние термического модифицирования на свойства древесины / Е. А. Пинчевская, А. Ю. Горбачева // Материалы международной заочной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика». – 2014. – № 3, Ч. 4. – С. 293–296.
10. Petrisans M. Wettability of heat-treated wood / M. Petrisans, P. Geradin, I. El-Bakali, M. Seraj // Holzforschung. – 2003. – № 57 (3). – P. 301–307.
11. Пінчевська О. О. Деякі фізико-механічні властивості термомодифікованої деревини / О. О. Пінчевська, В. М. Головач, О. Ю. Горбачова // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – Вип. 147. – С. 3–9.

#### References

1. Pinchevska, O. O., Gorbachova, O. Yu. (2017). Termichne modyfikuvannya derevyny graba [Thermal modification of hornbeam wood]. Kyiv, 128.
2. GOST 16483.1-84. (1999). Drevesina. Metod opredeleniya plotnosti [Wood. Method for determination of density]. Moskva, 6.
3. GOST 16483.19-72\*. (1999). Drevesina. Metod opredeleniya vlahopohloshcheniya [Wood. Method for determination of moisture absorption]. Moskva, 4.
4. GOST 16483.37-88. (1999). Drevesina. Metod opredeleniya usushki [Wood. Method for determination of shrinkage]. Moskva, 7.
5. GOST 16483.10-73. (1999). Drevesina. Metod opredeleniya predela prochnosti pri szhatii vdol volokon [Wood. Method for determination of ultimate strength under compression along the grain]. Moskva, 6.
6. GOST 16483.11-72. (1999). Drevesina. Metod opredeleniya predela prochnosti pri szhatii poperek volokon. [Wood. Method for determination of ultimate strength under compression across the grain]. Moskva, 5.
7. GOST 16483.3-84. (1999). Drevesina. Metod opredeleniya predela prochnosti pri staticheskom izhibe [Wood. Method for determination of ultimate strength in static bending]. Moskva, 6.
8. Ugolev, B. N. (1986). Drevesynovedenye s osnovamy lesnogo tovarovedeniya [Wood Science with the Basics of Forest Goods Science]. Moskva, 368.
9. Pynchevskaya, E. A., Gorbacheva, A. Yu. (2014). Vlyyanye rezhymov termicheskogo modyfycirovaniya na fyzyko-mehanycheskiye svojstva graba



[Influence of thermal modification on the properties of wood]. Materials of the international correspondence scientific-practical conference "Actual directions of scientific researches of the XXI century: theory and practice", 3, 4, 293–296.

10. Petrissans, M., Geradin, P., El-Bakali, I., Seraj, M. (2003). Wettability of heat-treated wood. *Holzforschung*, 57 (3), 301–307.
11. Pinchevska, O. O., Golovach, V. M., Gorbachova, O. Yu. (2014). Deyaki fizyko-mexanichni vlastyvoli termomodyfikovanoyi derevyny [Some physical and mechanical properties of thermomodified wood]. *Bulletin of the Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko*, 147, 3–9.

### **СВОЙСТВА ТЕРМООБРАБОТАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ**

**Е. А. Пинчевская, А. Ю. Горбачева, Ю. А. Ромасевич, И. А. Серeda**

**Аннотация.** В статье приведены основные результаты экспериментальных исследований влияния термической обработки на изменение свойств древесины сосны и ясеня. Приведена методика проведения и результаты анализа экспериментальных исследований по определению основных физических и некоторых механических свойств термомодифицированной древесины в промышленной камере. Определено, что уменьшение усушки и водопоглощения наблюдалось в большей степени у термообработанного ясеня. Установлено негативное воздействие высокой температуры на механические характеристики древесины.

**Ключевые слова:** древесина, сосна, ясень, термическое модифицирование, плотность, влагопоглощение, усушка, предел прочности.

### **PROPERTIES OF THERMOMODIFIED WOOD**

**O. Pinchevska, O. Gorbachova, Yu. Romasevich, I. Sereda**

**Abstract.** The article presents results of main experimental studies of the thermal treatment influence on the change of pine and ash wood properties. Methodos and results of experimental studies of the basic physical and some mechanical properties of thermomodified wood in an industrial kiln are described. It has been determined that the decrease of the shrinkage and moisture absorpction was observed to a greater extent in the heat treated ash. The negative effect of high temperature on mechanical characteristics of wood is established.

**Keywords:** wood, pine, ash, thermal modification, density, moisture absorpction, shrinkage, boundary strength.