

Yaris V.,
Ved V.,
Zybaylo S.,
Chaban O.,
Karpenko V.

RESEARCH OF STABILITY OF GEOMETRIC PARAMETERS OF WOOD UNDER THE MOISTURE ACTION

Об'єктом досліджень є перспективний конструкційний матеріал – модифікована деревина. Збільшення терміну використання деревини за умови збереження конструкційних характеристик – перспективний напрям досліджень. Модифікація деревини у відповідності до конструкційних вимог з урахуванням санітарних та інших вимог – важлива задача. Найбільш поширені технології модифікації – просочення. Автоклавне просочення деревини під тиском вимагає складного устаткування для утворення збиткового тиску. Просочення конденсаційним методом, або методом «холодних та гарячих ванн», значно зменшує собівартість отримання модифікованої деревини. Дослідження стійкості геометричних розмірів модифікованої деревини під дією вологи дає можливість оцінити ефективність процесу модифікації (просочення) і як наслідок оцінити термін використання. В дослідженнях використовувались зразки з соснового бруса (ДСТУ ISO 738:2018) розміром 300×70×15 мм. Для проведення досліджень вибирали три групи зразків з радіальним (Р), тангенціальним (Т) та змішаним (З) напрямом волокон деревини. Для модифікації просоченням використовували лляну олію та сикатив в концентрації 25 г/л. У відповідності до технології модифікації зразки замочували у водному розчині з сикативом, далі занурювали в лляну олію нагріту до 130 ± 10 °С, а потім занурювали в лляну олію при температурі 20 °С. Отримані зразки висушували в атмосферних умовах і для дослідження стійкості геометричних розмірів замочували у воді протягом доби. В результаті досліджень встановлено, що оптимальною температурою нагрівання зразків є діапазон 120–140 °С. Також встановлено, що найбільш стійкими до зміни геометричних розмірів є зразки зі змішаним напрямом волокон (З), в яких зміни розмірів склали 0,5 % у порівнянні з сухими зразками. Незалежно від напрямку волокон, вологопоглинання модифікованих зразків становило 0,07 об. %, що становить великий практичний інтерес.

Ключові слова: просочення деревини, конденсаційний спосіб, лляна олія, водний розчин з сикативом, модифікація деревини, геометричні розміри.

Received date: 04.02.2020

Accepted date: 11.03.2020

Published date: 30.06.2020

Copyright © 2020, Yaris V., Ved V., Zybaylo S., Chaban O., Karpenko V.

This is an open access article under the CC BY license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

1. Introduction

Currently, modified wood is used in the construction industry for the construction of buildings and technical facilities for long-term operation, providing them with decorative and aesthetic properties. This implies its resistance to atmospheric effects (temperature, moisture, ultraviolet radiation). The purpose of wood modification is to achieve better characteristics, to improve resistance to decay, to a change in geometric dimensions, to weathering, and the like. Modification of wood involves the use of chemical, physical or biological methods to change the properties of this building material [1, 2]. Impregnation can be considered the most applied physical method of wood modification [3, 4]. In the industry, impregnations are carried out by the autoclave method, where the main parameters are the temperature and pressure of the treatment [5], or by the condensation method, under the influence of atmospheric pressure [5–7]. As impregnating solutions use oils and resins with the addition of components, accelerate their polycondensation, or give the material additional properties – resistance to temperature, atmospheric or biological effects. The impregnation of coniferous wood with resins based on melamine formaldehyde was studied in [8],

and a number of wood properties, such as surface hardness and weather resistance, are improved. To increase the dimensional stability and biological protection of the Japanese cedar, low molecular weight phenolic resins of the usual, alkaline, and neutral types are used for impregnation; after impregnation, the wood is subjected to thermal hardening [9]. The deformation stability of Japanese cedar, impregnated with phenol-formaldehyde resins with a low molecular weight, was estimated under compression in the radial direction in [10]. As a result of processing this wood, the elastic modulus increased from 10 GPa to 22 GPa, and bending strength from 10 MPa to 250 MPa.

To study the biological degradation of wood, the authors used the Linotech impregnation process [11]. Samples of wood from a Norwegian Christmas tree measuring 500×25×25 mm were impregnated with linseed oil for 2–3 hours at a pressure of 0.8–1.4 MPa and a temperature of 60–140 °C. When studying the resistance to the action of brown rot fungi, let's use a tall oil based impregnating solution with a boric acid content of 1–2 vol. % [12]. The best conditions for preserving wood showed a tall oil solution with a boric acid content of 2 vol. %.

All of the above studies do not give an idea of the mechanism of wood protection from atmospheric factors,

and substances for impregnation were chosen at random. However, the main atmospheric factor for wood is moisture, which significantly affects the change in the geometric dimensions of wooden structures during construction is strictly prohibited, since this threatens the integrity of buildings and human life. So, *the object of research* is a promising structural material – modified wood. And *the aim of this research* is to study the effect of moisture on the geometric dimensions of modified wood.

2. Methods of research

A simple and effective industrial method for impregnating wood with hot cold baths, in which non-toxic impregnating substances are used [5], is chosen as the main impregnation method. The selection of these substances is carried out from natural oils, most closely related to capillaries of wood fibers. To study the impregnation process and determine the water absorption of modified wood, let's use samples 300–70–15 mm in size made of *pine timber* (DSTU ISO 738:2018).

Before impregnation, the samples are preliminarily dried to a residual moisture content of 2 wt. %, weight on electronic scales with an accuracy of 4 digits and divide into batches, each of which includes 3 samples. Each of the samples in the batch has a different direction of the cut fibers: radial (*P*), tangential (*T*) and mixed (*s*). Samples of pine in the form of a freshly sawn timber of natural humidity without preliminary drying are immersed for soaking in an aqueous solution. The aqueous solution contained a drying concentration of 25 g/l. The samples are held for 10 min at a temperature of 20 °C (cold bath) until an aqueous solution filled the pores of the wood, displacing part of the air. The temperature is measured with a digital thermometer with an accuracy of ± 0.5 °C. Next, the samples are immersed in linseed oil (DSTU ISO 150-2002) and kept at a temperature of 130 ± 10 °C (hot bath). In this case, intense foaming is observed on the surface of the oil and the release of water vapor from the capillaries along with the air contained in the pores of the wood. After completion of foaming, the samples are immersed in an impregnating solution of linseed oil with the addition of 10 wt. % of rosin at a temperature of 20 °C (cold bath), and kept for 15 and 120 minutes, in order to study the change in the expected degree of impregnation of wood. After that, each batch of samples is weighed and the impregnation degree is determined as the ratio of mass gain to the initial mass of the sample. Statistical processing and calculation of average indicators of the research results is carried out according to the methods [13].

To determine the effect of moisture, the impregnated wood samples are left to dry in air at a temperature of 20 °C and an air humidity of 60 % for 2 days. Then, the prepared samples are soaked for 1 day in distilled water, and moisture absorption and swelling of the samples are determined using indicators installed along the length and width of the samples. As extreme points, to compare changes in geometry (width and length), let's took non-impregnated samples (*N*), as well as samples impregnated in linseed oil for 15 and 120 minutes. To assess the magnitude of the change in the geometric shape of the sample during swelling in water, a coefficient of change in linear size under the influence of moisture is introduced.

3. Research results and discussion

Studies have shown that the content of linseed oil in wood is affected by the impregnation temperature (Fig. 1). As can be seen from Fig. 1, impregnation in the mixed direction of cut of the fibers (*M*) occurs more intensively than in the radial (*R*) or tangential (*T*). It should be noted that the most intensive impregnation in all directions occurs during the first 40 minutes at a temperature of linseed oil in the range of 100–110 °C, and also during the first 60 minutes at a temperature of linseed oil in the range of 120–140 °C, which allows wood impregnation in a hot bath for more than 50 % of the initial mass of the samples.

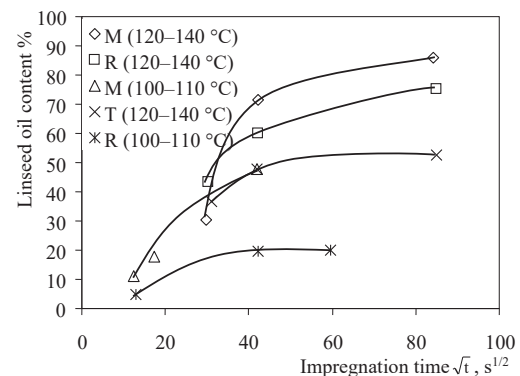


Fig. 1. The dependence of the linseed oil content in the samples of pine from the time of its impregnation (t)

From the data in Fig. 2 it follows that the non-impregnated samples (*N*) swell in length longer than the impregnation in oil for 15 minutes. In this case, the radial (*R*) or tangential (*T*) directions of the saw cut almost does not affect the value of the swelling index along the length of the holding time in water, but the mixed cut (*M*) leads to a significant change in the geometry of the sample. Therefore, it is recommended to impregnate tangentially or radially sawn wood.

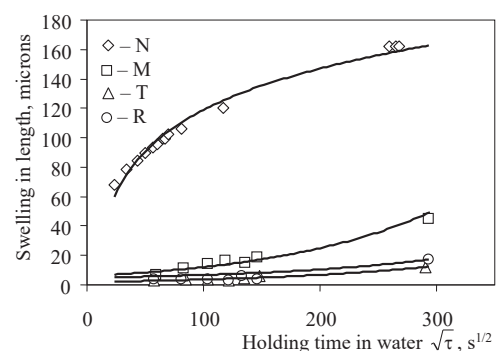


Fig. 2. The effect of holding time in water (τ) on the swelling of non-impregnated samples (*N*) and samples with radial (*R*), tangential (*T*) and mixed (*M*) direction of cutting fibers impregnated for 15 min

From the data in Fig. 3, it can be seen that, compared to samples not impregnated with a sample (*N*), almost impregnated for 120 minutes, the samples with radial (*R*), tangential (*T*) and mixed (*M*) direction of fiber sawing almost do not change in length.

Changes in the geometric dimensions of the modified wood along the width of the sample are somewhat different from changes in size along the length (Fig. 4). This

is primarily due to the fact that the length of the sample is 4.3 times longer than the width. Secondly, the direction of the wood fibers extends along its length, so swelling in width under the influence of moisture most affects the wood.

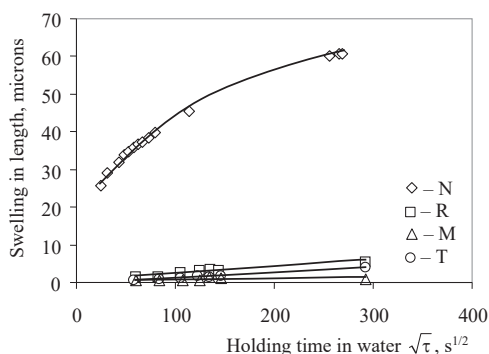


Fig. 3. The effect of holding time in water (τ) on the swelling of non-impregnated samples (N) and samples with radial (R), tangential (T) and mixed (M) direction of cutting fibers impregnated for 120 min

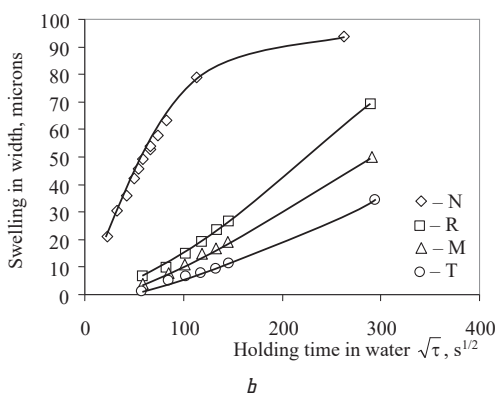
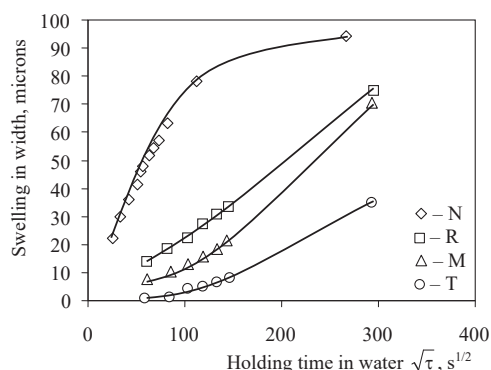


Fig. 4. The effect of exposure time in water (τ) on the swelling of non-impregnated samples (N) and samples with radial (R), tangential (T) and mixed (M) direction of cutting fibers impregnated for: a – 15 min; b – 120 min

In contrast to non-impregnated wood, it quickly swells in water; impregnated wood has a slow absorption of moisture, due to which the effect of preserving the geometric dimensions and strength of the samples is achieved. It should be noted that the sample with a tangential cut of fibers, impregnated for 120 minutes, has the best resistance to moisture.

Water absorption of samples with radial, tangential and mixed directions of cutting fibers impregnated for 120 min, amounted to 0.098 vol. %, 0.048 vol. %, 0.070 vol. %, respectively.

Analyzing the above experimental and graphical data, it is possible to conclude that:

- the optimum temperature of a hot bath is a temperature of 120–140 °C, due to which, when moving samples into a cold bath, absorption occurs more intensively and the samples are better saturated than samples that are in a hot bath with a temperature of 100–110 °C;
- the smallest changes in length along the length of samples with a mixed direction of the fibers, impregnated for 120 minutes – 0.5 % of the size of the dry sample, are of great practical interest for the use of this type in support structures where it is important to have a minimum change in size along the length;
- regardless of the time of impregnation and the direction of the fibers in the samples, the impregnation of the samples less swollen in length and width than non-penetrated, while the moisture absorption do not exceed 0.070 vol. %, which is of great practical interest.

4. Conclusions

The paper proposes a clear principle of impregnation of coniferous wood in hot-cold baths, which allows to adjust the properties of modified wood. To preserve the geometrical dimensions of modified wood under the influence of moisture, it is proposed to use timber with the tangential or radial direction of fiber sawing for impregnation. Thus, the proposed technical solution for producing modified wood can be introduced into the industrial production of building materials after a set of tests of the action of additional atmospheric factors.

References

- Hill, C. A. S. (2011). Wood modification: An update. *Bio-Resources*, 6 (2), 918–919.
- Akselrud, G. A., Altshuller, N. A. (1983). *Vvedenie v kapillarnuiu tekhnologiiu*. Moscow: Khimiia, 264.
- Sergovskii, P. S., Rasev, A. I. (1987). *Gidrotermicheskaia obrabotka i konservirovanie drevessiny*. Moscow: Lesnaia promyshlennost, 159.
- Iariz, V. A. (1994). *Intensifikatsiia tekhniki khimiko-tekhnologicheskoi obrabotki kapillarno-poristykh tel na osnove sistemnogo podkhoda*. Dnepropetrovsk, 135.
- Ved, V. V., Iariz, V. A., Chernichenko, V. A., Bikov, L. F. (2006). Optimizatsiia i modernizatsiia sposobiv glibokogo prosocheniiia derevini. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 3, 179–182.
- Zadorskii, V. M. (2004). Pat. No. 67662 UA. *Sposib prosocheniiia kapillarno-poriznogo materialu*. MPK: B05D 3/00, B29B 15/10, B05D 1/18. No. 9863746; declared: 16.12.2003; published: 15.06.2004, Bul. No. 6.
- Vizun, T. O., Iariz, V. O., Chernichenko, V. A., Bikov, L. F., Ved, V. V. (2010). Doslidzhennia sposobu glibokogo prosocheniiia derevini. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2, 39–41.
- Gindl, W., Zargar-Yaghubi, F., Wimmer, R. (2003). Impregnation of softwood cell walls with melamine-formaldehyde resin. *Bioresource Technology*, 87 (3), 325–330. doi: [http://doi.org/10.1016/s0960-8524\(02\)00233-x](http://doi.org/10.1016/s0960-8524(02)00233-x)
- Kajita, H., Furuno, T., Imamura, Y. (2004). The modification of wood by treatment with low molecular weight phenol-formaldehyde resin: a properties enhancement with neutralized phenolic-resin and resin penetration into wood cell walls. *Wood Science and Technology*, 37 (5), 349–361. doi: <http://doi.org/10.1007/s00226-003-0176-6>
- Shams, M. I., Yano, H., Endou, K. (2004). Compressive deformation of wood impregnated with low molecular weight phenol formaldehyde (PF) resin I: effects of pressing pressure and pressure holding. *Journal of Wood Science*, 50 (4), 337–342. doi: <http://doi.org/10.1007/s10086-003-0570-6>

11. Ulvcróna, T., Lindberg, H., Bergsten, U. (2005). Impregnation of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) wood by hydrophobic oil and dispersion patterns in different tissues. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 79 (1), 123–134. doi: <http://doi.org/10.1093/forestry/cpi064>
12. Temiz, A., Alfreðsen, G., Eikenes, M., Terzjev, N. (2008). Decay resistance of wood treated with boric acid and tall oil derivatives. *Bioresource Technology*, 99 (7), 2102–2106. doi: <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.052>
13. Akhnazarova, S. L., Kafarov, V. V. (1985). *Metody optimizacii v khimicheskoi tekhnologii*. Moscow: Vysshaia shkola, 327.

Yaris Vadim, PhD, Associate Professor, Director, LLC Soyuztekhno-prom Production Co., Dnipro, Ukraine, e-mail: doc.jarisva@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8162-5122>

Ved Viktor, Senior Lecturer, Department of Equipment of Chemical Plants, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro,

Ukraine, e-mail: 251277ved@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2391-6463>

Zybaylo Sergiy, PhD, Associate Professor, Senior Researcher, Department of Innovative Engineering, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: szybaylo@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5122-7692>

Chaban Oleh, Postgraduate Student, Department of Innovative Engineering, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: oleg.4aban@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3849-665X>

Karpenko Veronika, Assistant, Department of Materials Science, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: veronikakarpenko046@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5949-4549>

UDC 621.317.3

DOI: 10.15587/2312-8372.2020.205132

**Brzhezitsky V.,
Trotsenko Y.,
Haran Y.**

OPTIMIZATION OF AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERISTIC OF BROADBAND VOLTAGE DIVIDER INTENDED FOR MEASUREMENT OF POWER QUALITY PARAMETERS

Об'єктом дослідження є схема широкосмугового ємнісно-омічного подільника напруги з послідовно-паралельним з'єднанням його резистивних і ємнісних елементів. Довгі роки застосування подільників напруги обмежувалася вимірюванням різних напруг в умовах високовольтних лабораторій. Однак подільники напруги, у порівнянні із трансформаторами напруги, характеризуються більш широкою смугою пропускання, тому вони стали розглядатися як один з основних засобів вимірювання напруг у високовольтних електричних мережах. Одним з каталізаторів впровадження цього рішення може стати інтенсивний розвиток концепції *Smart Grid*, яка вимагає нових, більш досконалих засобів моніторингу якості електроенергії. Тому експериментальні й теоретичні дослідження, спрямовані на зниження похибки широкосмугових подільників напруги, є важливими.

Завдання оптимального коректування низьковольтного плеча подільника напруги було вирішено за допомогою застосування елементів лінійного програмування для дослідження функції систематичної похибки.

У даній роботі представлені результати дослідження коректування амплітудно-частотної характеристики подільника напруги, які спрямовані на зниження його похибки. Для цього було знайдено такий параметр оптимізації значення ємності низьковольтного плеча, при якому абсолютне значення позитивного й негативного максимуму систематичної похибки ємнісно-омічного подільника напруги будуть однаковими. Розрахунки були виконані для різних значень коефіцієнта ділення подільника напруги. Отримані масиви даних узагальнено у вигляді тривимірних графіків.

Робота вносить вклад у подальший розвиток теорії високовольтних подільників напруги. У результаті проведених досліджень показана можливість оптимізації амплітудно-частотної характеристики широкосмугового ємнісно-омічного подільника напруги шляхом варіювання значення ємності його низьковольтного плеча. Проведені дослідження є перспективними у зв'язку з тим, що дана категорія високовольтних масштабних перетворювачів має можливість стати обов'язковою для визначення показників якості електричної енергії безпосередньо у високовольтних мережах.

Ключові слова: подільник напруги, амплітудно-частотна характеристика, якість електричної енергії, високовольтний масштабний перетворювач.

Received date: 12.02.2020

Accepted date: 18.03.2020

Published date: 30.06.2020

Copyright © 2020, Brzhezitsky V., Trotsenko Y., Haran Y.

This is an open access article under the CC BY license

(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

1. Introduction

Measurement of electric power quality parameters is necessary during energy generation, distribution and consump-

tion. In addition, measurements are necessary to ensure the possibility of controlling the quality of electricity as a type of product. For this purpose, technical and organizational measures are being implemented to achieve compliance of