

## РОЗДІЛ VI. ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 674.047

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-4(10)-241-246

Павло Ігнатенко, Олена Ігнатенко

### ВПЛИВ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ НА ЇЇ МІЦНІСТЬ

**Актуальність теми дослідження.** Міцність деревини залежить в основному від її породи, температури та вологості. При сушінні вологість та температура деревини змінюються, тому її міцність також не залишається постійною.

**Постановка проблеми.** Зміна міцності деревини спостерігається лише в діапазоні вологості нижче зони гігроскопічності, причому зниження вологості приводить до суттєвого збільшення міцності. Зміна вологості в діапазоні вище зони гігроскопічності не впливає на міцність деревини.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В Україні розробкою технологічних процесів сушіння і захисту деревини займаються компанія Holtek Semiconductor Incorporated, Taiwan. Технологічним процесам сушіння матеріалів присвячені роботи П. Л. Ігнатенка, С. П. Сапон, О. А. Ігнатенко.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Розрізняють міцність деревини у процесі обробки при тому чи іншому стані та експлуатаційну міцність, яку має деревина після доведення її вологості та температури до експлуатаційних норм.

**Мета статті.** Проаналізувати показники якості сушіння пиломатеріалів і запропонувати спосіб закінчення технологічного процесу сушіння.

**Виклад основного матеріалу.** Міцність деревини у процесі обробки підвищується з пониженням температури та вологості. На експлуатаційну міцність деревини здійснюють вплив її порода, вологість та характер попереднього сушіння. Ступінь зниження міцності деревини залежить від породи, вологості, температури та тривалості сушіння. Міцність камери залежить від розмірів матеріалу, а тривалість обороту – від режиму процесу і характеристики матеріалу.

Облік і планування роботи сушильних камер прийнято вести в кубічних метрах умовного матеріалу. Тривалість сушіння умовного і фактичного матеріалу знаходять розрахунком за таблицями. Облік висушених пиломатеріалів ведуть паралельно в обсязі фактичного й обсязі умовного матеріалу.

**Висновки і пропозиції.** Після дослідження існуючої установки сушіння пиломатеріалів, та визначення незручностей пов'язаних з процесом, зокрема точність вимірювання температури, визначення вологості було змінено способи та засоби збору технологічних параметрів.

Цей процес потребує певного проміжку часу і має досить велику похибку, обумовлену багатьма чинниками, такими як похибка термометрів, похибка паралаксу. Також використання даного методу дає можливість отримання значення вологості лише в певній частині сушильної камери. Використання електронних датчиків вологості дозволяє усунути певні похибки, тим самим робить процес вимірювання вологості швидшим та значно точнішим, відпадає потреба у використанні психометричних таблиць.

**Ключові слова:** показники якості; пиломатеріали; технологічний процес; кондиціонування; камерне сушіння.

Рис.: 1. Табл.: 2. Бібл.: 6.

**Постановка проблеми.** Міцність деревини залежить в основному від її породи, температури та вологості. У процесі сушіння вологість та температура деревини змінюються, тому її міцність також не залишається постійною. Зміна міцності деревини спостерігається лише в діапазоні вологості нижче зони гігроскопічності, причому зниження вологості приводить до суттєвого збільшення міцності. Зміна вологості в діапазоні вище зони гігроскопічності не впливає на міцність деревини.

Зміни міцності, пов'язані з вологістю, зворотні, тобто при зволоженні сухої деревини знижується її міцність, а при наступному висушуванні попередні міцнісні показники повністю відновлюються.

Підвищення температури призводить до пониження міцності деревини. Короткочасний вплив не досить високої температури дає зворотні зміни міцності. З підвищенням температури та тривалості її впливу в деревині відбуваються незворотні процеси, що призводять до зміни її міцнісних показників при наступній експлуатації [1].

**Аналіз досліджень і публікацій.** В Україні розробкою технологічних процесів сушіння і захисту деревини займаються професор П. В. Білей, В. М. Павлюст (Національний лісотехнічний університет України) [2]. Дослідженню процесів сушіння деревини присвячені роботи А. І. Расева [3] і І. В. Кречетова [4]. Крім того, дослідження автоматизації сушіння пиломатеріалів проводять компанія Holtek Semiconductor Incorporated,

Taiwan [5] та інші. Технологічним процесам сушіння матеріалів присвячені роботи П. Л. Ігнатенка, С. П. Сапон, О. А. Ігнатенко [6].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Розрізняють міцність деревини у процесі обробки при тому чи іншому стані та експлуатаційну міцність, яку має деревина після доведення її вологості та температури до експлуатаційних норм.

**Мета статті.** Проаналізувати показники якості сушіння пиломатеріалів і запропонувати спосіб закінчення технологічного процесу сушіння.

**Виклад основного матеріалу.** Міцність деревини у процесі обробки підвищується з пониженням температури та вологості. Це добре ілюструє діаграма (рисунок) межі міцності деревини берези при розтягненні поперек волокон (тангенціальний напрям). Так, межа міцності холодної сухої деревини вище межі міцності гарячої сирової деревини в 15...20 разів. Для інших показників механічних властивостей деревини та інших порід характер зміни міцності та їх співвідношення можуть коливатися у широким межах.

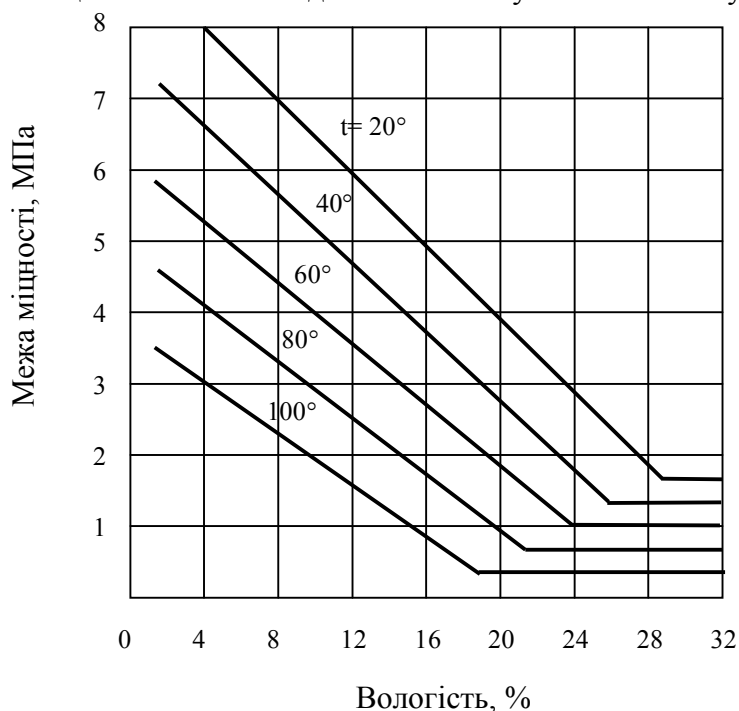


Рис. Діаграма межі міцності деревини берези при розтягненні поперек волокон у тангенціальному напрямі

На експлуатаційну міцність деревини здійснюють вплив її порода, вологість та характер попереднього сушіння. Еталоном експлуатаційної міцності прийнято вважати міцність деревини, яка не підлягала впливу температури нижче 60 °C і не знижує її експлуатаційну міцність незалежно від тривалості сушіння. Вплив більш високої температури починає з'являтися, якщо тривалість сушіння при  $t = 80$  °C перевищує 40...50 год, а при  $t = 120$  °C – 2...3 год.

Ступінь зниження міцності деревини залежить від породи, вологості, температури та тривалості сушіння. Так, наприклад, у високоінтенсивних процесах сушіння, коли температура становить 120...130 °C при тривалому впливі 30...60 год, показники механічних властивостей деревини понижуються: при розтягненні, стисненні та статичному згині на 5...8 %, а при сколюванні та розколюванні – на 15...20 % [4].

Особливості розрахунку продуктивності з урахуванням роботи сушильних камер мають такі аспекти. Продуктивність сушильної камери II, в якій висушуються пилома-

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

теріали конкретної характеристики та визначеного призначення, визначається в кубічних метрах деревини за рік виразом

$$П = \frac{335}{\tau_{об}} \cdot E, \quad (1)$$

де 335 – число діб роботи камери в році;  $\tau_{об}$  – тривалість одного обороту камери при сушінні фактичного матеріалу, діб; у камерах неперервної дії вона дорівнює тривалості сушіння, а в камерах періодичної дії – тривалості сушіння, збільшеної на час завантаження і розвантаження камери, що становить 0,1 доби;  $E$  – місткість сушильної камери, м<sup>3</sup> деревини.

Вести облік роботи сушильних камер, безпосередньо використовуючи вираз (1), досить складно. Конкретне підприємство висушує пиломатеріали різноманітної специфікації. Тому величини  $E$  і  $\tau_{об}$  нестабільні [1].

Місткість камери залежить від розмірів матеріалу, а тривалість обороту від режиму процесу і характеристики матеріалу.

Облік і планування роботи сушильних камер прийнято вести в кубічних метрах умовного матеріалу. Умовному матеріалу еквівалентні соснові обрізні дошки товщиною 50 мм, шириною 160 мм, довжиною більше 1 м, II категорії якості, що висушуються від початкової вологості 60 % до кінцевої 12 %.

Кількість фактично просушених пиломатеріалів  $\Phi$  переводиться у кількість умовного матеріалу  $У$  за співвідношенням

$$У = \Phi \cdot \frac{E_{ум} \tau_{\phi}}{E_{\phi} \tau_{ум}}. \quad (2)$$

Отже, для перекладу фактичного обсягу деревини в обсяг умовного матеріалу необхідно встановити місткість камери на умовному ( $E_{ум}$ ) і фактичному ( $E_{\phi}$ ) матеріалі, а також тривалість сушіння умовного ( $\tau_{ум}$ ) і фактичного ( $\tau_{\phi}$ ) матеріалу.

Місткість камери  $E$  (м<sup>3</sup> деревини) визначають за рівнянням

$$E = \Gamma \beta, \quad (3)$$

де  $\Gamma$  – обсяг штабелів, одночасно розміщених в камері;

$\beta$  – коефіцієнт об'ємного заповнення штабеля.

У свою чергу

$$\Gamma = lbhn, \quad (4)$$

де  $lbh$  – довжина, ширина і висота;

$n$  – кількість штабелів у камері.

При визначенні величини  $\beta$  варто мати на увазі, що розрізняють два показники місткості камери: за обсягом сирих пиломатеріалів і за обсягом товарних пиломатеріалів. Другий показник менше першого на величину об'ємної усушки деревини, при зміні її вологості від межі насичення до транспортної вологості. Облік роботи камер ведуть за товарними пиломатеріалами.

З урахуванням цієї обставини коефіцієнт об'ємного заповнення штабеля розраховують за формулою

$$\beta = \beta_{\delta} \beta_{ш} \beta_{\epsilon} \cdot 0,93, \quad (5)$$

де  $\beta_{\delta}$ ,  $\beta_{ш}$ ,  $\beta_{\epsilon}$  – коефіцієнти заповнення штабеля по довжині, ширині і висоті;

0,93 – коефіцієнт, що враховує об'ємну усушку деревини.

Коефіцієнт заповнення штабеля по довжині  $\beta_{\delta}$  приймається рівним: для неторованих пиломатеріалів, а також пиломатеріалів і заготовок, несорттованих по довжині – 0,85; для матеріалу однакової довжини (наприклад, заготовок) – 1.

Коефіцієнт заповнення штабеля по ширині визначають за табл. 1.

Коефіцієнт заповнення штабеля по висоті при товщині прокладок 25 мм розраховують за відношенням

$$\beta_g = S / (S + 25), \quad (6)$$

де  $S$  – товщина пиломатеріалів, мм.

Таблиця 1

Значення коефіцієнта  $\beta_{ш}$ 

Метод укладання	Пиломатеріали	
	обрізні	необрізні
Зі шпаціями	0,65	0,43
Без шпацій	0,9	0,6

Тривалість сушіння умовного і фактичного матеріалу знаходять розрахунком за таблицями. Облік висушених пиломатеріалів ведуть паралельно в обсязі фактичного й обсязі умовного матеріалу. В обліковому журналі сушильного цеху реєструють фактичний обсяг і характеристику кожного вивантаженого із сушильної камери штабеля. Цей обсяг перераховують в обсяг умовного матеріалу [4; 6].

Кількість висушеної в певний момент деревини (у тому числі в обсязі умовного матеріалу) підсумовують з обсягом деревини, висушеної від початку звітної періоду (місяця, кварталу). Кількісна оцінка роботи сушильного цеху за місяць, квартал чи рік (табл. 2) виконується порівнянням фактичного випуску з плановою продуктивністю камер в умовному матеріалі.

Таблиця 2

Питома продуктивність сушильних камер в умовному матеріалі

Принцип дії камер	Типи камер по циркуляції і транспортуванню штабелів	Величина $n_{ум}$ , м <sup>3</sup> /рік, при роботі на режимах			
		м'яких	нормальних	форсованих	високотемпературних
Періодичної дії	З природною циркуляцією	—	15	—	—
	З циркуляцією слабой інтенсивності	—	24	—	—
	З циркуляцією середньої інтенсивності	19	31	39	—
	З реверсивною циркуляцією великої інтенсивності	20	36	47	79
	З нереверсивною циркуляцією великої інтенсивності	—	—	47	69
Неперервної дії протитічні	З поперечним транспортуванням штабеля	18	40	47	—
	З зигзагоподібною циркуляцією	17	38	44	—
	З прямолінійною циркуляцією та поздовжнім транспортуванням	—	23	—	—

Планову продуктивність камери  $P_{ум}$  у м<sup>3</sup> умовного матеріалу в рік розраховують за формулою

$$P_{ум} = G \beta_{ум} \cdot 335 / \tau_{об-ум} = G n_{ум}, \quad (7)$$

де  $n_{ум}$  – питома продуктивність камери в рік в умовному матеріалі, на 1 м<sup>3</sup> обсягу штабелів. Значення  $n_{ум}$  для камер основних типів наведені в табл. 2.

**Висновки і пропозиції.** Після дослідження існуючої установки сушіння пиломатеріалів та визначення незручностей, пов'язаних з процесом, зокрема точність вимірювання температури, визначення вологості було змінено способи та засоби збору технологічних параметрів.

Нині температура в камері вимірюється ртутними термометрами, які в силу своєї моральної застарілості незручні у використанні. Вологість вимірюється психометричним способом, оператор знімає значення з вологого та сухого термометрів і за психометричними таблицями визначає вологість у камері. Цей процес потребує певного проміжку часу і має досить велику похибку, обумовлену багатьма чинниками, такими як похибка термометрів, похибка паралаксу. Також використання цього методу дає можливість отримання значення вологості лише в певній частині сушильної камери. Використання електронних давачів вологості дозволяє усунути певні похибки, тим самим робить процес вимірювання вологості швидшим та значно точнішим, відпадає потреба у використанні психометричних таблиць. Також відбулися зміни у вимірюванні температури, після автоматизації значення температури знімаються цифровими давачами, значення яких обробляється мікроконтролером, що дає високу швидкість та точність обробки інформації.

Для більшої швидкості та точності регулювання температури в камері запропоновано встановити електрокалорифер, роботу якого контролює КМС.

#### Список використаних джерел

1. *Ігнатенко П. Л.* Особливості процесу сушіння деревини / П. Л. Ігнатенко, В. І. Ступа // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2011. – № 4 (53). – С. 257–261.
2. *Білей П. В.* Сушіння і захист деревини : підручник / П. В. Білей, П. М. Павлюст. – Львів : Ліга-Прес, 2008. – 312 с.
3. *Расев А. И.* Тепловая обработка и сушка древесины / А. И. Расев. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 360 с.
4. *Кречетов И. В.* Сушка и защита древесины / И. В. Кречетов. – М. : Лесн. пром-сть, 1987. – 372 с.
5. *Технічна документація* HT1621 компанії Holtek Semiconductor Incorporated, Taiwan, 2001. – 118с.
6. *Ігнатенко П. Л.* Аналіз якості сушіння пиломатеріалів на заключному етапі технологічного процесу сушіння / П. Л. Ігнатенко, О. А. Ігнатенко, С. П. Сапон // Технічні науки та технології. – 2016. – № 3 (5). – С. 204–209.

#### References

1. Ihnatenko, P.L. & Stupa, V.I. (2011). Osoblyvosti protsesu sushinnia derevyny [The specifics of wood drying process]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky – Visnyk of Chernihiv State Technological University: Series: Technical Sciences*, no. 4, pp. 257–261 (in Ukrainian).
2. Bilei, P.V. & Pavliust, P.M. (2008). *Sushinnia i zakhyst derevyny [The drying and protection of the wood]*. Lviv: Liha. Pres (in Ukrainian).
3. Rasiev, A.I. (2009). *Teplovaia obrabotka y sushka drevesyny [The heat treatment and drying of wood]*. Moscow: HOU VPO MHUL (in Russian).
4. Krechetov, I.V. (1987). *Sushka y zashchyta drevesyny [The drying and protection of the wood]*. Moscow: Lesn. Prom-st (in Russian).
5. *Tekhnichna dokumentatsiia* HT1621 kompanii Holtek Semiconductor Incorporated, Taiwan, 2001.
6. Ihnatenko, P.L., Ihnatenko, E.A. & Sapon, S.P. (2016). Analiz yakosti sushinnia pylomaterialiv na zakliuchnomu etapi tekhnolohichnoho protsesu sushinnia [Analysis Of Quality Of Drying Of Sawtimbers On The Final Stage Of Technological Process Of Drying]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohii – Technical sciences and technologies*, no. 3 (5), pp. 204–209 (in Ukrainian).

УДК 674.047

Pavlo Ignatenko, Elena Ignatenko

## THE EFFECT OF WOOD DRYING ON ITS STRENGTH

**Urgency of the research.** The strength of wood depends mainly on its breed, temperature and humidity. When drying, the moisture and temperature of the wood change, so its strength also does not remain constant.

**Target setting.** Changing the strength of wood is observed only in the range of humidity below the zone of water absorption, whereby humidity reduction leads to a significant increase in strength. Changing the humidity range above water absorption zone does not affect the strength of wood.

**Actual scientific researches and issues analysis** In Ukraine, the development process of drying and wood protection company engaged Holtek Semiconductor Incorporated, Taiwan. Technological processes of drying materials are devoted to the work of P.L. Ignatenko, S.P. Sapon, O.A. Ignatenko.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** There is strength in wood processing in different states and operational strength, which has wood after bringing here humidity and temperature to performance standards.

**The research objective.** Analysis of quality lumber drying and offer a way to completion of the process of drying.

**The statement of basic materials.** The strength of wood in the processing increases with a decrease in temperature and humidity. On the operational strength of wood influencing her breed, humidity and the nature of prior drying. The degree of reduction of wood strength depends on the breed, humidity, temperature and drying time. Capacity of the camera depends on the size of the material, and the duration of the turnover from the mode of the process and characteristics of the material.

The accounting and planning of the operation of drying chambers is carried out in cubic meters of conditional material. The tables calculate the duration of drying of conditional and actual material. The accounting of dried lumber is conducted in parallel for material.

**Conclusions.** After researching existing installation of drying lumber and definition discomfort associated with the process, in particular, the accuracy of measuring the temperature and determining the humidity has changed the methods and means of collecting technological parameters.

This process requires a certain period, and has a rather large error due to many factors, such as the error of the thermometers, the error of parallax. In addition, use this method makes it possible to obtain humidity values only in a certain part of the drying chamber. The use of electronic humidity sensors allows you to eliminate a number of errors, thus making the process of measuring humidity faster and more precisely, eliminating the need for using psychometric tables.

**Key words:** indexes of quality; saw-timbers; technological process; conditioning; chamber drying.

Fig.: 1. Tabl.: 2. Bibl.: 6.

УДК 674.047

Павел Игнатенко, Елена Игнатенко

## ВЛИЯНИЕ СУШКИ ДРЕВЕСИНЫ НА ЕЕ ПРОЧНОСТЬ

Проведен анализ показателей качества сушки пиломатериалов. Определен показатель равномерности конечной влажности. Установлены четыре категории качества сушки пиломатериалов. Для обеспечения необходимого качества пиломатериалов предложен новый способ окончания технологического процесса сушки.

**Ключевые слова:** показатели качества; пиломатериалы; технологический процесс; кондиционирование; камерная сушка.

Рис.: 1. Табл.: 2. Библ.: 6.

**Игнатенко Павло Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Игнатенко Павел Леонидович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Ignatenko Pavlo** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Mechanical Engineering and Wood Technology Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** ignatenkop11@i.ua

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0967-1631>

**Researcher ID:** G-6310-2014

**Игнатенко Елена Анатоліївна** – асистент кафедри технологій машинобудування та деревообробки, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

**Игнатенко Елена Анатольевна** – ассистент кафедры технологий машиностроения и деревообработки, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

**Ignatenko Elena** – assistant of Mechanical Engineering and Wood Technology Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** laignatenko@ukr.net