

ВПЛИВ ПОРОДИ ДЕРЕВИНИ НА ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТУ ПАМ'ЯТІ

*Б.Н. Уголев, доктор технічних наук
Г.О. Горбачова, кандидат технічних наук
С.Ю. Белковскій, аспірант
ФГБОУ ВПО МГУЛ, Російська Федерація*

Наведено результати дослідження впливу деревної породи на показники ефекту пам'яті форми деревини. Проведена кількісна оцінка цього ефекту і порівняння показників для деревини певних порід та видів шпону. Розглянута можливість впливу хімічного складу деревини на показники ефекту пам'яті деревини.

Ефект пам'яті форми деревини, кількісна оцінка ефекту пам'яті, заморожена деформація, порода деревини, хімічний склад деревини.

Ефект пам'яті деревини на деформаційні перетворення був експериментально виявлений в кінці 70-х років [9,15]. Подальші дослідження різних аспектів цього феномену мали, в основному, якісний характер [2,5,14]. Для кількісної оцінки цієї домінуючої ознаки деревини, як природного розумного матеріалу, були використані показники [8], що використовуються для полімерів з ефектом пам'яті форми [11]: R_r - частка оборотних деформацій, що показує здатність матеріалу запам'ятовувати постійну форму і є мірою відновлення деформації, що отримана в результаті механічної дії; R_f - частка фіксованих (сет) деформацій, що відображує здатність матеріалу фіксувати механічну деформацію та тим самим запам'ятовувати тимчасову форму.

В основі ефекту пам'яті деревини лежать зморожені деформації, вони були виявлені експериментально на початку 60-х років минулого сторіччя під час сушіння закріпленого зразка [4]. Заморожені деформації утворюються в результаті тимчасового переналаштування наноструктури деревини під керованою дією навантаження у разі збільшення жорсткості деревини в процесах сушіння або охолодження [14], і зникають при зволоженні або нагріванні. Дотримуючись моделі гігро(термо)-механічних деформацій деревини [5,14], яка розроблена на основі інтегрального закону деформування деревини під навантаженням під час зміни вологості і температури [9,16], що враховує утворення квазі-

залишкових заморожених деформацій можна отримати вирази для розрахунку показників R_r та R_f .

Частка оборотних деформацій R_r в загальному визначається наступним чином:

$$R_r = \frac{\varepsilon_{evp} - \varepsilon_p}{\varepsilon_{evp}} \quad (1)$$

де ε_{evp} – величина загальної гідро(термо)-механічної деформації, ε_p – залишкові пластичні деформації $\varepsilon_r = \varepsilon_c = \varepsilon_p$. Частка фіксованих (сет) деформацій R_f розраховується за формулою:

$$R_f = \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{evp}} = \frac{\varepsilon_f + \varepsilon_p}{\varepsilon_{evp}}, \quad (2)$$

де ε_s – сет-деформація після зняття навантаження; ε_f – заморожена деформація. Величина замороженої деформації виражається через показники ефекту пам'яті наступним чином:

$$\varepsilon_f = \varepsilon_{evp}(R_r + R_f - 1) \quad (3)$$

Мета досліджень. Величина показників ефекту пам'яті деревини R_r и R_f залежить від співвідношення компонентів гідро(термо)-механічної деформації. Особливості деформування деревини пояснюються різницею будови деревини на макро-, мезо-, мікро- і нанорівнях, хімічною будовою компонентів деревини та їх надмолекулярною структурою. В роботі досліджується вплив породи деревини на показники ефекту пам'яті.

Методика досліджень. Деревина являє собою складний, неоднорідний, мінливий, анізотропний матеріал, що має здатність всихати та розбухати, тому було розроблено метод візуалізації та кількісної оцінки з використанням досить невеликих зразків [7]. Цей метод дозволяє виділити головні фактори, елімінуючи вплив вищезазначених факторів та визначити всі можливі характеристики на одному зразку. Це знижує необхідну кількість дослідів та полегшує аналіз отриманих даних. Експериментальні дослідження були проведені на зразках, що згинаються, струганого, лущеного та композиційного (файн-лайн) шпону з деревини берези, бука, сосни та обече під час зміни температури і вологості (табл. 1). Діапазон зміни температури – 0 – 100 С°, вологості – 0 – 150%.

1. Характеристика зразків.

Порода	Вид шпону	Розміри зразків, мм
Бук (<i>Fagus L.</i>)	Струганий	250*15*0,6
Сосна звичайна (<i>Pinus sylvestris L.</i>)	Струганий	250*15*0,6

Закінчення табл. 1

Порода	Вид шпону	Розміри зразків, мм
Обече (<i>Triplochiton scleroxylon</i> K. Schum.)	Файн-лайн	250*15*0,6
Береза (<i>Betula</i> L.)	Лущений	250*15*1,5

Результати досліджень. Для дослідження ефекту пам'яті у разі дії згинаючого навантаження та зміни температури або вологості було проведено 14 серій експериментів. На рис.1 представлені результати експериментального дослідження показників R_r^t та R_f^t під час зміни температури. Видно, що величина R_r^t вздовж та поперек волокон має відповідні максимальні значення для зразків струганого шпону з деревини бука – 0,97 та 0,78. Величина R_r^t вздовж волокон для зразків струганого шпону з деревини сосни є дещо меншою (0,92), ніж для деревини бука. У напрямку поперек волокон показник R_r^t для зразків сосни має також меншу величину (0,54), що крім зазначених вище причин, пояснюється наявністю існуючих до початку дослідження сушільних тріщин.

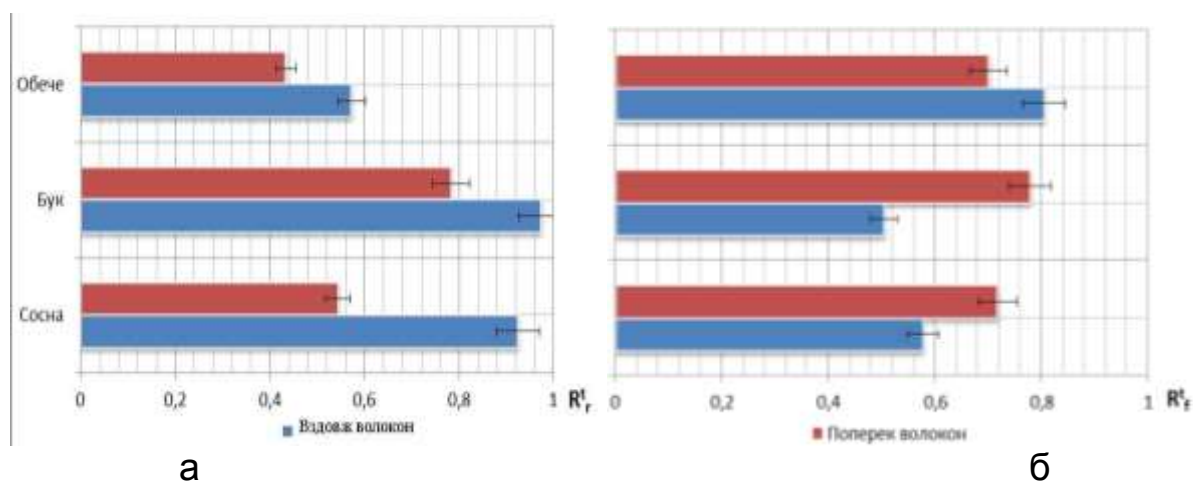


Рис. 1. Показники ефекту пам'яті деревини R_r^t (а) та R_f^t (б) під час зміни температури.

Величина показника R_f^t , в напрямку поперек волокон має максимальне значення для деревини бука (0,78). Величина R_f^t для зразків струганого шпону з деревини сосни і композиційного шпону з деревини обече дорівнює, відповідно, 0,72 та 0,70. В напрямку вздовж волокон найбільше значення R_f^t отримано для зразків композиційного шпону з деревини обече (0,81). Зразки струганого шпону з деревини сосни мають показники вище ніж для деревини

бука (0,58 та 0,50, відповідно), оскільки міцність та жорсткість деревини сосни нижчі, ніж у деревини бука.

На рис. 2 представлені показники ефекту пам'яті для різних видів шпону під час зміни вологості.

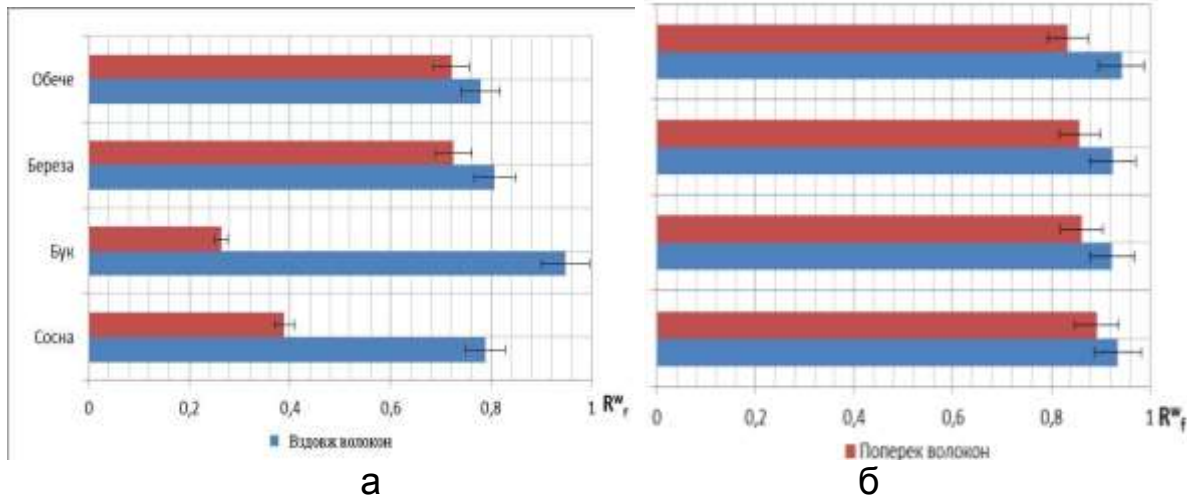


Рис. 2. Показники ефекту пам'яті деревини R_r^w (а) та R_f^w (б) під час зміни вологості.

Величина показника R_r^w в напрямку вздовж волокон максимальна у бука (0,95). Значення показника R_r^w поперек волокон для зразків струганого шпону з деревини бука менше, ніж для деревини сосни (0,26 та 0,39, відповідно). Це зумовлено впливом широких серцевинних променів бука, при сушінні розрив тканин відбувається вздовж серцевинних променів через слабкий зв'язок між ними та деревними волокнами. В напрямку поперек волокон показник R_r^w для зразків лущеного шпону з деревини берези та фан-лайн шпону з деревини обече має близькі значення (0,72 та 0,72), що крім зазначених вище причин, пояснюється наявністю лущильних тріщин на поверхні шпону та багатоступеневою обробкою фан-лайн шпону. Величина показника R_f^w в напрямку вздовж волокон для всіх пород та видів шпону має приблизно однакові значення $R_f^w \geq 0,9$ (0,92-0,94). В напрямку поперек волокон спостерігаються також досить високі показники R_f^w (0,83-0,89).

Раніше нами були проведені експериментальні дослідження ефекту пам'яті під час зміни температури і вологості на масивній деревині берези [2,14]. На основі даних L. Salmén [13], нами було висунуто припущення [2], що найбільші зміни відбуваються в лігнін-геміцелюлозній матриці та в аморфних (некристалічних) ділянках целюлози. В деревині за вологості вищої межі насичення клітинних

стінок та за кімнатної температури не тільки геміцелюлози, а й всі аморфні (некристалічні) ділянки в целюлозі знаходяться в високо еластичному стані. Це пояснює появу значних деформацій, частина з яких є необоротними.

В наших подальших випробуваннях, які проводились спільно з ИФТТ РАН [6], методом ІЧ-спектроскопії було показано, що сушіння навантаженої деревини берези призвело до зміни, в першу чергу, в аморфних ділянках целюлози, а також в системі водневих зв'язків деревини. Подібна перебудова структури відбувається і в процесах охолодження навантаженої деревини. При цьому велику роль буде відігравати концентрація водневих зв'язків.

В роботі [10] висунуте припущення, що геміцелюлози та лігнін контролюють механізм ефекту пам'яті деревини. Геміцелюлози відповідають за механізм фіксації форми (R_f), а лігнін – за відновлення форми, (R_r). Але, дане припущення носить дискусійний характер та потребує додаткових досліджень.

Нижче представлені дані про хімічний склад для деревних порід (табл. 2).

2. Склад основних органічних речовин деревних порід, %

Порода	Лігнін	Целюлоза	Геміцелюлози	Джерело
Бук	22,7	45,4	22,2	Molnar S., Bariska M.[11]
	11,6-22,7	33,7-46,4	17,8-25,5	Wagenfuhr R., Scheiber Chr. [16]
Сосна	20,8	46	36,9	Никитин Н.И. [3]
	26,9-28,2	53,8	20,5	Никитин Н.И. [3]
	29,5	41,9	21,5	Molnar S., Bariska M.[11]
Береза	25,4-29,4	39,7-57,1	7,9-11,2	Wagenfuhr R., Scheiber Chr. [16]
	21,2	45,8	26-42,0	Никитин Н.И. [3]
Обече	19-20,1	45,3-48,6	27,8	Wagenfuhr R., Scheiber Chr. [16]
	32,3-34	41,1-47,6	15,5-17,5	Wagenfuhr R., Scheiber Chr. [16]

Опубліковані результати досліджень хімічного складу часто неможливо співставити через різницю в способах виділення і визначення компонентів деревної речовини, природної мінливості. Відомо, що деревина хвойних відрізняється більшим вмістом лігніну та гексозанів, у деревини листяних серед геміцелюлоз переважають пентозани [1]. Проведені дослідження показали, що різний склад лігніну в деревині бука та сосни несуттєво відображається на величині показника R_r^t в напрямку вздовж волокон. В напрямку поперек волокон частка оборотних і фіксованих деформацій є вищою у бука, що, можливо, пов'язано з більшим вмістом геміцелюлоз. Під час зміни температури, навантаження і вологості відбуваються зворотні зміни в надмолекулярній структурі

компонентів деревини, що зумовлюють ефект «пам'яті» деревини. В силу аморфної природи, геміцелюлози є досить чутливими до температурних та вологісних дій. Тому, ефекти, що спостерігаються, в більшій мірі виявляються у деревині листяних порід.

Для більш детального аналізу впливу породи деревини на показники ефекту пам'яті, необхідно виявити закономірності деформування для зразків струганого шпону з деревини бука і сосни. Незважаючи на значну різницю в будові та хімічному складі цих порід, величина модуля пружності вздовж волокон при згині бука і сосни [1] при нормалізованій вологості є приблизно однаковою і становить 12,4 та 12,2 ГПа, відповідно.

Частки компонентів термо- і гігромеханічних деформацій деревини в напрямках вздовж і поперек волокон представлені на рис. 3 та рис. 4. Частки сет-деформацій, що визначають величину фіксованих деформацій під час зміни вологості деревини в напрямках вздовж і поперек волокон для бука і сосни є практично однаковими. Для термомеханічної деформації ця різниця є більшою. В склад сет-деформацій входять квазі-необоротні заморожені деформації і необоротні пластичні деформації. В напрямку вздовж волокон величину сет-деформацій визначають заморожені деформації. В напрямку поперек волокон картина значно ускладнюється через заморожене всихання. Крім цього, наявність широких серцевинних променів у бука призводять до значних пластичних деформацій. Величина пружно-еластичних деформацій охолодженої або висушеної деревини ε_{ev2} є практично однаковою, оскільки модулі пружності бука та сосни мають приблизно рівні величини.

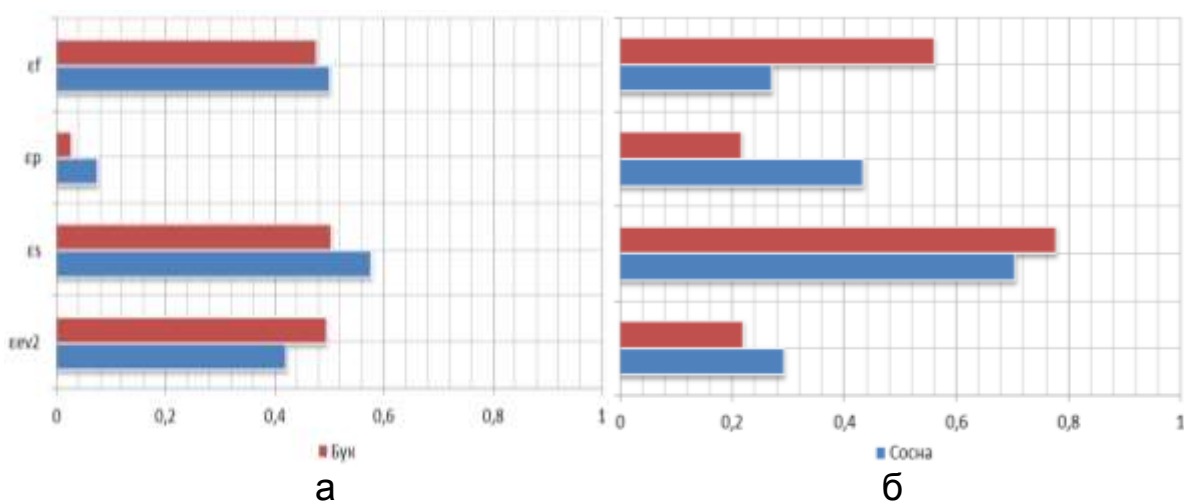


Рис. 3. Частки термомеханічної деформації деревини вздовж (а) і поперек волокон (б).

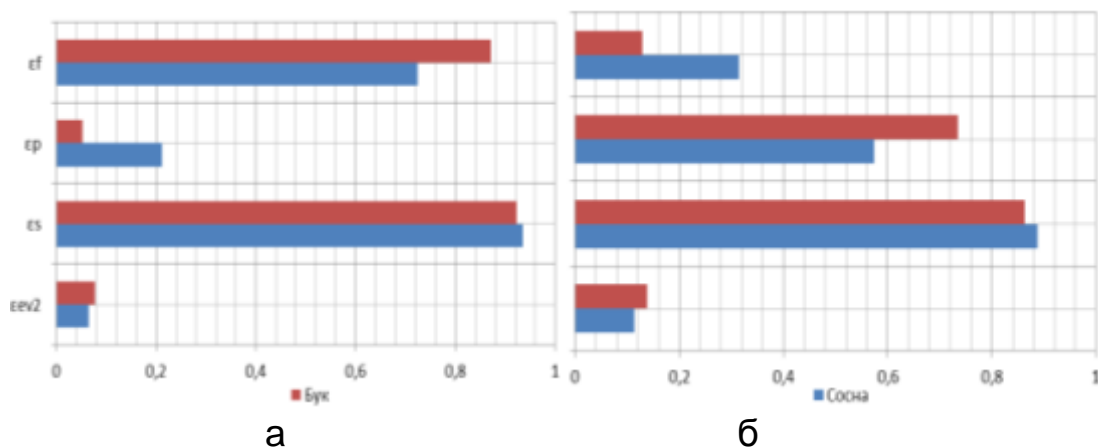


Рис. 4. Частки гігромеханічної деформації деревини вздовж (а) і поперек волокон (б).

Висновки

1. Складність будови, хімічного складу, анізотропія, природна варіативність властивостей деревини призводять до певних складнощів в об'єктивній оцінці ефекту пам'яті деревини різноманітних порід. Запропонований метод дозволяє виявити основні закономірності впливу деревної породи на показники ефекту пам'яті деревини.

2. Особливості технології виготовлення шпону здійснюють більший вплив на показники ефекту пам'яті, ніж порода деревини.

3. Для зразків струганого шпону з сосни та бука показники R_f^t та R_f^r в напрямку вздовж волокон і показник R_f^w в напрямку вздовж і впоперек волокон мають практично однакові значення. На решту показників ефекту пам'яті порода деревини має більший вплив.

4. При більш детальному розгляді механізму утворення фіксованих деформацій необхідно приймати до уваги, що фіксована деформація включає не тільки оборотні пружно-еластичні, а й необоротні пластичні деформації. Враховуючи двохкомпонентний склад фіксованої деформації, доцільно з'ясувати деформаційну поведінку основних хімічних компонентів.

Список літератури

1. Боровиков А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев – М.: Лесная промышленность, 1989. – 246 с.
2. Горбачева Г.А. Деформационные превращения древесины при изменении нагрузки, влажности и температуры: Дисс. канд. техн. наук: МГУЛ / Горбачева Галина Александровна – М., 2004. - 198 с.
3. Никитин Н.И. Химия древесины и целлюлозы / Н.И. Никитин – М-Л.: АН СССР, 1962. – 711с.

4. Уголев Б.Н. Метод исследования реологических свойств древесины при переменной влажности/ Борис Наумович Уголев// Заводская лаборатория, 27(2), 1961, - с. 199 - 203.
5. Уголев Б.Н. Наноструктурные изменения древесины как природного «умного» материала. Нанотехнологии и наноматериалы в лесном комплексе: монография / Борис Наумович Уголев – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2011. – с. 52-73.
6. Уголев Б.Н. Влажностные и силовые деформации древесины/ Б.Н. Уголев, В.П. Галкин, Г.А. Горбачева, А.В. Баженов// Материалы всероссийской конференции «Дендрозкология и лесоведение», Красноярск ИЛ СО РАН, 2007, с. 163 – 165.
7. Уголев Б.Н. Визуализация эффекта памяти древесины в шпоне/ Б.Н. Уголев, Г.А. Горбачева, С.Ю. Белковский// Сб. Научные труды МГУЛ, вып. 353 «Технология и оборудование для переработки древесины», М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2011, - с. 226 – 232.
8. Уголев Б.Н. Параметры эффекта памяти древесины/ Б.Н. Уголев, Г.А. Горбачева, С.Ю. Белковский// Сб. Научные труды МГУЛ, вып. 358 «Технология и оборудование для переработки древесины», М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012, С. 9 – 13.
9. Уголев Б.Н. Контроль напряжений при сушке древесины/ Б.Н. Уголев, Ю.Г. Лапшин, Е.В. Кротов. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 208 с.
10. Jakes J. E., Plaza N., Zelinka S., Stone D. Water-activated, Shape Memory Twist Effect in Wood Slivers as an Inspiration for Biomimetic Smart Materials// Nanotechnology for Renewable Materials, 2012, Montreal, Quebec, Canada/ <http://www.tappinano.org>
11. Lendlein A., Kelch S. Shape-Memory Polymers. Reviews. Angew. Chem. Int. Ed. 2002, 41, 2034 – 2057.
12. Molnar S., Bariska M. Mogyarorszagipari fai (Wood species of Hungary). – Budapest, Szaktudas kiado haz, 2006. – 206 p.
13. Salmén L. «Micromechanical understanding of the cell wall structure», C. R. Biologies, 2004, (9-10), 873-880.
14. Ugolev B.N. Academy lecture «Wood as natural smart material», http://www.iaws-web.org/files/file/2009_SaintPetersburg_academy_lecture_ugolev.pdf
15. Ugolev B.N. Effect of «freezing» wood deformations at complex force and heat actions. Proc. of 2nd Int. Symposium on wood rheology, Rydzina, Poland, 1986 - p. 5 – 14.
16. Ugolev B.N. General laws of wood deformation and rheological properties of hardwood// Wood Science and Technology. – 1976. – vol. 10(3). – P. 169-181
17. Wagenfuhr, R., Scheiber, Chr. Holzatlas. - 3. Aufl. - Leipzig: Fachbuchverl. - 1989. - 720 p.

Приведены результаты исследования влияния древесной породы на показатели эффекта памяти формы древесины. Проведена количественная оценка этого эффекта и сравнение показателей для древесины некоторых пород и видов шпона. Рассмотрена возможность влияния химического состава древесины на показатели эффекта памяти древесины.

Эффект памяти формы древесины, количественная оценка эффекта памяти, замороженная деформация, древесная порода, химический состав древесины.

Results of experimental research of influence of wood species on quantities of memory effect were presented. The quantitative assessment of memory effect, comparison of quantities for some wood species and types of veneer were experimentally investigated. The data on effect of chemical composition of wood on parameters of memory effect wood also are presented.

Shape memory effect of wood, a quantitative assessment of memory effect, frozen strain, wood species, chemical composition of wood.

УДК 630.812.212:674.031.931.2

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

М.О. Білецький, аспірант

З.С. Сірко, кандидат технічних наук

Досліджено якість обробленої поверхні пиломатеріалів при розпилюванні дереворізальними інструментами різних конструкцій. Встановлено показники шорсткості обробленої поверхні пиломатеріалів.

Шорсткість, круглі пили, якість обробки, кількісний метод оцінки якості.

Якість обробки поверхні деревинних матеріалів різанням визначають чистотою обробки та точністю розмірів і форми. В процесах, де стружка є продуктом (наприклад, лущений та струганий шпон, технологічна щепа та ін.), якісним показником є ступінь порушення в зрізаному продукті початкової міцності деревини [1].

Контроль і оцінка якості обробки поверхні може здійснюватися якісними і кількісними методами. *Якісний* метод оцінки оснований на порівнянні(візуальному) обробленої поверхні та поверхні зразка-еталона шорсткості. Даний метод є недосконалим, оскільки не забезпечує об'єктивності контролю. *Кількісний* метод оцінки якості обробленої поверхні оснований на вимірюванні мікрогеометрії поверхні за допомогою приладів(профілометрів, профілографів, мікроінтерферометрів, подвійних мікроскопів тощо) [2].

Типовим і універсальним приладом для вимірювання шорсткості є мікроскоп МИС-11. Він призначений для лабораторного

© М.О. Білецький, З.С. Сірко, 2013