

. 10. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

УДК 674.093.26

П.А. БЕХТА¹, Р.Г. САЛАБАЙ², І.І. САЛАБАЙ³

ВПЛИВ МЕТОДІВ ВИПРОБОВУВАННЯ ФАНЕРИ НА МЕЖУ ЇЇ МІЦНОСТІ НА СКОЛЮВАННЯ

Визначено чинники (форма та розміри зразків і спосіб їх попереднього оброблення вимочуванням чи кип'ятінням), які характеризують метод випробовування фанери на межу її міцності на сколювання та досліджено їх вплив на цей показник. Дисперсійний аналіз показав, що 11 % вибіркової дисперсії пояснюється залежністю межі міцності фанери на сколювання від форми і розмірів зразка, а 27 і 22 % – від способів попереднього оброблення зразків за різними стандартами (за ГОСТ 9624-93 і за ДСТУ EN 314-1:2003 відповідно). Попереднє ж оброблення зразків кип'ятінням різної тривалості за однакової їх форми не впливає на межу міцності фанери на її сколювання, що також підтверджено дисперсійним аналізом. Отримано рівняння регресії, яке описує математичну функціональну залежність межі міцності фанери на сколювання від методу її випробовування. Розроблено рекомендації щодо розрахунку міцності склеювання фанери залежно від методу випробовування.

Ключові слова: фанера, межа міцності на сколювання, метод випробовування, форма і розміри зразка, спосіб попереднього оброблення зразка.

¹ БЕХТА Павло Антонович – дійсний член Лісівничої академії наук України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України. Україна, м. Львів, 79057. Тел.: (032) 238-44-99, (032) 237-89-05. E-mail: bekhta@ukr.net

² САЛАБАЙ Роман Григорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України. Україна, м. Львів, 79057. Тел.: (032) 238-44-99. E-mail: roman.salabay@ukr.net

³ САЛАБАЙ Ірина Іванівна – асистент кафедри технологій деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу. Національний лісотехнічний університет України. Україна, м. Львів, 79057. Тел.: (032) 238-44-99. E-mail: iryna_salabay@ukr.net

Вступ. Фанеру, порівняно з іншими деревинними композитними матеріалами, такими як стружкові й волокнисті плити, завдяки високим механічним і експлуатаційним властивостям широко застосовують у різних галузях промисловості.

Межа міцності під час сколювання фанери характеризує якість склеювання листів шпону і є одним із основних показників, за яким оцінюють її якість [1-6]. Визначають міцність склеювання в процесі випробовування зразків визначеної форми і розмірів (рис. 1), як відношення руйнівного зусилля до площі сколювання. Міждержавний стандарт ГОСТ 9624-93 встановлює метод визначення межі міцності під час сколювання по клейовому шару і по деревині. Випробовування виконують на сухих або вологих зразках (рис. 1, а) відповідно до вимог стандартів на продукцію конкретних видів [7].

З липня 2004 р. чинний Національний стандарт України (ДСТУ EN 314-1:2003) встановлює методи визначення якості з'єднання фанери за допомогою випробовування на зріз на попередньо оброблених вологих зразках (рис. 1, б). Вибір попереднього оброблення залежить від типу фанери [8].

Отже, за ГОСТ 9624-93 перевіряють міцність на сколювання по клейовому шару, або міцність склеювання шпону, а за ДСТУ EN 314-1:2003 перевіряють тільки міцність склеювання шпону за допомогою випробовування на зріз шарів шпону, які мають поперечний напрямок волокон щодо довжини зразка. Отож, істотна відмінність існує між стандартами щодо попереднього оброблення зразків фанери для випробовування. До того ж, вибір попереднього оброблення за ГОСТ 9624-93 залежить від марки фанери, а за ДСТУ EN 314-1:2003 – від умов експлуатації фанери, які визначають її клас.

Мета дослідження – встановити закономірності впливу методів випробовування фанери на межу її міцності на сколювання і на цій основі порівняти ці методи випробовування за різними стандартами та розробити рекомендації щодо розрахунку міцності склеювання фанери залежно від методу випробовування.

Матеріали та методика. Для виконання досліджень використовували п'ятишарову, шліфовану з двох боків фанеру (ГОСТ 3916.1-96) загального призначення марки ФСФ, завтовшки 6,5 мм, вологістю 9 %, щільністю 700 кг/м³.

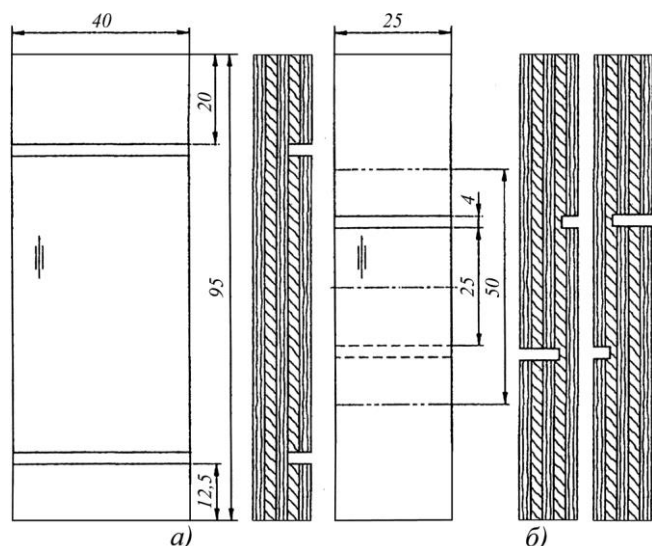


Рис. 1. Форма і розміри (мм) п'ятишарового зразка фанери для випробовувань: а) на сколювання по клейовому шару; б) на зріз ———— – напрямок волокон поверхневих шарів фанери

З урахуванням аналізу апіорної інформації змінними чинниками, що характеризують *метод випробовування* міцності склеювання фанери, прийнято:

- форму і розміри зразків фанери для випробовування:
 - *форма 1* – пропили зразків проводять до клейового шару, найбільш віддаленого від зовнішнього, довжина і ширина зразка становить 95×40 мм (рис. 1, а), (ГОСТ 9624-93);
 - *форма 2* – пропили проводять до середини шару шпону, напрямок волокон – уперек довжини зразка, довжина і ширина зразка – 95×25 мм (рис. 1, б), (ДСТУ EN 314-1:2003, ГОСТ 9624-93);
- спосіб попереднього оброблення зразків фанери для випробовування:
 - *спосіб 1* – вимочування 24 год (витримка у воді за температури 20⁺³°C впродовж 24 год), (ГОСТ 9624-93, ДСТУ EN 314-1:2003);
 - *спосіб 2* – кип'ятіння 1 год (витримка у киплячій воді впродовж 1 год), (ГОСТ 9624-93);
 - *спосіб 3* – кип'ятіння 3 год (витримка у киплячій воді впродовж 3 год), (ГОСТ 9624-93);
 - *спосіб 4* – кип'ятіння 6 год – вимочування 1 год (витримка у киплячій воді впродовж 6 год, потім охолодження у воді за температури 20⁺³°C впродовж 1 год), (ДСТУ EN 314-1:2003);
 - *спосіб 5* – кип'ятіння 4 год – сушіння 18 год – кип'ятіння 4 год – вимочування 1 год (витримка у киплячій воді впродовж 4 год, потім просушування у сушильній камері за температури 60⁺³°C впродовж 18 год, повторна витримка у киплячій воді впродовж 4 год і, нарешті, охолодження у воді за температури 20⁺³°C впродовж 1 год), (ДСТУ EN 314-1:2003);
 - *спосіб 6* – кип'ятіння 72 год – вимочування 1 год (витримка у киплячій воді впродовж 72 год, потім охолодження у воді за температури 20⁺³°C впродовж 1 год), (ДСТУ EN 314-1:2003).

Якщо позначити форму зразка цифрами 1 і 2, відповідно – форма 1 (ГОСТ 9624-93) [7] і форма 2 (ДСТУ EN 314-1:2003, ГОСТ 9624-93) [8, 7], а способи попереднього оброблення зразка літерами В, К, С, відповідно – вимочування, кип'ятіння і сушіння, та зазначивши тривалість оброблення за тим чи іншим способом у годинах (1, 3, 4, 6, 18, 24, 72), то методи випробовування можна позначити так [9]:

- 1 В24 – зразок за формою 1, попереднє оброблення зразка за способом 1;
- 1 К1 – зразок за формою 1, попереднє оброблення зразка за способом 2;
- 1 К3 – зразок за формою 1, попереднє оброблення зразка за способом 3;
- 2 В24 – зразок за формою 2, попереднє оброблення зразка за способом 1;
- 2 К6-В1 – зразок за формою 2, попереднє оброблення зразка за способом 4;
- 2 К4-С18-К4-В1 – зразок за формою 2, попереднє оброблення зразка за способом 5;
- 2 К72-В1 – зразок за формою 2, попереднє оброблення зразка за способом 6.

Методичну сітку експериментів наведено в табл. 1. Номер серії дослідів вказує на *метод випробовування*, який характеризується чинниками форми та розмірів і чинниками способів попереднього оброблення зразків фанери.

Щодо способів попереднього оброблення зразків фанери – за міждержавним стандартом ГОСТ 9624-93 випробовування проводять здебільшого на вологих зразках відповідно до вимог стандартів на продукцію конкретних видів [5, 6] згідно зі способами 1, 2 і 3; за Національним стандартом України ДСТУ EN 314-1:2003 випробовування проводять на попередньо оброблених вологих зразках згідно зі способами 1, 4, 5 і 6; вибір попереднього оброблення залежить від типу фанери [10].

Табл. 1. Методична сітка експериментальних досліджень впливу факторів, що характеризують метод випробовування, на міцність склеювання фанери

№ серії дослідів	Метод випробовування (позначення методу)	Змінні чинники	
		форма і розміри зразків фанери	спосіб попереднього оброблення зразків фанери
1	1 В24	1	1
2	1 К1	1	2
3	1 К3	1	3
4	2 В24	2	1
5	2 К6-В1	2	4
6	2 К4-С18-К4-В1	2	5
7	2 К72-В1	2	6

Процес виготовлення зразків складався з таких етапів: розкрій листа фанери на смужки (послідовним чергуванням) завширшки 40 і 25 мм, торцювання смужок фанери на зразки завдовжки 95 мм, нарізання пропилив відповідно до форми зразка, попереднє оброблення зразків фанери перед випробовуванням. Для випробовування відбирали зразки, які не мали вад деревини.

Зразки фанери для випробовувань межі міцності під час сколювання по клейовому шару вирізали вздовж волокон зовнішнього шару. Пропил зразків здійснювали до клейового шару, найбільш віддаленого від зовнішнього, відповідно до рис. 1, а. Довжина площини сколювання – 12,5 мм, ширина площини сколювання – 40 мм дорівнює ширині зразка для випробовування. На половині зразків пропили нарізували з боку зовнішнього лицевого шару, на іншій – з боку зовнішнього зворотного шару.

Зразки фанери для випробовувань межі міцності на зріз виготовляли відповідно до рис. 1, б. Довжина площини зрізу – 25 мм, ширина площини зрізу – 25 мм, дорівнює ширині зразка для випробовування, ширина пропилу – 4 мм, мінімальна відстань між затискачами в пристрої для випробовування – 50 мм. Кожен зразок для випробовування виготовляли так, щоб напрямок волокон шару, що знаходиться між пропилами і який перевіряють на міцність, проходив упоперек довжини зразка. Пропили виконували так, щоб можна було перевірити кожен поперечний шар (рис. 1, б).

Результати та їхній аналіз. Вплив форми і розмірів зразка на межу міцності фанери на сколювання. Дослідження впливу форми і розмірів зразка на межу міцності фанери на сколювання показало, що у разі випробовування зразків фанери розміром 95×40 мм, на яких пропили виконували до клейового шару, значення межі міцності фанери на сколювання є більшим на 7,4 %, ніж у разі

випробовування зразків розміром 95×25 мм, на яких пропили виконували до середини шару шпону з поперечним напрямком волокон (рис. 2). Випробовування проводили за однакового способу попереднього оброблення зразків фанери: зразки витримували у воді за температури $20^{\pm 3}$ °С впродовж 24 год, після чого випробовували.

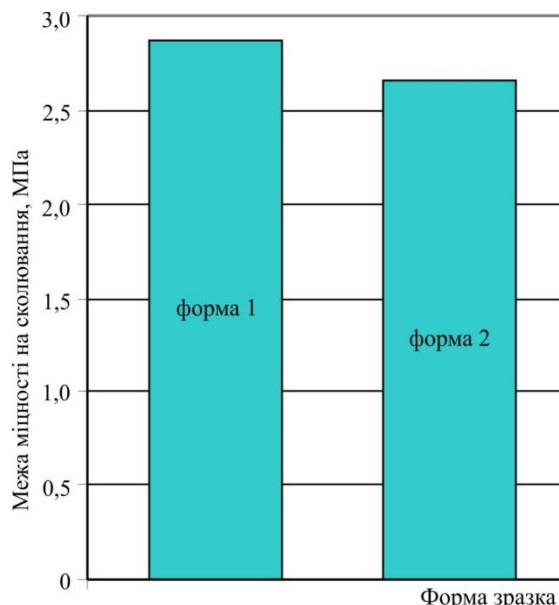


Рис. 2. Межа міцності фанери на сколювання після вимочування впродовж 24 год під час випробовування зразків, різних за формою і розмірами

Хоча площа сколювання зразка за формою 2 (рис. 1, б) – $25 \times 25 = 625 \text{ мм}^2$ – більша, ніж площа сколювання зразка за формою 1 (рис. 1, а) – $40 \times 12,5 = 500 \text{ мм}^2$, значення межі міцності на сколювання більше у разі випробовування зразків за формою 1. Це можна пояснити тим, що адгезійна міцність зчеплення між клеєм і склеюваними листами шпону є більшою, ніж когезійна міцність шпону. У разі випробовування зразків фанери за формою 1 у більшості випадків руйнування склеєного матеріалу відбувалося по деревині шарів шпону, тобто спостерігався когезійний характер руйнування. Міцність у площині шпону характеризується властивостями матеріалу, його когезією – зчепленням молекул речовини між собою в об'ємі тіла (волокон деревини тощо). Міцність у площині клею характеризується міцністю зчеплення клею із склеюваними листами шпону, адгезією клею з ними. Отже, міцність клейового з'єднання є більшою, ніж міцність шпону.

Відмінність між величинами межі міцності на сколювання зразків фанери різної форми незначна і становить 0,21 МПа. Можна було б вважати, що в межах відхилень межа міцності фанери, визначена на стандартних зразках різної форми і розмірів, не відрізняється, але дисперсійний аналіз показав, що межа міцності фанери на сколювання, після вимочування зразків впродовж 24 год, залежить від форми і розмірів зразка (10,8 % вибіркової дисперсії пояснюється залежністю межі міцності фанери на сколювання від форми і розмірів зразка).

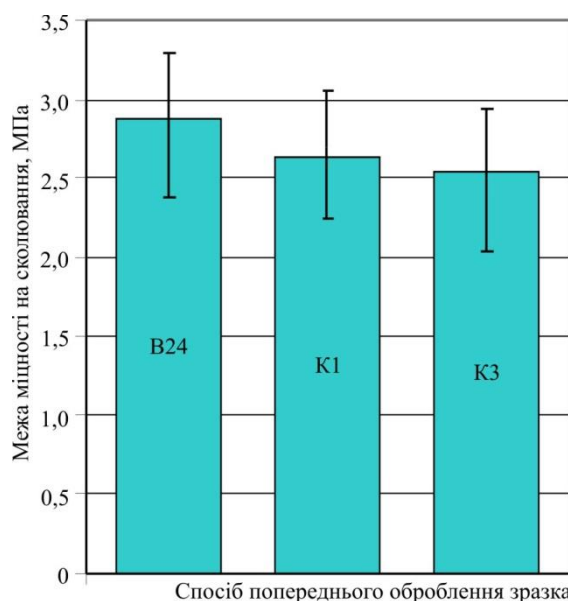


Рис. 3. Межа міцності і відхилення експериментальних значень межі міцності фанери на сколювання під час випробовування зразків за формою 1

У разі випробовування зразків фанери, на яких пропили виконували до клейового шару, спостерігається менше відхилення експериментальних значень (рис. 3), ніж у випадку випробовування зразків, на яких пропили виконували до середини шару шпону з поперечним напрямком волокон (рис. 4). Ймовірно, міцність клейового шару є більш стабільною, ніж міцність шпону. На міцність лущеного шпону істотно впливають тріщини і вади будови деревини: несправжнє ядро, нахил волокон, внутрішня заболонь тощо. Міцність заболонного і ядрового шпону різна. Відрізняється міцність ранньої і пізньої зон річних шарів тощо.

Вплив способу попереднього оброблення зразка на межу міцності фанери на сколювання. Способи попереднього оброблення зразків фанери для випробовування можна поділити на дві групи: вимочування у воді за температури $20^{\pm 3} \text{ }^{\circ}\text{C}$ та кип'ятіння у воді за температури 100°C впродовж певного часу. Винятком є спосіб, за якого зразки витримують у киплячій воді впродовж 4 год, потім просушують за температури $60^{\pm 3} \text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж 18 год і повторно витримують у киплячій воді впродовж 4 год. Вимочування проводять впродовж 24 год; кип'ятіння – впродовж 1, 3, 6 або 72 год.

Способи попереднього оброблення зразків фанери для випробовування кип'ятінням відрізняються способом охолодження зразків після кип'ятіння: зразки витримують $10^{\pm 1}$ хв за кімнатної температури (ГОСТ 9624-93) або витримують у воді за температури $20^{\pm 3} \text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж 1 год. (ДСТУ EN 314-1: 2003). Отже, способи попереднього оброблення зразків кип'ятінням, відповідно до цього, можна поділити на дві підгрупи; до того ж форма і розміри зразка в кожній з підгруп різні (в першій підгрупі – форма 1, у другій – форма 2).

Загалом, спосіб попереднього оброблення зразка впливає на значення межі міцності фанери на її сколювання (рис. 3, 4); але в межах згаданих вище підгруп способів попереднього оброблення зразків кип'ятінням: попереднє оброблення зразка за

способами 2 або 3, а також за способами 4 або 5 чи 6, відповідно, не має істотного впливу на межу міцності. На рис. 3 показано вплив способу попереднього оброблення зразка, виготовленого за формою 1, а на рис. 4 – виготовленого за формою 2, на межу міцності фанери на сколювання.

Під час випробовування зразків за формою 1 найбільше значення межі міцності фанери на сколювання отримано при випробовуванні зразків після вимочування у воді за температури $20^{\pm 3} \text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж 24 год (рис. 3). У разі випробовування зразків фанери після кип'ятіння впродовж 1 год та впродовж 3 год, значення межі міцності фанери на сколювання менше, відповідно, на 8,3 % та 11,6 %, ніж після вимочування у воді впродовж 24 год.

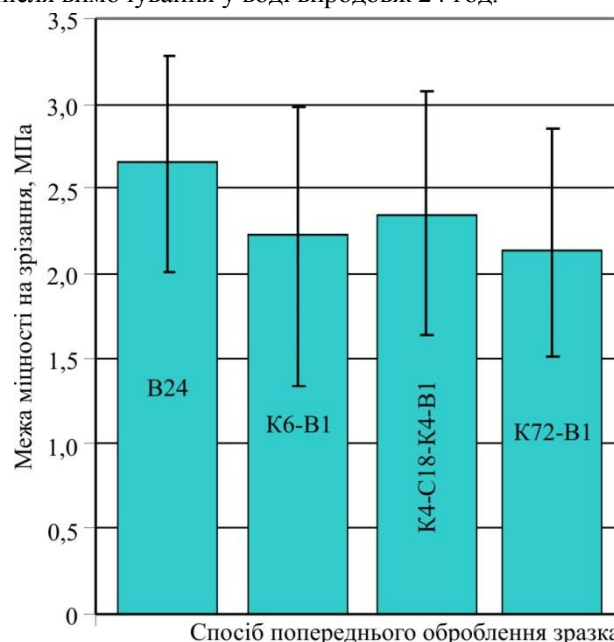


Рис. 4. Межа міцності і відхилення експериментальних значень межі міцності фанери на сколювання під час випробовування зразків за формою 2

Під час випробовування зразків за формою 2 найбільше значення межі міцності фанери на зріз отримано також у разі випробовування зразків після вимочування у воді впродовж 24 год (рис. 4). У разі випробовування зразків після кип'ятіння 4 год – сушіння 18 год – кип'ятіння 4 год – вимочування 1 год значення межі міцності фанери на зріз зменшується на 11,5 %; після кип'ятіння 6 год – вимочування 1 год – зменшується на 16,3 %; після кип'ятіння 72 год – вимочування 1 год – зменшується на 19,3 %. Якщо аналізувати способи попереднього оброблення зразків фанери кип'ятінням, то у разі випробовування зразків фанери після кип'ятіння впродовж 6 год та впродовж 72 год, значення межі міцності фанери на зріз менше, відповідно, на 5,4 % та 8,9 %, ніж після кип'ятіння 4 год – сушіння 18 год – кип'ятіння 4 год.

Можна було б вважати, що в межах відхилень експериментальних значень (рис. 3, 4) межа міцності, визначена на стандартних зразках, попередньо оброблених за різними способами, не відрізняється, але дисперсійний аналіз показав, що межа міцності фанери на сколювання, загалом, залежить від способу попереднього оброблення зразка. При чому, способи (B24, K1, K3) під час випробовування зразків за формою 1 мають дещо більший вплив, ніж способи

(B24, K6-B1, K4-C18-K4-B1, K72-B1) під час випробовування зразків за формою 2 (відповідно 26,9 % і 22,0 % вибіркової дисперсії пояснюється залежністю межі міцності фанери на сколювання від способів попереднього оброблення зразків за різними стандартами).

Виконані дослідження показують, що попереднє оброблення зразків фанери для випробовування вимочуванням чи кип'ятінням впливає на величину межі міцності фанери на її сколювання (рис. 3, 4), а попереднє оброблення зразків кип'ятінням різної тривалості за однакових форм зразка майже не впливає на межу міцності на сколювання.

Під час випробовування зразків, виготовлених як за формою 1, так і за формою 2, межа міцності на сколювання фанери після вимочування дещо більша, ніж після кип'ятіння. Це можна пояснити тим, що кип'ляча вода більше впливає на клейове з'єднання, ніж вода кімнатної температури. Зрозуміло, що вода температурою 100 °С – більш агресивне середовище, ніж вода температурою 20 °С. Триваліше оброблення зразків кип'ятінням майже не змінює значення межі міцності фанери на її сколювання.

Під час випробовування зразків, виготовлених за формою 1, у разі збільшення тривалості попереднього оброблення зразка до 3 год кип'ятіння, межа міцності на сколювання по клейовому шару зменшується на 0,09 МПа, що становить 3,6 %, порівняно з тривалістю попереднього оброблення зразка впродовж 1 год кип'ятіння. Дисперсійний аналіз підтвердив, що межа міцності фанери на сколювання зразка за формою 1 істотно не залежить від способу попереднього оброблення зразка кип'ятінням, тобто від витримки у кип'лячій воді впродовж 1 чи 3 год (4,4 % вибіркової дисперсії пояснюється залежністю межі міцності фанери на сколювання від наведених способів попереднього оброблення зразків).

Під час випробовування зразків, виготовлених за формою 2, у разі збільшення тривалості оброблення зразка до 72 год кип'ятіння, межа міцності на зріз зменшується на 0,08 МПа, що становить 3,6 %, порівняно з тривалістю оброблення зразка впродовж 6 год кип'ятіння, а дисперсійний аналіз показав, що межа міцності фанери на зріз зразка за формою 2 не залежить від способу попереднього оброблення зразка кип'ятінням, тобто від витримки у кип'лячій воді впродовж 6 чи 72 год (тільки 1,6 % вибіркової дисперсії пояснюється залежністю межі міцності фанери на зріз від наведених способів попереднього оброблення зразків).

Під час випробовування зразків за формою 2 за способами: кип'ятіння 6 год – вимочування 1 год – кип'ятіння 4 год – сушіння 18 год – кип'ятіння 4 год – вимочування 1 год, кип'ятіння 72 год – вимочування 1 год, найбільше значення межі міцності фанери на зріз отримано при випробовуванні зразків після кип'ятіння 4 год – сушіння 18 год – кип'ятіння 4 год (див. рис. 4). У разі випробовування зразків після кип'ятіння впродовж 6 год межа міцності на зріз зменшується на 0,13 МПа, а у разі випробовування зразків після кип'ятіння впродовж 72 год – зменшується на 0,21 МПа. Дисперсійний аналіз показав, що межа міцності фанери на зріз істотно не залежить від того, яким з вище наведених способів попередньо обробляти зразок (4,4 % вибіркової

дисперсії пояснюється залежністю межі міцності фанери на зріз від наведених способів попереднього оброблення зразків).

Межа міцності фанери на зріз не залежить від того, чи попередньо обробляти зразок способом кип'ятіння 4 год – сушіння 18 год – кип'ятіння 4 год – вимочування 1 год, чи способом кип'ятіння 6 год – вимочування 1 год (тільки 1,7 % вибіркової дисперсії пояснюється залежністю межі міцності фанери на зріз від наведених способів попереднього оброблення зразків).

Вплив методу випробовування фанери на межу її міцності на сколювання. Метод випробовування характеризується як чинником форми і розмірів зразка, так і чинником способу оброблення зразка фанери.

Хоча межа міцності на сколювання фанери, за попередніми висновками, неістотно залежить від форми зразка і не завжди залежить від способу попереднього оброблення зразка, поставивши у ряд зменшення величини значення межі міцності фанери на сколювання за відповідними методами випробовування, спостерігаємо певне її зменшення (рис. 5).

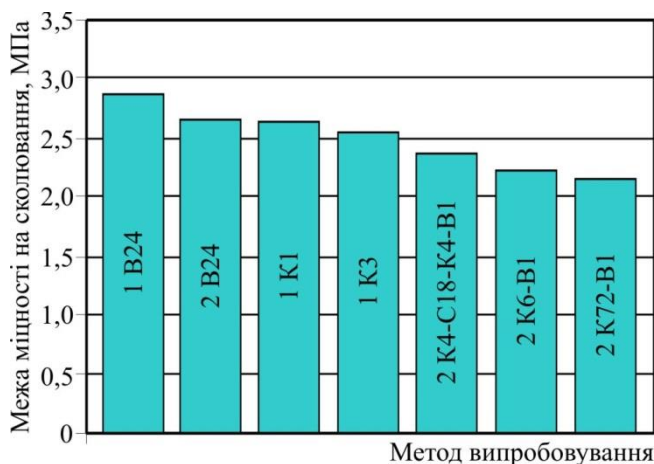


Рис. 5. Межа міцності фанери на сколювання під час випробовування зразків різними методами

Доповнимо позначення методів випробовування фанери на її межу міцності на сколювання цифрами, які вказують розміщення методу (порядковий номер) у ряді зменшення величини значення межі міцності (див. рис. 5): *метод 1-1 B24-1; метод 2-2 B24-2; метод 3-1 K1-3; метод 4-1 K3-4; метод 5-2 K4-C18-K4-B1-5; метод 6-2 K6-B1-6; метод 7-2 K72-B1-7.*

Загалом, *метод випробовування* фанери впливає на межу міцності фанери на її сколювання. Найбільше значення межі міцності фанери на сколювання отримано у разі випробовування зразків методом 1 B24-1 (метод 1), а найменше – під час випробовування зразків методом 2 K72-B1-7 (метод 7). Відмінність між цими значеннями межі міцності фанери на сколювання становить 0,73 МПа. Дисперсійний аналіз засвідчив, що межа міцності фанери на сколювання залежить від методу випробовування (36,1 % вибіркової дисперсії пояснюється залежністю межі міцності фанери на сколювання від методів випробовування).

З рис. 5 бачимо, що вплив методів випробовувань фанери на її межу міцності на сколювання має

лінійний характер. Виконавши апроксимацію експериментальних досліджень, отримали загальний вигляд рівняння апроксимації $y = f(x)$ у вигляді лінійної залежності (рис. 6) [9]:

$$y = -0,1187 \cdot x + 2,9633, \quad (1)$$

де: y – величина значення межі міцності на сколювання фанери, МПа; x – порядковий номер методу випробовування, згідно з наведеною послідовністю впливу на межу міцності фанери на сколювання.

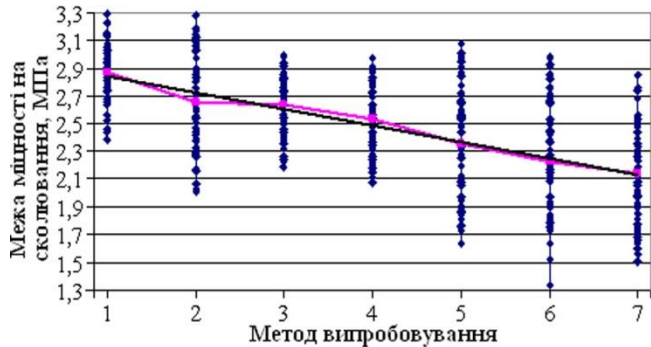


Рис. 6. Вплив методів випробовувань фанери на її межу міцності на сколювання

Згідно зі статистичним аналізом рівняння регресії, перевірка адекватності рівняння експериментальним даним за F-критерієм Фішера засвідчила, що отримане рівняння регресії є адекватним.

Отже, отримане рівняння регресії (1) адекватно описує математичну функціональну залежність межі міцності фанери на сколювання від методу випробовування, який враховує форму і спосіб попереднього оброблення зразка для випробовування.

Виходячи з рівняння регресії (1), можна вивести рівняння, за яким можна обчислити величину значення межі міцності фанери на сколювання за тим чи іншим методом випробовування, дослідивши межу міцності на сколювання за одним із методів.

Позначимо через i – номер методу випробовування, за яким необхідно знайти межу міцності на сколювання фанери (σ_i), а через j – номер методу випробовування, за яким відоме значення межі міцності на сколювання.

Використовуючи рівняння (1), можна записати

$$\sigma_i = -0,1187 \cdot i + 2,9633. \quad (2)$$

З рівняння (2) запишемо

$$\sigma_i + 0,1187 \cdot i = 2,9633. \quad (3)$$

Використовуючи рівняння (1), також можна записати

$$\sigma_j = -0,1187 \cdot j + 2,9633. \quad (4)$$

З рівняння (4) запишемо

$$\sigma_j + 0,1187 \cdot j = 2,9633. \quad (5)$$

Якщо праві частини рівнянь (3) і (5) однакові, то можемо прирівняти ліві частини цих рівнянь і отримаємо

$$\sigma_i + 0,1187 \cdot i = \sigma_j + 0,1187 \cdot j. \quad (6)$$

З рівняння (6) отримуємо

$$\sigma_i = \sigma_j + 0,1187 \cdot j - 0,1187 \cdot i = \sigma_j + 0,1187 \cdot (j - i). \quad (7)$$

Тоді $\sigma_i = \sigma_j + 0,1187 \cdot (j - i)$, МПа (8)

Отже, формулу (8) можна рекомендувати для розрахунку міцності склеювання п'ятишарової, шліфованої з двох боків фанери загального

призначення марки ФСФ, завтовшки 6,5 мм, вологістю 9 %, щільністю 700 кг/м³ залежно від методу випробовування.

Висновки та узагальнення. Встановлено, що форма і розміри зразків фанери впливають на межу її міцності під час сколювання. Досліджено, що спосіб попереднього оброблення зразків вимочуванням чи кип'ятінням, а, відповідно, й метод випробовування фанери, впливають на значення її межі міцності на сколювання. Попереднє ж оброблення зразків кип'ятінням різної тривалості за однакової їх форми не впливає на цей показник.

Отримано рівняння регресії у вигляді лінійної залежності, яке описує математичну функціональну залежність межі міцності фанери на сколювання від методу її випробовування. З урахуванням отриманого рівняння регресії, виведено формулу, за якою можна обчислити величину значення межі міцності на сколювання за тим чи іншим методом випробовування, дослідивши межу міцності на сколювання за одним із методів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бехта П.А. Виробництво фанери : підручник / П.А. Бехта. – К. : Вид-во "Основа", 2003. – 320 с.
2. Куликов В.А. Производство фанеры : учебн. пособ. [для студ. ВУЗов] / В.А. Куликов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1976. – 368 с.
3. Куликов В.А. Технология клееных материалов и плит : учебник [для студ. ВУЗов] / В.А. Куликов, А.Б. Чубов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1984. – 344 с.
4. Справочник по производству фанеры / А.А. Веселов, Л.Г. Галюк, Ю.Г. Доронин и др. / под ред. Н.В. Качалина. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1984. – 432 с.
5. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона листовых пород. Технические условия. ГОСТ 3916.1-96. [Дата введения в Украине 1999-01-01]. – К. : Госстандарт Украины, 1998. – 20 с.
6. Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона хвойных пород. Технические условия. ГОСТ 3916.2-96. [Дата введения в Украине 1999-01-01]. – К. : Госстандарт Украины, 1998. – 19 с.
7. Древесина слоистая клееная. Метод определения предела прочности при скалывании. ГОСТ 9624-93. [Дата введения 1995-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1994. – 10 с.
8. Фанера. Якість з'єднання. Частина 1. Методи випробовування (EN 314-1:1993, IDT) ДСТУ EN 314-1: 2003. [Чинний від 2004-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2004. – IV, 8 с. – (Національний стандарт України).
9. Бехта П.А. Вплив методів випробовувань на межу міцності фанери на сколювання / П.А. Бехта, І.І. Салабай // Конференція науково-педагогічних працівників, наукових співробітників і аспірантів: тези доповідей. – К. : Вид-во НУБіП України, 2010. – С. 170-171.
10. Фанера. Якість з'єднання. Частина 2. Технічні вимоги (EN 314-2:1993, IDT) ДСТУ EN 314-2:2006. [Чинний від 2007-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України. – 2007. – Вип. IV. – 4 с. – (Національний стандарт України).

П.А. Бехта, Р.Г. Салабай, І.І. Салабай

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ИСПЫТАНИЙ ФАНЕРЫ НА ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ ПРИ СКАЛЫВАНИИ

Определены факторы (форма и размеры образцов и способ их предварительной обработки вымачиванием или кипячением), которые характеризуют метод испытания фанеры на предел прочности при скалывании и исследовано их влияние на этот показатель. Из дисперсионного анализа следует, что 11 % выборочной дисперсии значений предела прочности фанеры при скалывании зависит от формы и размеров образца, а 27 % и 22 % – от способов предварительной обработки образцов по разным стандартам (по ГОСТ 9624-93 и по ДСТУ EN 314-1:2003 соответственно). Предварительная обработка образцов кипячением различной продолжительности при одинаковой их форме не влияет на предел прочности фанеры при скалывании, что также подтверждено дисперсионным анализом. Получено уравнение регрессии, которое описывает математическую функциональную зависимость предела прочности фанеры при скалывании от метода испытания. Разработаны рекомендации по расчету прочности склеивания фанеры в зависимости от метода испытания.

Ключевые слова: фанера, предел прочности при скалывании, метод испытания, форма и размеры образца, способ предварительной обработки образца.

P.A. Bekhta, R.G. Salabay, I.I. Salabay

THE INFLUENCE OF TEST METHODS OF PLYWOOD ON ITS SHEAR STRENGTH

Factors, which characterize the shear strength test method of plywood (the shape and the size of specimens and the method of pre-treatment of specimens by soaking or boiling) were determined. The influence of these factors on the shear strength of plywood was studied. Variance analysis shows that 11 % of sample variance is explained by the dependence of the shear strength of plywood on the shape and size of the specimen, and 27 % and 22 % of sample variance is explained by the pre-treatment methods of specimens with different standards (ГОСТ 9624-93 and ДСТУ EN 314-1:2003 respectively). The pre-treatment of specimens by boiling for various duration of the same shape of specimen does not affect the shear strength of plywood, which is also confirmed by analysis of variance. The regression equation, that describes the mathematical functional dependence of the shear strength of plywood versus its test method, was obtained. The recommendations regarding the calculation of bonding strength of plywood depending on its test method were developed.

Keywords: plywood, shear strength, test method, shape and size of specimen, method of specimen pre-treatment.

