

УДК 614.842

Цапко Ю.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Київський науково-дослідний інститут судових
експертиз МЮ України, м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОВЕРХНЕВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОСОЧУВАЛЬНОЇ СУМІШІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДИФІКУВАННЯ ДЕРЕВИНИ

Капітальне будівництво та реконструкція існуючих об'єктів цивільного, промислового та спеціального призначення, пов'язане з використанням різноманитних будівельних матеріалів, у тому числі целюлозовмісних (деревина, фанера тощо), які високочутливі до впливу високої температури, вологості та біологічного пошкодження, тобто здатністю зберігати функціональні властивості в умовах експлуатації. А тому на сьогодні найбільш ефективним методом поліпшення комплексу властивостей целюлозовмісних матеріалів: підвищення біо-і вогнестійкості, гідрофобності, міцності та довговічності, є модифікування її неорганічними та органічними речовинами. Сутність модифікування матеріалів полягає в просочуванні їх водорозчинними засобами з подальшим закріпленням рідкими мономерами або олігомерами.

Для комплексного захисту деревини запропоновано до використання невелику кількість препаратів: сульфат амонію, діамонійфосфат і фтористий натрій (вогнезахисна суміш МС) або буру, карбонат амонію і борну кислоту (вогнезахисні суміші ББ, БС). До складу засобу захисту, який запропоновано в [1], входять продукти гідролізу полісахаридів та поліфосфати амонію. Вибір способу модифікування деревини та захисного засобу проводять з урахуванням конструктивних, технологічних та техніко-економічних вимог, які пред'являються до отриманих матеріалів, та у відповідності до умов експлуатації.

Насичуючі речовини надзвичайно різноманітні за властивостями і характером їх взаємодії з деревиною. Вони можуть проникати в деревину суто механічним шляхом, адсорбуватися її речовиною, вступати з ним в хімічну реакцію. Характер фізико-механічних явищ, які супроводжують просочення, дуже складний, і вони ще не цілком вивчені. Тому процеси просочення деревини можна розглядати як сукупність наступних фізичних явищ: руху рідини в деревині під дією капілярного тиску; руху рідини в деревині під дією надлишкового тиску; дифузійного переміщення молекул або іонів просочуючих речовин в деревині по порожнинах клітин, заповнених водою та повітрям.

Процеси просочення протікають зазвичай в умовах спільної дії всіх вказаних явищ, але відносна ефективність того чи іншого з них може бути різною при різних способах просочення.

У деревині хвойних та листяних порід водопровідну функцію виконують трахеїди, що становлять основну частку її обсягу. Вони являють собою витягнуті, що звужуються на кінцях клітини, розташовані уздовж осі стовбура дерева. Діаметр порожнин трахеїд коливається в ранній зоні річного шару від $3 \cdot 10^{-5}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ м, а в пізній зоні від $1,3 \cdot 10^{-5}$ до $2,5 \cdot 10^{-5}$ м.

Трахеїди сполучуються облямованими порами, що перегорожені мембранами з отворами, діаметр яких оцінюється величиною $(2...6) \cdot 10^{-7}$ м. Облямовані пори розташовані головним чином на кінцевих стінках звуженої частини трахеїд, тому сполучаються між собою переважно ланцюжком, які суміжні в напрямку вздовж стовбура. Тому проникність деревини вздовж волокон значно вище, ніж впоперек.

Відомо, що рівнодіюча молекулярних сил в поверхневому шарі рідини спрямована всередину цієї рідини і її дія аналогічно утворення на межі розділу «рідина-газ» розтягнутій пружній плівки. Сила натягу цієї плівки, віднесена до одиниці довжини, називається коефіцієнтом поверхневого натягу (σ_n). Поверхневий натяг на вигнутій поверхні рідини є причиною появи додаткового (капілярного) тиску. На кордоні дотику рідини з твердим тілом її поверхню утворює (рис. 1) певний

кут θ , званий крайовим кутом або кутом змочування. Цей кут є гострим у змочуючих (а) і тупим (б) - у не змочуючих дане тіло рідин. При зіткненні капіляра досить малого діаметру з рідиною (рис. 1, в) в ній утворюється меніск. Позитивний капілярний тиск меніска (не змочуються рідина) викликає зниження рівня рідини в капілярі, а негативний тиск, званий також капілярним натягом (змочуються рідина), – підвищення цього рівня.

Капілярний тиск в циліндричному капілярі визначається виразом [2]:

$$p_k = 2 \cdot \sigma_n \cos \theta / r, \quad (1)$$

де r - радіус капіляра.

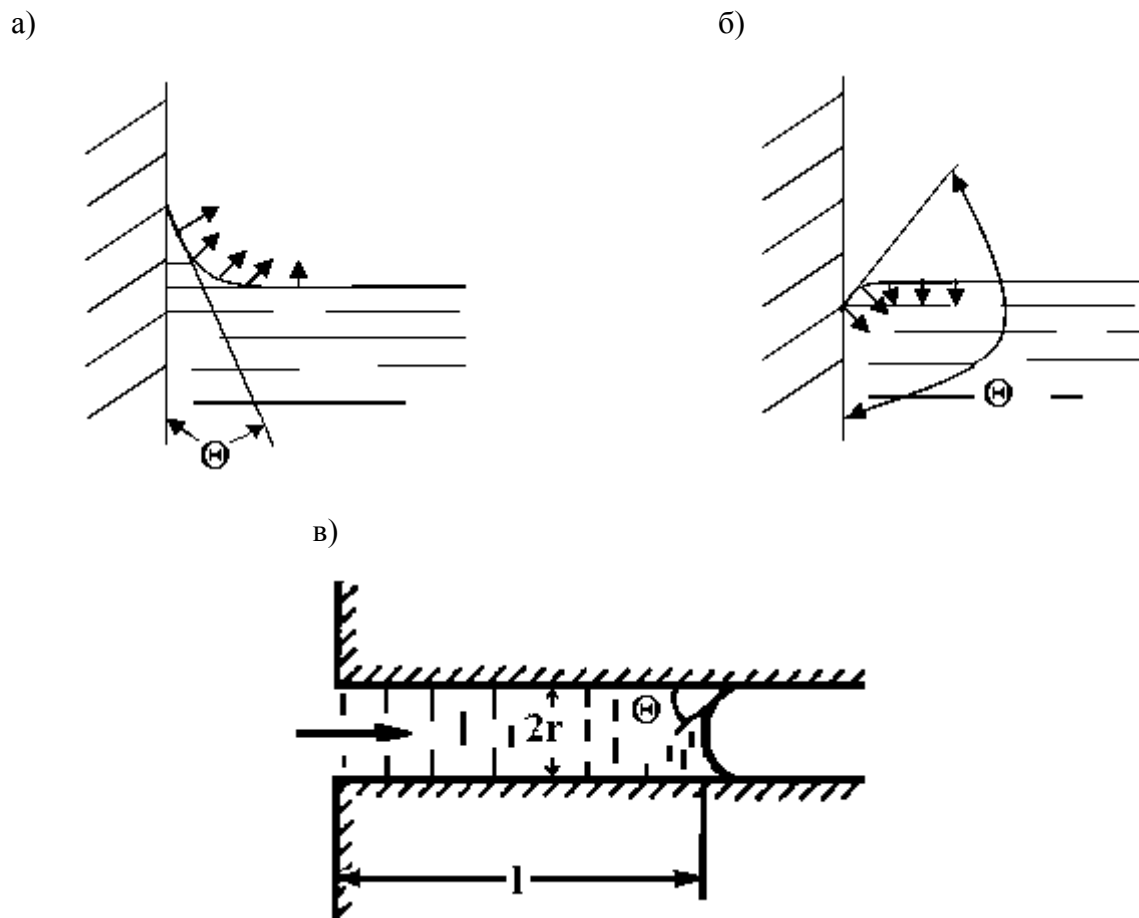


Рисунок 1. Схеми утворення менісків у капілярах деревини

Під дією капілярних сил рідина буде заповнювати порожнини макрокапілярів. Перепад тиску Δp , що викликає рух рідини вгору, обумовлений капілярним тиском p_k , тиском сили тяжіння p_t і тиском, що викликається опором повітря, що витісняється p_v дорівнює:

$$\Delta p = p_k - p_t - p_v \quad (2)$$

Інтенсивність руху рідини по капіляру, що виражається її об'ємною швидкістю $dV/d\tau$, m^3/s , визначається рівнянням Пуазейля [3]:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\pi \cdot r^2}{8 \cdot \mu \cdot l} \Delta p, \quad (3)$$

де r , l - радіус капіляра та його довжина,
 μ - в'язкість рідини.

Основний опір руху рідини в деревині надають мікрокапіляри. У порівнянні з ним опір макрокапілярів і опір повітря, що витісняється рідиною і виходить з протилежного кінця зразка дуже невеликі і ними можна знехтувати. Враховуючи цю обставину і маючи на увазі, що $p_x = \delta_1 \rho g$ з рівнянь (1) – (3) отримуємо:

$$\frac{dV}{d\tau} = \frac{\pi r^2}{8 \mu \delta_2 l} \left(\frac{2 \sigma_n \cos \theta}{r_1} - \delta_1 \rho g \right), \quad (4)$$

де, $\delta_2 = \sum l_2$ - сумарна довжина мікрокапілярів (мембран в порах і перегородок в порожнинах);

$\delta_1 = \sum l_1$ - сумарна довжина макрокапілярів (сосудів та трахеїд);

ρ - густина рідини;

g - прискорення вільного падіння.

Лінійну швидкість руху рідини $d\delta / d\tau$ отримаємо діленням обох частин рівняння (4) на площу макрокапіляра πr_1^2 :

$$\frac{d\delta}{d\tau} = \frac{r_2^2}{8 \mu \delta_2 r_1^2} \left(\frac{2 \sigma_n \cos \theta}{r_1} - \delta_1 \rho g \right) \quad (5)$$

Підйом рідини в капілярі припиняється, коли капілярний тиск стає рівним по абсолютній величині тиску сили тяжіння.

З викладеного можна зробити висновок, що використання чисто капілярного руху рідини в деревині без застосування зовнішнього тиску практично може бути застосовне для просочення рідиною малов'язкими, добре змочувальні деревину, і підігріті, оскільки з підвищенням температури знижується їх в'язкість і підвищується швидкість проникнення в деревину.

У зв'язку з цим проведено дослідження поверхневих властивостей просочувальних складів на основі сульфатів і фосфатів амонію, а саме була виміряна залежність густини, в'язкості від температури, а також поверхневий натяг та крайовий кут змочування на деревині. У якості просочувального розчину використовували водний розчин суміші діамонійфосфату (20 %) і сульфату амонію (10 %) та з додаванням 1 % алкилбензолсульфонату (ПАР).

Визначення густини та в'язкості просочувального розчину проводили у відповідності до ТУ У 3.50-14310945.126-98 [4], отримані результати яких наведено на рис. 2.

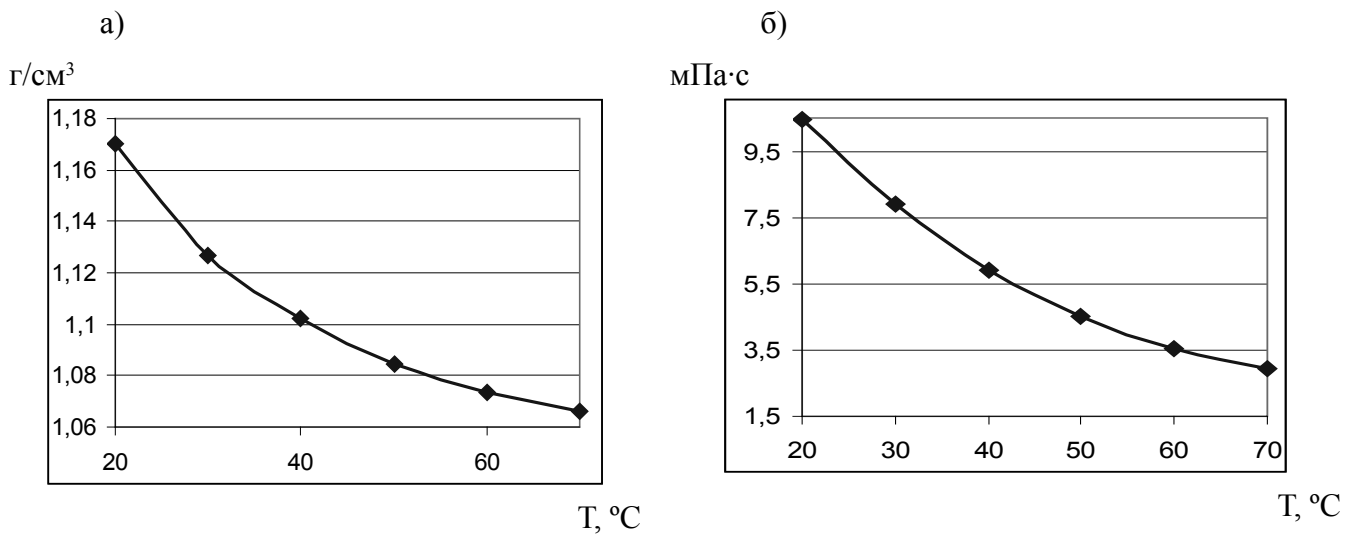


Рисунок 2. Залежність густини (а) та в'язкості (б) водного розчину суміші діамонійфосфату (20 %) і сульфату амонію (10 %) від температури

Як видно з рис. 2 з підвищенням температури густина та в'язкість водного розчину просочувальної суміші знижуються.

Визначення поверхневого натягу просочувального розчину та з додаванням до 2% алкилбензолсульфонату проводили за методом Дю Нуї [5]. Отримані результати приведено на рис. 3.

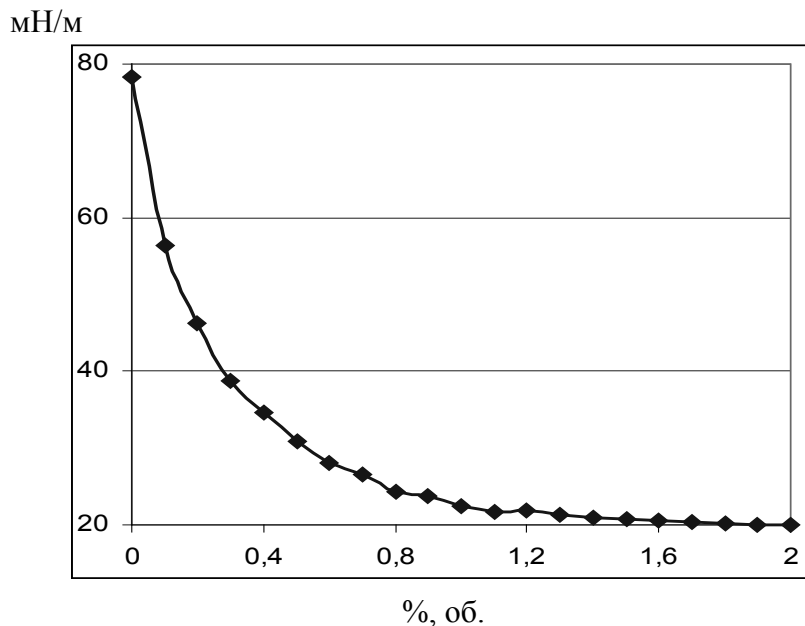


Рисунок 3. Залежність поверхневого натягу просочувального розчину від кількості алкилбензолсульфонату

З рис. 3 встановлено, що додавання алкилбензолсульфонату у межах до 1% суттєво знижує поверхневий натяг просочувальної суміші.

З метою встановлення ефективності ПАВ на межі змочування «рідина-тверде тіло» визначено крайовий кут змочування просочувальної суміші на деревині.

Для проведення випробувань використовували зразки деревини сосни розмірами 150x60x30 мм, предметний столик, горизонтальний мікроскоп МІР-2, піпетка.

Проведення випробування: спочатку був встановлений предметний столик і горизонтальний

мікроскоп строго за рівнем. Далі проходила установка шкали приладу в положення, зручне для відліку, налаштовувалася різкість шкали і горизонтальний мікроскоп так, щоб було видно край зразка. Потім на зразок за допомогою піпетки наносилася крапля просочувального розчину. Після досягнення краплею рівноважного стану були визначені її висота і діаметр за допомогою мікрометра, що має певну ступінь збільшення.

Крайовий кут змочування θ визначався через тангенс кута θ , який розраховувався за формулою:

$$\operatorname{tg} \theta = 4dh / (d^2 - 4h^2), \quad (6)$$

де d , h - діаметр і висота краплі, мм.

Для отримання достовірного результату було вироблено по 8 замірів. Досліди №№1-8 для розчину без ПАВ та №№ 9-16 з додаванням 1 % алкилбензолсульфонату. Потім визначено середнє значення крайового кута змочування.

Після проведених нами вимірювань і розрахунків були отримані наступні результати (табл. 2).

Таблиця 1

Значення крайового кута змочування деревини

| № | d, мм | h, мм | tg θ | θ , ° | № | d, мм | h, мм | tg θ | θ , ° |
|---------|-------|-------|-------------|--------------|----|-------|-------|-------------|--------------|
| 1 | 0,90 | 0,1 | 0,57 | 38 | 9 | 0,6 | 0,1 | 0,42 | 23 |
| 2 | 0,80 | 0,1 | 0,75 | 37 | 10 | 0,7 | 0,1 | 0,51 | 30 |
| 3 | 0,75 | 0,1 | 0,90 | 42 | 11 | 0,6 | 0,1 | 0,66 | 33 |
| 4 | 0,9 | 0,2 | 0,85 | 40 | 12 | 0,7 | 0,1 | 0,66 | 33 |
| 5 | 0,7 | 0,1 | 0,90 | 42 | 13 | 0,8 | 0,1 | 0,54 | 28 |
| 6 | 0,74 | 0,1 | 0,87 | 41 | 14 | 0,7 | 0,1 | 0,51 | 27 |
| 7 | 0,6 | 0,1 | 0,84 | 40 | 15 | 0,8 | 0,1 | 0,56 | 29 |
| 8 | 0,8 | 0,1 | 0,78 | 38 | 16 | 0,6 | 0,1 | 0,53 | 28 |
| Середнє | | | | 40 | | | | | 29 |

За результатами експерименту встановлено, що крайовий кут змочування поверхні деревини при додаванні ПАВ знижується на 40 %.

Розрахунки за рівнянням (5) показують, що швидкість руху рідини по капілярам деревини коливається: вздовж волокон 30...150 мм, поперек волокон 0,2...3,0 мм за добу.

Таким чином, застосування у водних розчинах ПАВ дозволяє підвищити змочувальну здатність та ефективність модифікування деревини сумішами діамонійфосфату (20%) і сульфату амонію (10 %).

ЛІТЕРАТУРА

1. Жартовский В.М. Цапко Ю.В. Профилактика горения целлюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. Київ: УкрНДІПБ МНС України, 2006. 256 с.
2. Лабораторные работы и задачи по коллоидной химии. Под ред. Ю.Г. Фролова и А.С. Гродского. М.: Химия. - 1986. - 216 с.
3. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир. 1979. 568 с.
4. ДСТУ 3789-98 Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань; Введ. 01.01.2000. – К.: Держстандарт України, 1999. – 18 с.
5. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. М.: Мир. 1980. 488 с.