

УДК 624.042.5.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА
ПОЖЕЖНУ НЕБЕЗПЕКУ ДЕРЕВИНИ**

**INVESTIGATION OF FACTORS AFFECTING THE FIRE RISK
OF THE TREE**

**Пасічник Р.В., к.т.н., доцент, Пасічник О.С., к. арх. , доцент,
Матвійчук С.В. студент (Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Pasichnyk R.V. Candidate of technical science, associate professor,
Pasichnyk O.S. Candidate Architecture, associate professor,
Matviychuk S.V. Student (Lutsk national technical university)**

У статті проведено огляд складу та властивостей деревини. Виведено залежність теплофізичних властивостей деревини від породи дерева, об'ємної маси, вологості та температури. Наведено залежність теплопровідності від температури для типових порід деревини. Досліджено основні чинники, які визначають поведінку під час горіння та впливають на швидкість обуглювання. Показано залежність теплопровідності сухої деревини і обугленого шпору від щільності.

The article gives an overview of the composition and properties of wood. Derived the dependence of the thermophysical properties of wood from tree species, volume weight, moisture and temperature. Given the dependence of thermal conductivity on temperature for a typical wood. Investigated the main factors that determine the behavior during combustion and affect the charring rate. The main factors that affect the behavior of wood in terms of growth temperature are the parameters of the fire in the room, limited structural elements, the nature of the exposure of the wooden elements, the presence of cladding, which protects the wood element, properties of wood, required amount of oxygen for combustion. The dependence of the thermal conductivity of dry wood and charred spur density.

Ключові слова: теплофізичні властивості деревини, вогнестійкість, об'ємна маса, вологість, температура.

Keywords: thermophysical properties of wood, fire resistance, volume weight, humidity, temperature

Основними компонентами деревини є целюлоза, лігнін, геміцелюлоза та неорганічні речовини (зола). Вміст целюлози становить приблизно 50% від маси. Деревина м'яких порід містить лігніну від 23...33%, водночас в деревині твердих порід його 16...25%. В деревині у незначних кількостях наявні азот та сірка (0,1...0,2%), елементарний склад сухої деревини такий: 50% вуглецю, 6% водню, 44% кисню .

Щільність сухої деревини коливається в межах від 160 кг/м³ до 1040 кг/м³, але переважна більшість порід має щільність від 320 кг/м³ до 720 кг/м³. Загалом деревина із більшою щільністю обвуглюється повільніше.

Вміст вологості (здатність деревини поглинати вологу) в деревині не є постійною. Вологість свіжозрубаної деревини може досягати 60 ... 100% води (по відношенні до сухої маси), деревина висушена на повітрі, має рівноважну вологість менше за 30%, за 23°C та відносної вологості повітря 50% вміст рівноважної вологості становить 12%.

Вологість деревини, здійснює дуже великий вплив на її теплофізичні та механічні властивості.

Вологість деревини визначається за формулою:

$$W_d = ((m_b - m_c) / m_c) 100\% \quad (1)$$

де: m_b - маса зразка до висушування, кг; m_c - маса зразка після висушування по постійного значення, кг;

Теплофізичні властивості деревини залежать від породи дерева, об'ємної маси, вологості та температури. На рисунку 1 представлена ця залежність.

Теплопровідність, крім того залежить також від напрямку, в якому передається тепло через деревину, а коефіцієнт лінійного теплового розширення різний для деревини вздовж і поперек волокон. Значення коефіцієнта теплопровідності складає всередньому для різних порід $\lambda = 0,17$ Вт/(м К).

Разом з теплопровідністю, теплоємність впливає на розподіл температур в поперечному перерізі дерев'яного елемента. Теплоємність - це кількість теплоти, яка необхідна для збільшення її температури на 1°F. Чим більше маса деревини абсорбує теплової енергії, тим повільніше відбуватиметься її деградація.

Значення теплоємності використовують для розрахунку тепло ізолювальної здатності. Теплоємність залежить між іншими від вмісту вологості та температури деревини і становить за 20% вологості $c = 1800 \text{ Дж/(кгК)}$ [43], а за DIN 4108 (ч. 4) $c = 2100 \text{ Дж/(кгК)}$.

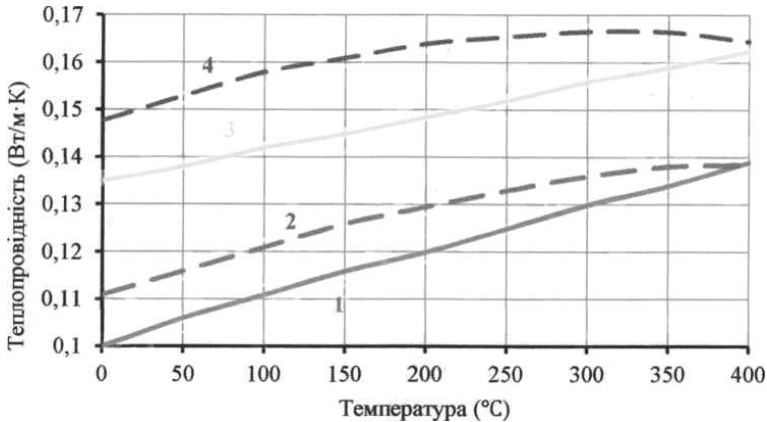


Рис. 1. Залежність теплопровідності від температури для типових порід деревини, де 1,3 - суха деревина (400 кг/м^3); 2,4 - вологість 5% (400 кг/м^3);

Горіння деревини - це складний фізико-хімічний процес, у який входять піроліз (частина незворотного хімічного розкладу, спричиненого винятково зростанням температури), займання, термічна реакція (повторне випромінювання) та утворення деревного вугілля. Основними чинникам, які впливають на поведінку деревини в умовах зростання температури, є параметри пожежі в приміщенні, обмеженому конструктивними елементами, характер експозиції дерев'яних елементів (орієнтація елемента, геометричні характеристики), наявність обшивки, яка захищає дерев'яний елемент, властивостей деревини, наявність необхідної кількості кисню для горіння.

Основні чинники, які визначають поведінку під час горіння та впливають на швидкість обвуглювання, такі:

- вплив рівня нагрівання випромінюванням; швидкість піролізу залежить від рівня накладеного (поглинутого) на поверхню

експонованої деревини випромінювання;

- утворення деревного вугілля; швидкість обвуглювання більша на початку, потім стабілізується, після утворення декількох міліметрів (6 мм) вугілля;

- вміст вологи; наявна вологість затримує утворення дерев'яного вугілля до температури обвуглювання 300°C, поки волога не видалиться;

- порода деревини; властивості деревини (щільність, склад, проникність) значно змінюються, і різні породи деревини по-різному ведуть себе під час горіння;

- розмір зразка; швидкість обвуглювання звичайно має два максимуму - перший при початку утворення деревного вугілля, другий при наближенні поверхні розподілу до неекспонованої поверхні. Тонкі зразки мають тенденцію до вищих рівнів швидкості обвуглювання.

Форма дерев'яного елемента впливає на швидкість, з якою тепло абсорбується поверхнею і, як наслідок, на залишковий переріз незгорілої деревини.

Числові дослідження свідчать про те, що щільність значно впливає на швидкість горіння. Перші роботи Фораєтера показують, що швидкість втрати маси пропорційна до щільності. Гавлей вважає, що нижча щільність сприяє швидшому проникненню теплі і також забезпечує більшу поверхню площі на одиницю ваги. Швидкість обвуглювання за Шаффером та Галлом є обернено пропорційна до щільності. Отже, незважаючи на те, що швидкість втрати маси зростає з щільністю, швидкість утворення деревного вугілля є нижчою.

Шаффер виявив, що нижча щільність зразків призводить до появи широких тріщин. В місцях розташування тріщини в деревному вугіллі і глибина обвуглювання є дещо вищою.

Коли проектування дерев'яних конструкцій ґрунтується на методах, які враховують зниження маси в багатоквартирних дерев'яних рамних конструкціях

MRTFC, рекомендується використовувати деревину зі щільністю не менше ніж 450 кг/м³.

Акіта вимірював розподіл температури в дерев'яних дошках та виявив, що товщина або глибина обвуглювання не залежить від

товщини дошки, яка є більшою за деяке значення. В своїх дослідках він виявив, що зразки товщиною більше за 6,4 мм незначно впливають на швидкість обвуглювання.

Внаслідок низької температуропровідності деревини в результаті вогневого впливу в перерізі елемента виникає значний температурний градієнт, який спричиняє видалення вологи з елемента. Рис. 2 ілюструє зміну температури та вологості, визначених Байтом та Шаффером на зразок сосни експонованих з одного боку в печі за температури 538°C упродовж 20 хв. Питома вага зразків становила 520 кг/м³ при початковій вологості 10%. Згідно з Шаффером, температурний градієнт із зміною вологості нелегко змодельовати в методі скінчених елементів. Хоча втрати вологості за прихованої теплоти пароутворення можна визначити успішно, застосувавши просту одновимірну модель.

Досліди виявили, що збільшення вмісту вологості збільшує затримку внаслідок витрати енергії на перетворення вологи на пару і внаслідок цього знижується швидкість обвуглювання.

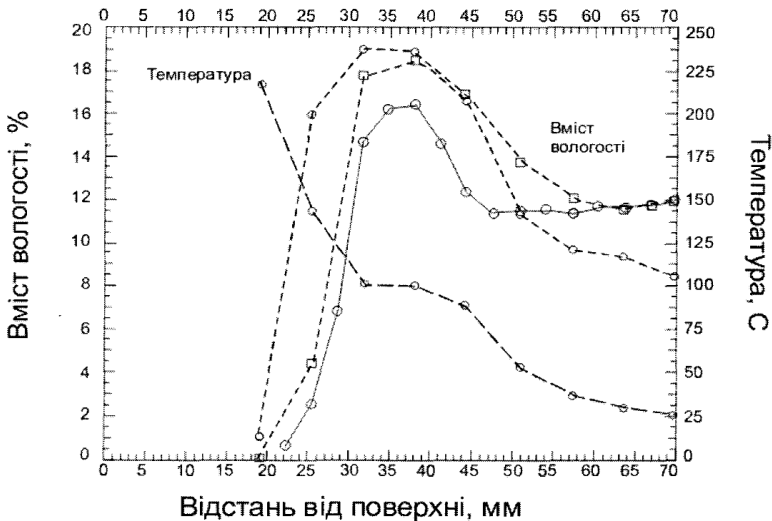


Рис. 2. Розподіл вологості та температури в перерізі дерев'яного елемента при вогневому впливі.

Границю розподілу між обвугленою та не обвугленою деревиною має відносно різкий температурний градієнт. Положення

та розташування фронту обвуглювання звичайно оцінюється температурою границі поділу 300°C. Температуру основи деревного вугілля можна прийняти рівну 288°C.

Відповідно до Брауна мінімальна кількість теплоти, необхідна для займання деревини, становить 0,3 калорії на 1 см² за 1с. (13 кВт/м²) та 0,6 калорії на 1 см² за 1 с. (25 кВт/м²) для спонтанного горіння.

Займання залежить від великої кількості чинників, що характеризують як сам матеріал, так і джерела тепла, наприклад, температура матеріалу є функцією теплового потоку. Для кожного конструктивного вирішення із застосуванням дерев'яних елементів існує мінімальна кількість тепла, здатного зумовити переганання горючих газів і займання деревини. Низька теплопровідність деревини спричиняє погане відведення тепла, у зв'язку з чим її температура швидко зростає в місці підведення тепла і виникає небезпека загоряння.

Займистість деревини залежить від породи, стану поверхні виробу, способу оброблення і вологості деревини. Деревина твердіша і щільніша горить гірше, ніж м'якша і легша, а її горючість знижується із збільшенням відносної вологості. Відомо, що невеликий шматок дерева із шорсткуватою поверхнею і гострими кутами.

Точної температурної межі, за якої починається розклад, встановити не можна, оскільки температура займання деревини (та матеріалів на основі деревини) з фізичного погляду матеріальної константи не має. Займання переважно залежить від тривалості нагрівання. Спонтанне займання малих дерев'яних зразків настає за температури, трохи вищої за > 350°C.

Займання деревини можливе і за значно нижчих температур після достатньо тривалого нагрівання. Досліди показали, що в екстремальних випадках під час тривалого нагрівання займання можливе за температури більше > 120°C.

Температура займання залежить не тільки від вологості та тривалості нагрівання, але і від щільності деревини. Затримка займання зростає з збільшенням щільності.

Високий вміст вологості істотно знижує займистість деревини. Деревина в будівлях, яка містить менш ніж 20% вологості, не має ніякої захисної дії.

Зниження займання вологої деревини пояснюється тим, що її

поверхня повинна отримати додаткову кількість теплоти для випаровування вологи. За даними А.Фоломіна, для нагрівання до температури самозаймання (270°C) 1 кг. Деревини з початковою вологістю 10, 20, 30, 40% необхідно затратити теплоти відповідно в 1,36; 1,73; 2,09; 2,45 рази більше, ніж для абсолютно сухої деревини.

Займання деревини у разі відсутності відкритого джерела вогню може відбутись за нагрівання понад 330°C . Однак це стосується тільки швидкого нагрівання (1...2 хв.). За тривалого нагрівання температура самозапалювання значно знижується; наприклад, спостерігалось самозаймання деревини за 166°C після прогрівання її протягом 20 год. Це явище необхідно врахувати у разі розміщення дерев'яних конструкцій поблизу предметів, що нагріваються, (опалювальних приладів, труб димоходів тощо). Повинні бути забезпечені такі умови ізоляції від нагрівання, щоб стала температура, що діє тривало, не перевищувала 50°C .

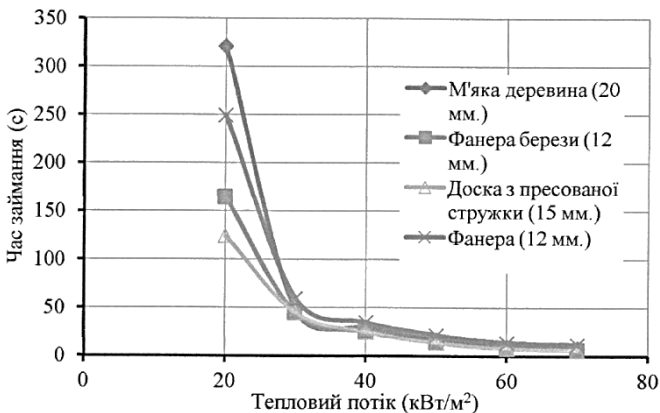


Рис. 3. Залежність часу займання зразків від поверхневого теплового потоку

Теплота згоряння деревини визначається теоретичним розрахунком на основі її хімічного складу або експериментальним методом. На основі експериментальних даних методом конусного калориметра (по ASTM E1354) середнє значення теплоти спалювання деревини з похибкою до 5% складає 13,1 МДж/кг, а в приймається 13,8 МДж/кг.

Теплота спалювання, ΔH_C (МДж/кг), деяких матеріалів, в

особливості деревини, визначається за формулою:

$$\Delta H_C = \Delta H_{cd} (1 - 0,001 m_c) - 0,025 m_c; \quad (2)$$

де: ΔH_{cd} - теплота, яка виділяється при спалюванні сухої деревини, (МДж/кг); m_c — процентний вміст вологи в масі, визначається за формулою (%):

$$m_c = (100 m_d) / (100 + m_d) \quad (3)$$

де: m_d — вміст вологи (%);

При визначенні швидкості тепловиділення найбільш часто приймається нижня межа теплоти згорання. Однак, нижня межа теплоти згорання деревини не є постійною величиною, а змінюється протягом періоду піролізу. Протягом періоду піролізу теплота згорання деревини змінюється в діапазоні від 17 до 20 МДж/кг.

Отже проведено огляд складу та властивостей деревини. Наведено залежність теплопровідності від температури для типових порід деревини. Визначено основні чинники, які визначають поведінку під час горіння та впливають на швидкість обуглювання. Показано залежність теплопровідності сухої деревини і обугленого шпору від щільності.

1. ДСТУ Б В. 1.1-4 "Пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги" - Київ: Держбуд України, 2005 - 15с.

2. ДБН В. 1.1.7-2002 "ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА" - Київ: Держбуд України, 2003 - 33с.

3 Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С. и др. Термогазодинамика пожаров в помещениях. / - М.: Стройиздат, 1988.-448с.

4. Fang J. B., Repeteability of Zarge - Scale room Fire test. - The Technology. -V. 17. -№1.-1981 . - P. 5 - 16.

5. ISO 5657. Fire Tests-reaction to fire-ignitability of building materials.

6. СТО 36554501-006-2006. Привила по обеспечению огнестойкости и огнесохранности железо-бетонных конструкций. -М.:,2006. - 81с.

7 Методы расчета температурного режима пожара в помещениях различного назначения (рекомендации). / Под ред. И.С. Молчадского. - М.: ВНИИПО МВД РФ, 1988. -56с