

КРУГОВА ДІАГРАМА СТАНУ ВОЛОГИ В ДЕРЕВИНІ ТА ІНШИХ ГІГРОСКОПІЧНИХ ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛАХ

Розглянуто можливість створення на основі кругової діаграми багатопланової інформації про стан і взаємодію води з деревиною та іншими гігроскопічними пористими матеріалами. Продemonстровано можливість вибору варіанта такої діаграми, який відповідає складності досліджуваних процесів. Описані діаграми об'єднують інформацію структурної схеми і табличних даних і можна використовувати в навчальному процесі та під час наукових досліджень, як зручна наочна форма ілюстрації складних процесів взаємодії води з основою та взаємних перетворень фаз води в твердому тілі.

Ключові слова: деревина; вільна, зв'язана, адсорбована та мікрокапілярна волога.

Багатогранність взаємодії води з деревиною породжує численні стани, процеси, явища та залежності одних параметрів матеріалу від інших, які описуються набором табличних даних, графіків та рівнянь – лінійних, нелінійних, диференціальних тощо. Представлення інформації у такій формі дає змогу зосередити увагу на окремому аспекті взаємодії і його математичній моделі, але віддаляє від цілісного образу неподільного матеріалу. Для вивчення основ деревинознавства і геології, як і дослідження маловивчених явищ взаємодії гігроскопічних пористих матеріалів з водою, важливо враховувати велике розмаїття і водночас, єдність природи досліджуваних процесів, їх зв'язок між собою і залежність від властивостей матеріалів. Такий підхід сприяє встановленню логічних зв'язків між новою та раніше відомою інформацією, полегшує засвоєння нового матеріалу.

У цьому дослідженні запропоновано схему зображення стану води у гігроскопічних пористих матеріалах, яка відображає особливості і виділяє спільні параметри різних складників матеріалу. Можливість доповнення запропонованої схеми потрібними для конкретного застосування параметрами збагачує інформативність діаграми. Підручники та фахові видання не часто дають приклади образного представлення складних процесів взаємодії води з твердим тілом. Запропонована форма діаграми стимулює образне сприймання паралельності та єдності явищ і процесів у вологих та мокрих матеріалах. Запропонована діаграма поєднує табличне та схематичне подання інформації, одночасно утримує у полі зору структурне положення елементів і важливіші параметри їхнього стану. Нова форма представлення навіть знайомого матеріалу дає змогу переглянути значення раніше відомих фактів, поставити нові питання для дослідження, знайти нові аргументи підтвердження тої чи іншої точки зору, ініціює генерування нових гіпотез і способів їх перевірки.

Вода – це основа життя і найбільш поширена речовина на поверхні нашої планети, яка великою мірою визначає клімат Землі. Вода вражає своєю мінливістю та багатством структурних форм, унікальністю властивостей та чутливістю до умов середовища. З побуту добре відома вода і як рідина, і як лід, сніг або пара. Тільки наука кристалів льоду розрізняє дванадцять форм, у воді вивчається не два, загальновідомі, а шістнадцять фазових переходів. Створення IAPWS (International Association for the Properties of Water and Steam) – міжна-

родної асоціації з вивчення властивостей води й пари, є ще одним підтвердженням важливості та актуальності такого вивчення.

Серед усього різноманіття проявів вода зберігає свої основні властивості, які є підґрунтям для пояснення механізмів її взаємодії з гігроскопічними пористими матеріалами: можливості існування одночасно у трьох агрегатних станах: твердому, рідкому та утвореною над поверхнею льоду чи рідини паром.

Рідка вода або лід перестають випаровуватись коли парціальний тиск пари над їх поверхнею дорівнює певній величині, яку називають тиском насичення. Відносну вологість повітря з тиском пари, рівним тиску насичення, приймають за 100 %. Абсолютна кількість води в такому повітрі залежить від температури: чим вища температура, тим більша кількість пари може знаходитися в повітрі [1]. Якщо відносна вологість повітря менша за 100 %, випаровування води зменшує кількість рідини або льоду і збільшує кількість пари. В закритому об'ємі це спричиняє зростання парціального тиску до тиску насичення і припинення випаровування. У відкритому просторі, коли випаровування води не може підняти відносну вологість середовища, випаровування продовжується до повного перетворення води на пару.

Якщо охолоджувати повітря, насичене паром, то максимальна кількість води, яку може утримувати повітря, зменшиться, а надлишок води перетвориться у рідину або лід. У закритому об'ємі це призводить до зменшення кількості пари і збільшення кількості конденсованої фази. Вода належить до таких речовин, які перетворюються на пару з твердого стану без утворення макроскопічної кількості рідини. Такий процес називається сублімацією, а зворотний – десублімацією. Відмінність взаємних перетворень пари з льодом від перетворень з рідкою водою полягає у іншому температурному діапазоні, і, як наслідок, меншому тиску насиченої пари.

У процесі конденсації пари в рідину чи за десублімації вивільняється теплова енергія і місцева температура підвищується, а випаровування або сублімація споживають теплову енергію і можуть знизити температуру. На практиці частіше трапляються випадки вибору напрямку перетворень за допомогою зовнішнього нагрівання або охолодження, які змінюють значення тиску насичення пари і спричиняють той чи інший процес. Кількість теплоти для зміни фазового стану вільної води у стабільних умовах є величиною сталою. Варто зазначити, що теплота сублімації дорівнює сумі теплоти кристалізації і теплоти випаровування для сталих умов.

Взаємодія рідин та газів з твердими матеріалами призводить до виникнення на поверхні твердого тіла прошарку ущільнених молекул рідини чи газу. У такій взаємодії змінюються властивості усіх речовин. Яскравим прикладом таких змін є залежність параметрів деревини від вологості. Далі розглядатимемо взаємодію води з деревиною, але великою мірою описані явища відбуваються у вологих зернах, продуктах, волокнах, мінералах...

У вологій деревині розрізняють вільну та зв'язану (інакше – гігроскопічну) вологу. Перша міститься у порожнинах клітин та міжклітинному просторі [2]. Вона практично не відрізняється за своїми властивостями від звичайної рідини. Вода цієї форми утримується в деревині фізико-механічними силами ка-

пілярної взаємодії порівняно невисокої інтенсивності і майже не змінює властивості деревини, окрім щільності. Видалення цієї води з деревини потребує енергії, практично рівної теплоті випаровування з поверхні вільної води.

Зв'язана вода у деревині міститься у стінках клітин [2]. Від кількості зв'язаної води в деревині залежать значення основних характеристик цього матеріалу: розміри, міцність, твердість, пружність, пластичність тощо. Зв'язану воду деревина може сприймати з пари, що міститься у повітрі. Такий процес називають сорбцією. У сухому повітрі деревина віддає частину зв'язаної води в середовище, цей процес називають десорбцією. Для кожної пари значень відносної вологості повітря і температури існує рівень рівноважної вологості деревини, який встановлюється в матеріалі внаслідок вологообміну. Це явище вказує на залежність тиску насичення зв'язаної води не тільки від температури, але й від вологості деревини.

У процесі конденсації або десублімації сорбція вивільняє помітну кількість теплової енергії. Цю теплоту називають теплотою сорбції. Теплота сорбції залежить не тільки від температури, як теплота конденсації чи десублімації, але і від вологості деревини і з підвищенням вологості зменшується практично до нуля. Видалення гігроскопічної води з деревини потребує витрат теплової енергії, яка дорівнює сумі теплоти випаровування та теплоти сорбції. Енергія сорбції, за експериментальними даними Стамма [5], з ростом вологості деревини монотонно зменшується, як показано на рис. 1.

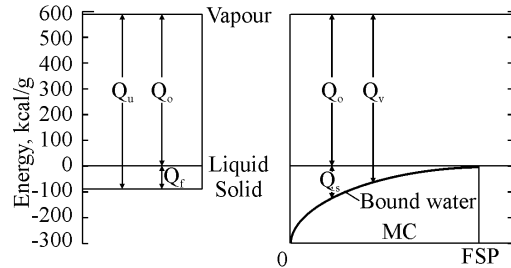


Рис. 1. Відносні рівні енергії (ентальпії) водяної пари, рідкої води, льоду та адсорбованої води в деревині залежно від вмісту води (за Скааром [7]).

На рисунку ентальпія рідкої води прийнята за 0: Q_0 – позначено ентальпію пари; Q_s – льоду; Q_u – енергія сублімації; Q_s – енергія зв'язку адсорбованої води; Q_v – енергія випаровування адсорбованої води

Зв'язана вода, за поширеним уявленням, знаходиться в найдрібніших капілярах з еквівалентним діаметром до 100 нм [3]. і за властивостями розділяється на мікро-капілярну та адсорбовану. Мікрокапілярна волога зберігає властивості рідини, але під дією твердої деревинної речовини на стінках капілярів істотно змінює свої властивості, зокрема щільність та в'язкість, вона не розчиняє солі та інші сполуки. Поверхня розділу між водою та повітрям в капілярі має форму ввігнутого меніска. Тиск насичення пари в капілярі завжди менший, ніж над вільною поверхнею води, і залежить, окрім температури, ще й від діаметра меніска. Можливий такий парціальний тиск пари, за якого вода з вільної поверхні буде випаровуватись, і водночас конденсуватиметься в капілярі. Отже,

якщо в капілярі та над вільною поверхнею води утримується спільний тиск пари, середній між рівноважними для вільної та капілярної вологи, то вільна вода через пару буде заповнювати капіляр до збільшення діаметра меніска, за якого парціальний тиск пари стане насиченим.

Адсорбована волога внаслідок взаємодії з деревиною настільки сильно змінює свої параметри, що її визначають як тверде тіло. Енергія зв'язку адсорбованої вологи з деревиною найбільша і видалення її з матеріалу найважче. Якщо абсолютно суху деревину [4] за сталої температури помістити у повітря, відносна вологість якого поволі зростатиме від нуля до ста відсотків, то завдяки гігроскопічності деревини її вологість почне зростати. Першими порціями вологи буде адсорбована. За відносної вологості повітря 80 % одночасно з адсорбованою в деревині вологою буде міститися помітна кількість мікрокапілярної вологи [5]. Теплота сорбції за сталої температури, яка характеризує силу зв'язку гігроскопічної води з деревиною, з ростом вологості деревини зменшується відповідно до залежності, поданої на рис. 1. За оцінками окремих авторів, нагромадження у деревині вільної вологи можливе у насиченому вологою повітрі [3]. Інші автори поділяють думку, що вільна волога утворюється в деревині тільки внаслідок намочування у воді [7].

Відповідно до наведеної енергетичної діаграми, частина вологи під час адсорбції зменшила свою енергію до рівня, нижчого за рівень енергії у кристалах льоду. Тому навіть за найнижчих температур вона не перетворюється на лід. Б.С. Чудінов оцінює кількість такої вологи у 5 % [3].

Перелічені властивості води в деревині далеко не вичерпані. У наступному переліку згадані основні з властивостей, які визначають різні фази вологи в деревині та інших пористих гігроскопічних матеріалах і більшість з яких буде проілюстровано на діаграмі: 1) вода може перебувати у деревині у трьох агрегатних станах: твердому, рідкому та газоподібному; 2) за ступенем зв'язку з деревиною вода підрозділяється на вільну та зв'язану; 3) вільна вода може знаходитись в деревині у вигляді твердого тіла (льоду), звичайної рідини або пари; 4) вільна вода може змінювати свою фазу; рідина перетворюватись на лід з виділенням теплоти кристалізації, а лід у воду – з поглинанням такої ж кількості теплоти; 5) значення тиску насичення пари вільної води та льоду залежать від температури; 6) зв'язана вода значно відрізняється своїм нижчим енергетичним рівнем від вільної, утворення зв'язаної вологи супроводжується виділенням теплоти сорбції; 7) видалення зв'язаної вологи з деревини потребує більших на величину теплоти сорбції витрат енергії порівняно з вільною; 8) зв'язана вода може перебувати в деревині у фазі твердого тіла – адсорбованої води, або рідини – мікрокапілярної води; 9) значення тиску насичення пари адсорбованої та мікрокапілярної вологи залежать від температури та вологості деревини; 10) теплота сорбції залежить не тільки від температури, але і від вологості деревини; 11) частина зв'язаної вологи (приблизно до 5 % вологості деревини) має теплоту сорбції, що перевищує теплоту кристалізації і ні за якої температури не перетворюється в лід.

Для ілюстрації станів води в деревині (та інших пористих матеріалах) застосуємо модифіковану кругову діаграму, простіший варіант якої подано на

рис. 2. Усю вологу в деревині зображено на ній великим колом. Коло вологи розділено горизонтальною лінією за ознакою сили зв'язку води з деревиною на дві частини: верхню, що зображає вільну вологу, та нижню, що зображає зв'язану вологу. Вертикальна лінія розділяє коло за ознакою агрегатного стану води: зліва від лінії зображені тверді фази, а справа – рідкі.

Отже, коло поділене на чотири рівні сектори. У чорно-білому варіанті зображення секторів відрізняються не кольором, а штрихуванням. На рис. 2 тверді фази (зліва) заштриховано суцільними нахиленими лініями, а рідкі фази (справа) – пунктирними горизонтальними.

Сектори вільної вологи (зверху) – заштриховані рідко, а зв'язаної вологи (знизу) – густо.

Кожен з секторів відповідає одному з чотирьох конденсованих станів води в деревині: вільної твердої – льоду; вільної рідкої – вільної води; зв'язаної твердої – адсорбованої та зв'язаної рідкої – мікро-капілярної. У центрі діаграми суцільним нерозділеним колом відображено газоподібну фазу води в деревині – пару. Велика рухливість молекул пари дає змогу віднести цю фазу до вільного стану води, хоча у вузьких капілярах діаметром близько довжини вільного пробігу рух молекул пари має свої особливості.

Загальновідомі кругові діаграми, в яких кут кожного сектора пропорційний до кількісного параметра відповідної складової. Описані далі діаграми не виключають такої властивості, але для зосередження уваги на інших аспектах діаграм і спрощення їх форми надалі усі сектори будуть подані однаковими за шириною. За потреби графічно зобразити кількісні параметри вологи лінії розділу фаз можна повернути на відповідний кут, або скористатися іншим способом, і, не змінюючи ліній розділу, встановити кожній зоні свій радіус, пропорційний до кількості відповідної фази.

На діаграмі кожна з зображених твердих та рідких фаз води має лінію контакту з зоною пари. Особливе положення останньої відображає той факт, що кожна з конденсованих фаз води може перетворюватись на пару, має своє значення тиску насичення пари і "прагне" до її встановлення. Тиск пари у замкненому об'ємі деревини визначається взаємодією пари з кожною з форм води і, в усталеному режимі, є спільним для усіх форм вологи.

Діаграма показує, що до встановлення рівноваги в ізолюваному зразку деревини, одночасно на поверхнях розділу пари з іншими фазами конденсованої вологи можуть відбуватися кілька різних процесів. Одні процеси можуть збільшувати тиск пари, а інші – зменшувати. Як наслідок, кількість вологи різних фаз може змінюватись за сталої величини загальної вологи у деревині. У такому випадку пара виконує роль посередника у перетвореннях одних форм вологи в інші. Якщо утворення і конденсація чи десублімація пари відбуваються у різних точках зразка, між якими волога пересувається у формі пари, то па-

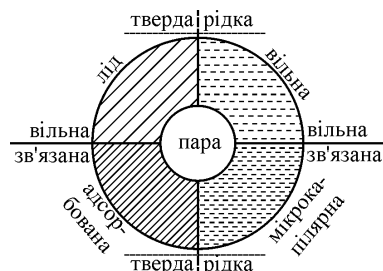


Рис. 2. Кругова діаграма станів води в деревині

ра виконує ще й транспортну функцію масоперенесення. У такому випадку одночасно відбувається і перенесення енергії, адже на місці утворення пари теплота споживається, а на місці конденсації – вивільнюється. Це явище сприяє перенесенню теплової енергії та вирівнюванню температури в зразку деревини.

Температуру, за якої створений тиск пари стає насиченим для плоскої поверхні рідини, називають точкою роси. За найменшого подальшого зменшення температури нижче точки роси відбувається конденсація чи десублімація зі зміною фазового стану. Місце утворення пари віддає надлишок своєї теплоти, його температура знижується і пароутворення на цьому місці зменшується. За температури точки роси у цій точці тиск пари стає насиченим і випаровування припиняється. З іншого боку, нагрівання місця конденсації до температури точки роси зупиняє конденсацію чи десублімацію в цьому місці. Продовження процесу можливе за рахунок зміни локалізації точок випаровування та конденсації, перенесення описаних процесів у точки, де ще зберігається різниця температур, і так до повного вирівнювання температур у зразку. Звичайно передача теплової енергії має також і інші механізми, але випаровування та конденсація пари відзначається серед них своєю ефективністю.

Чутливість процесів випаровування та конденсації до температури і тиску пари просто вражає.

На рис. 3, для прикладу, показана фотографія банки з гарячою рідиною, що стоїть збоку на відстані 40 см від газового пальника з невеликим полум'ям. Гаряча рідина у банці нагріла стінки посудини та створила насичений тиск пари в середині. Стінки банки охолоджуються зовнішнім середовищем до температури, нижчої за точку роси, і тому верхня частина банки вкрита з середини краплями конденсату. Але з боку пальника скло все ж таки трохи підігрівається випромінюванням слабенького полум'я і конденсації на ньому не відбувається.



Рис. 3. Чутливість конденсації до температури

Різниця температур діаметрально протилежних точок банки за показами електронного термометра у момент фотографування не перебільшує 1,8 °C.

Кількість енергії теплового випромінювання, що припадає на одиницю поверхні скла пропорційна до косинуса кута нахилу скла до теплових променів і обернено пропорційна до квадрату відстані до пальника. Інші способи теплопередачі за такого розташування предметів неістотні. Як видно з рис. 3, границя зони конденсації має чіткі межі, різницю температур на ній важко виміряти хоча б через розміри чутливого термоелемента і теплоізоляції. Очевидно, що в де-

ревині та інших пористих матеріалах вода так само критично реагує на перепади температур і тиску пари.

Наведена кругова діаграма має якісний характер. Для збільшення інформативності її можливо доповнити експериментальними та довідковими параметрами. На рис. 4 показано діаграму з двома додатковими кільцями, в які занесені значення параметрів води у різних станах. У розглянутих вище процесах велике значення надавали енергетичним показникам стану вологи в деревині, тому на внутрішньому кільці на границі зон конденсованих фаз вологи та пари нанесені значення енергії випаровування. Значення параметрів взято з літературних джерел [3, 6, 8, 9] і енергії виражені в кДж/кг. Числові значення цих параметрів залежать від умов вимірювань і тому у різних авторів трохи відрізняються.

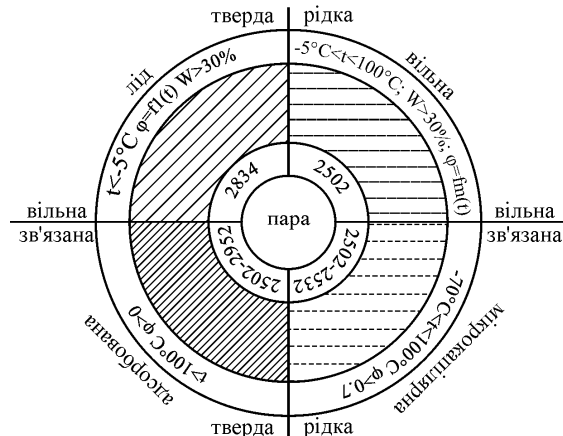


Рис. 4. Кругова діаграма станів води в деревині з параметрами енергії (кДж/кг) переходу між фазами та умов існування кожної фази (t – температура в $^{\circ}\text{C}$, ϕ – відносна вологість повітря, W – вологість деревини)

Енергія кристалізації рідкої води за наведеною діаграмою визначається як різниця енергій переходу вільної води в пару та пари в лід. Так само можна визначити енергії прямого переходу кожної конденсованої фази води в іншу. Кругова діаграма засвідчує неоднакову вивченість взаємних переходів фаз води в деревині. Отже, кругову діаграму можна доповнити табличними даними, потрібними для конкретного дослідження. Ці дані можна розташувати в кілька ярусів. Для прикладу, на рис. 4 у зовнішньому кільці вказано умови існування станів води. Звернемо увагу, що температура замерзання вільної води в деревині значно нижче нуля, а мікрокапілярна волога існує в деревині за високої вологості повітря, як і в чистому льоді, за дуже низьких температур.

За необхідності докладного розгляду процесів взаємодії вологи з деревиною можливе збільшення кількості зон кругової діаграми. Для прикладу, на рис. 5 зображено стани води у зразку з нерівномірною температурою. Ця діаграма містить вісім зон конденсованих станів вологи і одну нерозділену зону пари, яку, за потреби, можна також розділити. Для зручності зображення рушійних механізмів переміщення рідкої вологи внаслідок температурної зміни

поверхневого натягу зони розташовано дзеркально до лінії розділу температур. За потреби в кільце параметрів можуть бути внесені значення, що характеризують енергію або силу поверхневого натягу з врахуванням температури. Для таких складних діаграм стає доцільним використання кольорів.



Рис. 5. Кругова діаграма стану води у зразку з нерівномірною температурою

Запропонована діаграма допомагає проаналізувати процеси взаємодії вологи та деревини. Розглянемо цей аспект на прикладі одного з поширених пояснень температурного механізму пересування вільної вологи від холодної середини зразка до нагрітої поверхні, за яким, внаслідок висихання капіляри деревини в поверхневих шарах зменшуються і силами поверхневого натягу вільна волога висмоктується з капілярів внутрішніх шарів до поверхневих. Це пояснення не відображає таких явищ: 1) поверхневий натяг води з ростом температури зменшується (значення можна нанести на діаграму), що має спричинювати рух вологи з нагрітої ділянки у холодну; 2) розміри капілярів можуть зменшитися тільки за відсутності вільної вологи на ділянці (зони верхньої правої чверті діаграми відсутні – це означає, що у підсохлих поверхневих шарах деревини немає меніска вільної вологи, який може створювати від'ємний тиск, тому різниці тисків вільної вологи у холодній та нагрітій частинах не існує); 3) внаслідок вологообміну вільна волога у поверхневих шарах не з'являється, а значить і не пересувається туди у цій фазі.

На круговій діаграмі рис. 5, що зображає поверхневі шари деревини, після видалення вільної вологи, зображеної верхньою правою чвертю, лишаються тільки зони зв'язаної вологи та пари, і тільки вони можуть брати участь в обміні вологи. А рух вологи у такому випадку має включати перетворення вільної вологи внутрішніх шарів у інші фази і переміщення її до зовнішніх шарів.

У кожному дослідженні визначають свій набір основних параметрів. До них можуть належати фізичні параметри, окрім згаданих, – щільність, теплоємність, температуропровідність, в'язкість, пружність тощо, і динамічні, що характеризують рухливість чи швидкодію, структурні та інші. Значення обраних параметрів, занесені у діаграму, пристосовують її до різноманітних варіантів використання.

Кругові діаграми станів вологи в пористих матеріалах є зручною образною формою ілюстрації складних процесів взаємодії води з основою і перетворень форм вологи, що об'єднує інформацію структурної схеми і табличних даних. Запропоновану форму може бути використано як у навчальному процесі, так і в наукових дослідженнях для полегшення сприймання нового матеріалу.

Література

1. Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины / П.С. Серговский. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1975. – С. 400.
2. ГОСТ 23431-79. Древесина. Строение и физико-механические свойства. Термины и определения. (СТ СЭВ 2020-79, СТ СЭВ 4185-83).
3. Чудинов Б.С. Вода в клеточной стенке древесины / Б.С. Чудинов, М.Д. Андреев // Препринт ИЛИД АН СССР. – Красноярск. 1978. – 45 с.
4. ГОСТ 16483.7-71. "Древесина. Методы определения влажности".
5. Кречетов И.В. Сушка древесины / И.В. Кречетов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1977. – 368 с.
6. Berit Time, Hygroscopic moisture transport in wood. A thesis presented for the degree of Doktor Ingenior of the Norwegian University of Science and Technology, Department of Building and Construction Engineering, February, 1998. – 184 p.
7. Вінтонів І.С. Деревинаознавство : навч. посібн. / І.С. Вінтонів, І.М. Сопушинський, А. Тайшінгер. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – Львів : Априорі, 2007. – 312 с.
8. Озарків І.М. Діагностика властивостей деревини в технологічних процесах деревообробки : наукове видання / І.М. Озарків, С.В. Басалига, Я.Ф. Кулешник, І.А. Соколовський, М.С. Кобринович. – Львів : Вид. дім "Панорама", 2003. – 228 с.
9. Озарків І.М. Теплові процеси деревообробки : навч. посібн. / І.М. Озарків, П.В. Білей, В.М. Максимів, І.А. Соколовський, Л.Я. Сорока, Й.Л. Ацбергер. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2008. – 264 с.

Борисов В.М., Кенс И.Р. Круговая диаграмма состояния влаги в древесине и других гигроскопических пористых материалах

Рассмотрены возможности создание на основании круговой диаграммы многоплановой информации о состоянии и взаимодействие влаги с древесиной и другими гигроскопичными пористыми материалами. Продемонстрирована возможность выбора варианта такой диаграммы, который отвечает сложности рассматриваемых процессов. Описанные диаграммы объединяют информацию структурной схемы и табличных данных и могут использоваться в учебном процессе и при научных исследованиях, как удобная наглядная форма иллюстрации сложных процессов взаимодействия воды с основанием и взаимных превращений фаз влаги в твердом теле.

Ключевые слова: древесина; свободная, связанная, адсорбированная и микрокапиллярная влага.

Borisov V.M., Kens I.R. Circular diagram of moisture in wood and other hygroscopic porous materials

This article shows the possibilities of concentrating multifaceted information, which presented in figurative form of circular diagram, about the state and the interaction moisture and wood or other hygroscopic porous materials. Authors demonstrated ability to select options of such diagrams that correspond to the complexity of the processes under consideration. Described the diagrams can combine information block diagrams and the table data and can be used in educational process and in scientific research, like a convenient form of visual illustrations of complex processes of interaction of water with the basis and mutual transformations the phases of moisture in solids.

Keywords: wood; free, bound, adsorbed and micro-capillary moisture.

УДК 624.(011.1+078.4)

Ст. викл. Г.П. Шевчук, канд. техн. наук –
НЛТУ України, м. Львів

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ СУЧАСНИХ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДИНКІВ

Розглянуто рішення про відмову від традиційних кінцевих кутових врубок із відкритими торцями та застосування ручних буронабивних палів, армованих деревиною, що спростило будівництво на крутих схилах. Відмова від врубок впівдерева дає змогу виконувати улаштування вінців усіх стін на одному рівні, що значно спрощує ущільнення стиків між вінцями від усихання деревини та підвищує стійкість будинків від сейсмічних впливів.

Ключові слова: деревина, брус, врубка, буронабивна паля, ущільнення, усихання, стійкість.

Постановка проблеми. Деревина є достатньо доступним, поширеним і поновлюваним ресурсом, який є найбільш екологічно чистою сировиною, а тому дерев'яні будинки як колись, так і тепер мають великий попит. За багато століть використання деревини для будівництва житлових будівель з'явилися нові технології та механізми для оброблення деревини, але основні вузли врубок та відкритих торців залишилися незмінними, хоча вони є основними вадами з'єднання вінців, джерелами загнивання та пошкодження деревини комахами та іншими шкідниками, а також псують вигляд будинків почорнілими потрісканими торцями вже після 5-8 років експлуатації.

Запропоновані рішення істотно зменшують трудомісткість зведення будинку, економлять деревини та загальну вартість мінімум 5-10 %. Для цього використаємо дані зrealізованих проектів (рис. 1-5) та навантаження на відм. – 2,0 м у таблиці. Тип фундаментів, ширина підшви, глибина закладення залежать від ґрунтових умов, рівня підземних вод та величини навантаження на рівні низу підшви. Навантаження на рівні низу підшви в дерев'яних будинках досить незначні, але це не означає, що до вибору типу та підбору глибини закладення несних підшв потрібно ставитися легковажно через властивість більшості ґрунтів до морозного здимання, тобто набрякання ґрунтів під підшовою фундаментів внаслідок недостатнього заглиблення цієї підшви вище глибини промерзання у цій місцевості.

Ситуація ускладнюється під час спорудження будинку на схилістій ділянці, де зазвичай з'являються насипані слабкі ґрунти, що вимагатиме збільшення глибини траншей, а це, своєю чергою, потребує збільшення ширини траншей, що веде до збільшення витрат на улаштування підземних стін із бетону або кам'яного мурування. У такому випадку більш доцільно застосовувати буронабивні палі Ø 200 мм із розширеною підшовою ø 450 мм, які висвердлюються вручну на потрібну глибину 3-5 м, заповнюються дрібнозернистим бетоном, у який вставляється дерев'яний загострений кіл Ø 60-100 мм на глибину до початку розширення. Таке армування деревиною разом із корою, без ошкурення, виконується із сосни та інших хвойних порід не тільки для ущільнення бетонної суміші та вдавлювання бетону в ґрунт свердловини, але і для часткового сприйняття, зсуваючи сил схилу. Природна кора на деревині відіграє роль амортизатора від розриву тіла оболонки бетону внаслідок набрякання самої деревини цього вбитого в бетон кола.