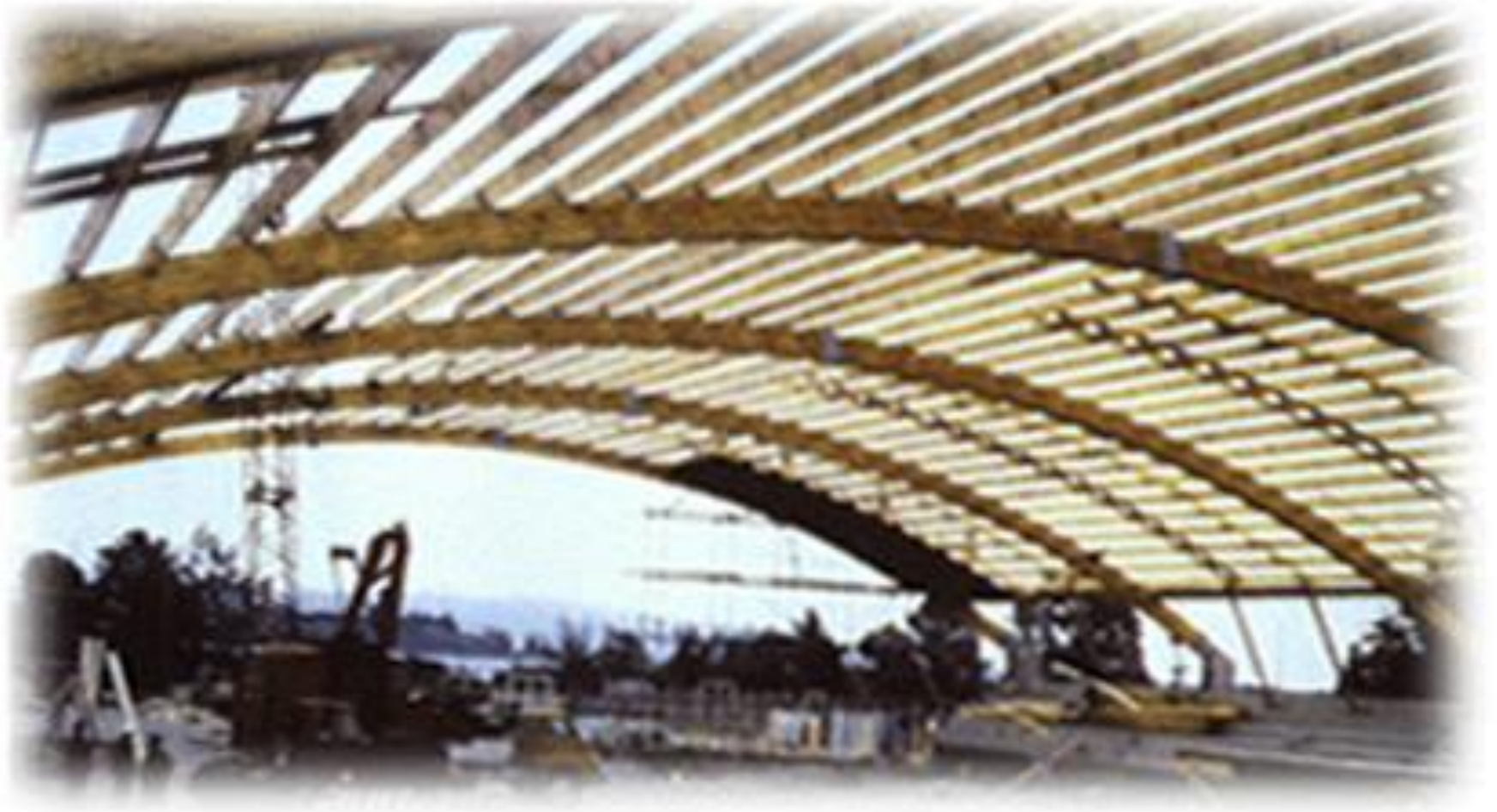


Конструкції із дерева і пластмас



Лекції старшого викладача Гребенюк О.В.

1.1. Загальні відомості

Деревина — цінний конструкційний будівельний матеріал, запаси якого можуть поновлюватися після його раціональних заготівель. Заготовлений ліс у виді відрізків стовбурів стандартної довжини доставляється на деревообробні підприємства. Там з нього виготовляють пиломатеріали, фанеру, деревні плити, дерев'яні конструкції і будівельні деталі. Найбільш економічно доцільно постачати будівництво пиломатеріалами, готовими виробами і конструкціями, а не круглим лісом.

Хвойну деревину (сосна, ялина, модрина) використовують для виготовлення основних елементів дерев'яних конструкцій і будівельних деталей. Прямі високі стовбури хвойних дерев з невеликою кількістю сучків невеликої величини дозволяють одержувати прямошаруваті пиломатеріали з обмеженою кількістю вад. Також хвойна деревина містить смоли, завдяки чому вона більш стійка зволоженню і загниванню, ніж листяна

Деревина твердих листяних порід (дуб, бук, граб, акація) має підвищену міцність і стійкість проти загнивання. Однак через більшу дефіцитність і вартість її використовують у будівельних конструкціях тільки для дрібнорозмірних елементів з'єднань. Березова деревина відноситься теж до твердих листяних порід. Її використовують головним чином для виготовлення будівельної фанери. Деревина м'яких листяних порід (осика, тополя, вільха, липа) має знижену міцність і стійкість проти загнивання і використовується для виготовлення малонавантажених елементів тимчасових будівель і споруд.

1.2. Будова деревини

Деревина має трубчасту шарувато-волокнисту будову. Основу деревини складають деревні волокна, розташовані уздовж стовбура. Деревні волокна розташовуються концентричними шарами навколо осі стовбура, які називаються *річними шарами*. Кожен річний шар складається з двох частин: м'якої *ранньої (весняно-літньої)* деревини з більш тонкими стінками і широкими порожнинами кліток та більш твердої *пізньої (осінньої)* деревини, клітки якої мають більш товсті стінки і вузькі порожнини. Середня частина стовбурів має більш темний колір і називається *ядром*. Навколо ядра розташована - *заболонь*. Крім цих основних частин у деревині є горизонтальні серцевинні промені, м'яка серцевина, сучки і зовні вона покрита корою.

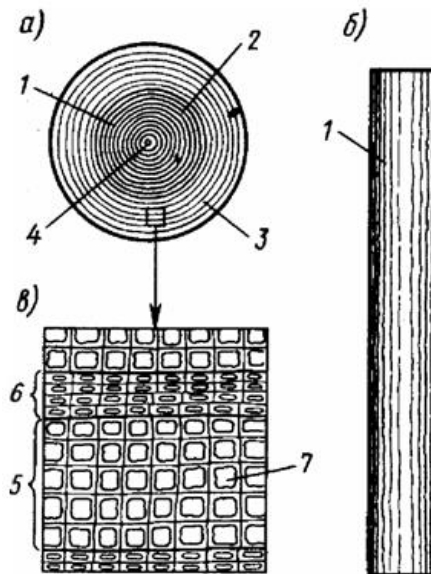


Рис. 1.1. Будова деревини:

а — поперечний переріз стовбура; *б* — пластина дошки; *в* — мікроструктура; 1— волокна деревини; 2 — ядро; 3 — заболонь; 4 — серцевина; 5 — ранні річні шари; 6 — пізні річні шари; 7 — клітки – трахеїди.

1.3. Сортамент лісоматеріалів

Лісоматеріали поділяються на круглі і пиляні (рис. 1.2).

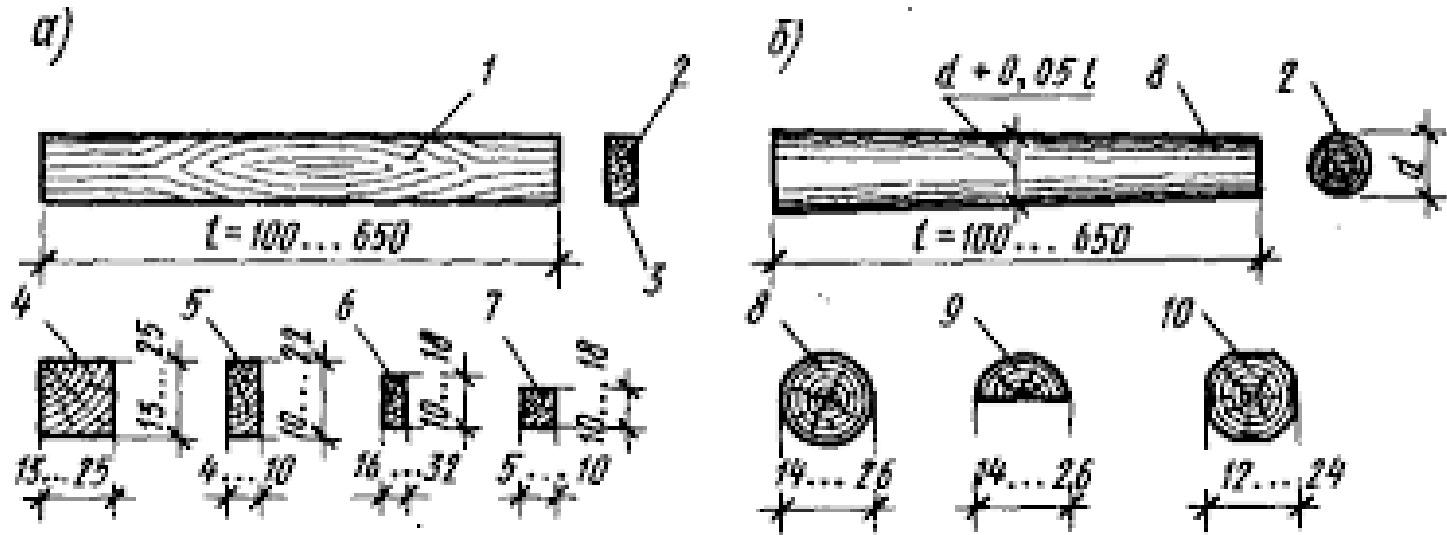


Рис. 1.2. Лісоматеріали: а – пиляні; б – круглі; 1 – пласть; 2 – торець; 3 – кромка; 4 – брус; 5 – товста дошка; 6 – тонка дошка; 7 – брусок; 8 – колода; 9 – пластина; 10 – колода окантована.

Круглі лісоматеріали — колоди — це частини стовбурів дерев з обпиляними кінцями — торцями, очищені від сучків та кори.. Колоди мають конічну форму. Зменшення їхнього діаметру по довжині називається збігом. Сортамент колод визначається діаметром їх тонкого торця d . Малі колоди $d < 13$ см називають також *підтоварником* і застосовують їх для тимчасових споруд. Круглі лісоматеріали використовують в основному при будівельному виготовленні дерев'яних конструкцій.

Пиляні лісоматеріали — пиломатеріали — одержують у результаті подовжнього розпилювання колод на лісопильних рамах чи круглопильних верстатах. Вони мають прямокутний чи квадратний переріз. Більш широкі сторони пиломатеріалів називають *пластями*, а вужчі — *ребрами*. Пиломатеріали з поверхнями, обпиляними по всій довжині, називають *обрізними*, якщо частина поверхні не обпиляна - *обзольним*, якщо не обпиляні дві поверхні - *необрізним*.

1.4. Якість лісоматеріалів

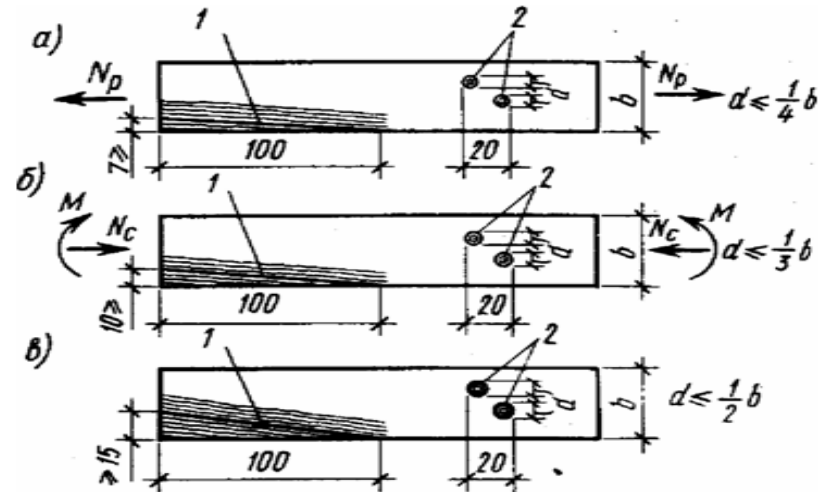


Рис.1.3. Сорти пиломатеріалів по якості деревини : а,б,в – 1,2, і 3-й сорт; 1– сучки; 2– нахил волокон.

Якість конструкційних лісоматеріалів визначається сортами (1, 2 і 3). Вимоги до деревини кожного сорту містяться в ДСТУ.

Основними факторами, що визначають сорт і відповідно міцність деревини, є величина і розташування сучків і нахилу волокон в елементі.

Деревина 1 сорту використовується в найбільш відповідальних напружених розтягнутих елементах. Це окремі розтягнуті стрижні і дошки розтягнутих зон клеєних балок висотою перетину більше 50 см.

Нахил волокон $\leq 7\%$. Сумарний діаметр сучків на довжині 20 см $d \leq 1 / 4b$.

Деревина 2 сорту використовується в стислих елементах та таких, що згинаються. Це один чи декілька стиснутих стрижні, дошки крайніх зон клеєних балок висотою менше 50 см; дошки крайньої стиснутої зони і розтягнутої зони, розташованої вище дощок 1-го сорту в клеєних балках висотою більше 50 см, дошки крайніх зон робочих клеєних стислих, таких що згинаються і стиснуто-згинаємих стрижнів.

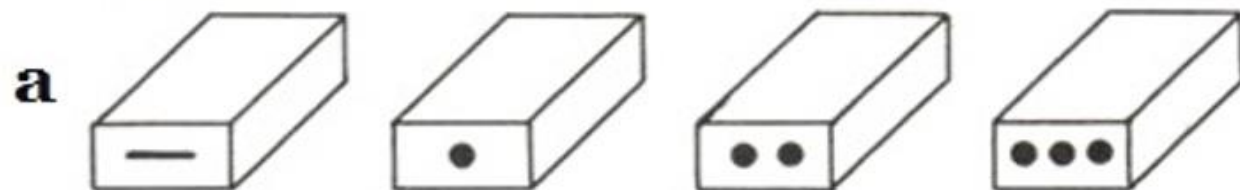
Нахил волокон $\leq 10\%$. Сумарний діаметр сучків на довжині 20 см $d \leq 1 / 3b$.

Деревина 3 сорту використовується в менш напружених клеєних стислих, середніх зонах згинальних та стиснуто-згинаємих елементів, а також в мало відповідальних елементах настилів і риштувань.

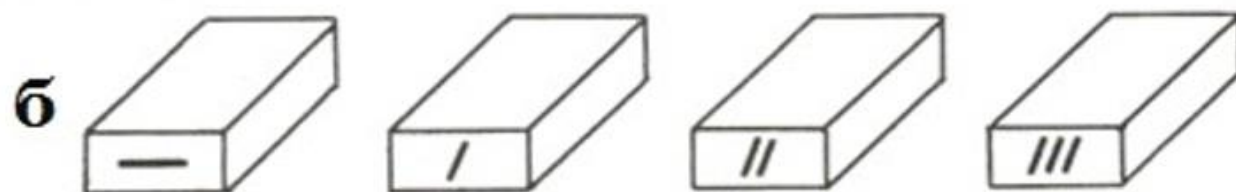
Нахил волокон $\leq 12\%$. Сумарний діаметр сучків на довжині 20 см $d \leq 1 / 2b$.

отборный сорт	1 сорт	2 сорт	3 сорт
---------------	--------	--------	--------

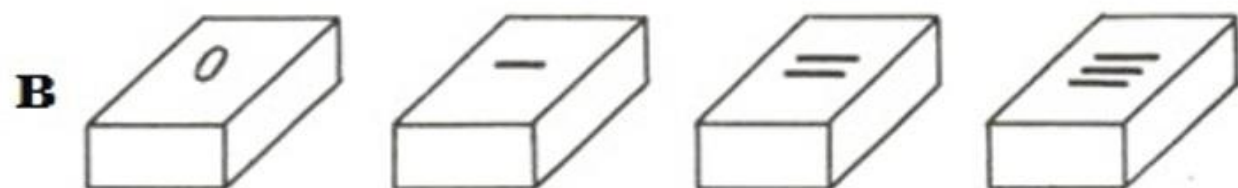
Маркировка на одном из торцов для пиломатериалов толщиной 25 мм и более.



Маркировка на одном из торцов для пиломатериалов толщиной менее 25 мм.



Маркировка сорта для пиломатериалов любой толщины.



Четвертый сорт пиломатериалов не маркируют.

2. Фізико - механічні властивості деревини

Густина деревини залежить від об'єму пор і наявності в них вологи. Стандартна густина деревини визначається при її вологості 12 %. Вона різна в межах однієї породи й одного стовбура.

Свіжозрублена деревина сосни і ялини має густину 850 кг/ м³. Розрахункова густина цієї деревини в конструкціях, експлуатованих у приміщеннях з нормальною вологістю повітря - 500 кг/м³, у приміщеннях з вологістю повітря більш 75 % і на відкритому повітрі — 600 кг/м³.

Міцність деревини в значній мірі залежить від напрямку дії зусиль відносно напрямку волокон. Середня межа міцності деревини сосни без вад вздовж волокон складає: при розтягу 100 МПа; при згині — 75 МПа; при стиску — 40 МПа.

При дії зусиль поперек волокон міцність деревини при розтягу, стиску і сколюванні не перевищує 6,5 МПа. Неоднорідність будови, наявність вад значно (приблизно на 30%) знижують міцність деревини при стиску і згині й особливо (приблизно на 70 %) при розтягу.

Тривалість дії навантаження істотно впливає на міцність деревини. При довготривалому навантаженню її міцність, характеризується межею тривалого опору і складає тільки 0,5 від межі міцності при стандартному короткочасному навантаженні. Найбільшу міцність, у 1,5 рази, яка перевищує короткочасну, деревина має при найкоротших ударних і вибухових навантаженнях..

Жорсткість деревини відносно невелика через її трубчато-волокнуисту будову. **Жорсткість** — ступінь деформативності деревини під дією навантажень — суттєво залежить від напрямку дії цих навантажень відносно волокон, їх тривалості і вологості деревини. **Деформації** деревини бувають *пружні* (від короткочасних навантажень), *еластичні* і *залишкові* (від тривалих навантажень). Пружні деформації зникають незабаром після розвантаження, еластичні теж зникають через деякий період часу, а залишкові залишаються назавжди.

Жорсткість деревини визначається модулем пружності E . Його величина в хвойних порід вздовж волокон досягає 15000 МПа. Модуль пружності реальної деревини будь-якої породи в 1,5 рази нижче і приймається для конструкцій, експлуатованих у нормальних температурно-вологісних умовах, рівним 10^4 МПа. Жорсткість деревини при дії навантажень поперек і під кутом до волокон у 50 разів нижча.

Вологість деревини

Вологість деревини, тобто процентний вміст води, що міститься в деревині, значно впливає на її фізичні і механічні властивості.

Волога в деревині може знаходитися в 3-х станах:

1. Гігроскопічна або зв'язана – це вода, що частково пропитує оболонки клітин;

2. Вільна, або капілярна, – це вода, що знаходиться в внутрішніх порожнинах клітин, міжклітинному просторі. Вільна та гігроскопічна вода може бути видалена з деревини шляхом сушки.

3. Хімічно зв'язана вода, що входить в склад речовин, які утворюють деревину (може бути видалена лише шляхом хімічної переробки).

Максимальна кількість гігроскопічної води називається межею гігроскопічності, або точкою насичення волокон складає приблизно 30 %.

За вмістом гігроскопічної води умовно розрізняють 3 стани деревини: повітряно-сухий з вологістю 10...18%; напівсухий – 18...23%; сирий – понад 23 %.

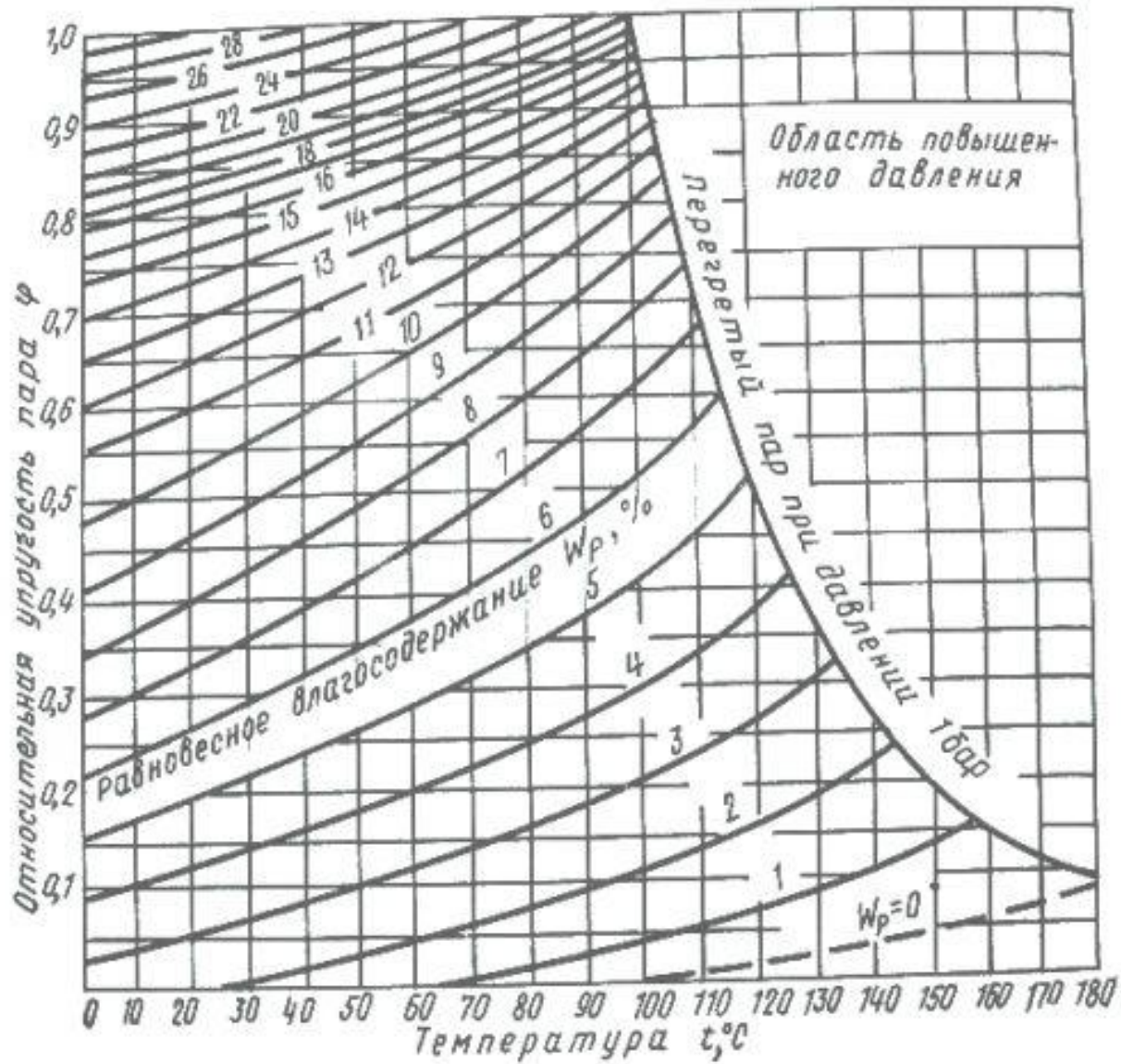


Рис. 2.1 - Діаграма рівноважної вологості. Вона дозволяє передбачити, яку вологість матиме деревина при конкретних температурі і вологості навколишнього повітря. Наприклад, при вологості повітря 60% і температурі 20 ° С вологість деревини W буде приблизно 11%.

Вплив температури.

При підвищенні температури межа міцності і модуль пружності знижуються, а крихкість деревини підвищується. Наприклад, межа міцності при стиску деревини сосни, нагрітої від 20 до 50°C, зменшується в середньому до 70 %, а при нагріванні до 100°C — до 30 % від початкової.

Межа міцності деревини G_t при температурі t в межах від 10 до 30 °C можна визначати виходячи з її початкової міцності - G_{20} при температурі 20 °C з урахуванням поправочного коефіцієнта $\beta = 3,5$ МПа.

$$G_t = G_{20} - \beta (t-20).$$

При заморожуванні деревини волога в ній перетворюється в лід і міцність її при стиску зростає, наприклад, до 25 %, але збільшується ламкість і небезпека її розколювання.

Температурні деформації деревини визначаються коефіцієнтом лінійного розширення α . Вздовж волокон деревини цей коефіцієнт дуже малий і не перевищує $5 \cdot 10^{-6}$, що дозволяє будувати дерев'яні будинки без температурних швів. Поперек волокон деревини цей коефіцієнт більший в 7...10 разів.

Теплопровідність деревини завдяки її трубчасто-пористої будови дуже мала, особливо поперек волокон. Коефіцієнт теплопровідності сухої деревини поперек волокон дорівнює в середньому $\lambda = 0,14$ Вт/(м°C). Теплоємність деревини значна і для сухої деревини в середньому, її коефіцієнт $C = 1,6$ кДж/(кг°C).

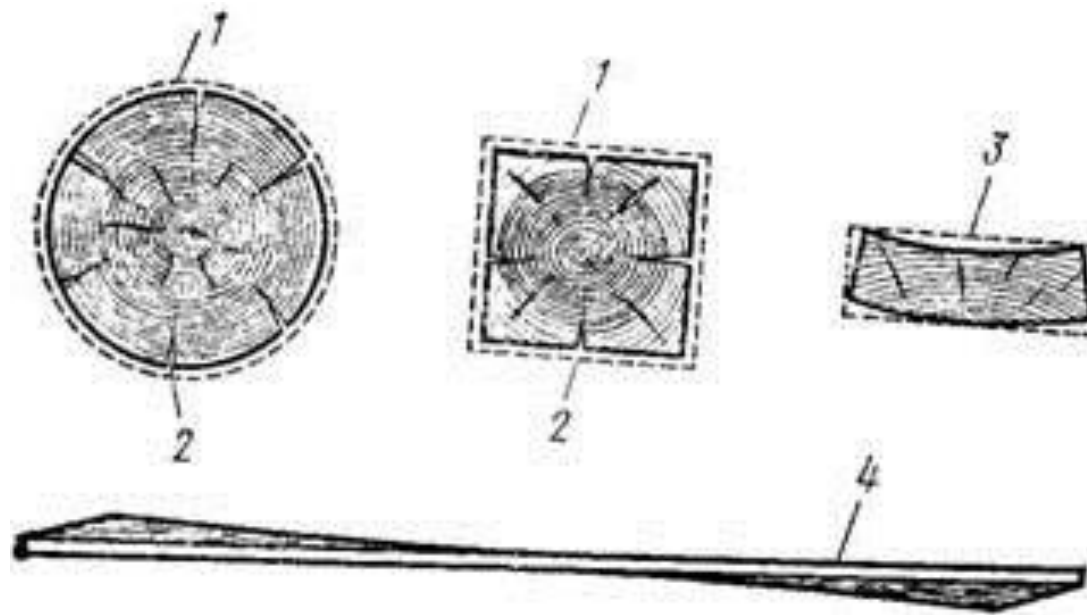


Рис. 2.2 - Усихання деревини.

1 – усихання; 2- розтріскування; 3 – поперечне короблення; 4 – повздожнє короблення

Вплив вологості.

Зміна вологості в межах від 0% до 30% призводить до зниження міцності деревини на 30% від максимальної. Подальша зміна вологості не призводить до зниження міцності деревини.

Поперечна зміна вологості (усушка і розбухання) призводять до викривлення деревини. Найбільша усушка відбувається поперек волокон, перпендикулярно річних шарів. Деформації усушки розвиваються нерівномірно від поверхні до центру. При усушку з'являється не тільки викривлення, але і тріщин від усихання.

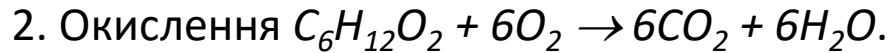
Для порівнювання показників міцності і жорсткості деревини встановлено значення стандартної вологості 12%

$$B_{12} = BW [1 + \alpha (W-12)],$$

де α - поправочний коефіцієнт, при стисненні і вигині $\alpha = 0,04$.

Гниття деревини

Гниття – це біохімічний процес руйнування деревини в результаті життєдіяльності грибків. Процес розвитку грибків у деревині проходить лише при певних умовах: температурі 3°C – 45°C, вологості 20% – 80% при наявності кисню. Для виникнення гниття необхідне початкове зволоження деревини до появи в її порожнинах крапельно-рідинної води, наступне зволоження проходить у результаті хімічного розпаду деревини під дією гриба. Під водою за відсутності кисню гниття припиняється. Процес гниття протікає в два етапи:



Розрізняють три види дереворуйнівних грибків:

1. Лісові – вражають тільки ту деревину, що росте;

2. Складські чи біржові – вражають деревину, що не втратила своїх поживних соків;

3. Домові. Найбільш шкідливий білий домовий гриб, плівчастий домовий, справжній домовий і шахтний.

3.1. Захист дерев'яних конструкцій від загнивання і гниття

Захист від гниття має важливе значення для забезпечення довговічної служби дерев'яних конструкцій. Він полягає в тому, що виключається одна з перерахованих вище умов, необхідних для життєдіяльності грибів. Ізолювати деревину від попадання в неї спор, від навколишнього повітря і додатньої температури в більшості випадків практично неможливо. Можна тільки знищити гриби і їхні спори високою температурою, не допустити підвищення її вологості до небезпечного рівня чи просочити її отруйними для грибів речовинами. Це і досягається шляхом *стерилізації, конструктивного і хімічного* захисту деревини від гниття.

Стерилізація деревини відбувається в процесі камерного, особливо високотемпературного сушіння. Прогрів деревини до температури вище 80 °С приводить до загибелі всіх наявних у ній спор будинкових грибів. Така деревина набагато більш стійка загниванню і повинна в першу чергу застосовуватися в конструкціях.

Конструктивний захист деревини від гниття (рис. 1.6) забезпечує такий режим експлуатації конструкцій, при якому її вологість не перевищує сприятливого для загнивання рівня, тобто $W < 20\%$.

Захист деревини закритих приміщень від зволоження *атмосферними* опадами досягається повною водонепроникністю покрівлі з необхідними ухілами без внутрішніх водостоків і розжолобків. Захист деревини від зволоження *капілярною* вологою здійснюється відділенням її від бетонних і кам'яних конструкцій шарами бітумної гідроізоляції. Захист деревини від зволоження в приміщеннях з вологістю *більшою 75 %* поверхня її ізолюється водостійкими лакофарбовими матеріалами, наприклад ПФ-115, УР-175 та ін.

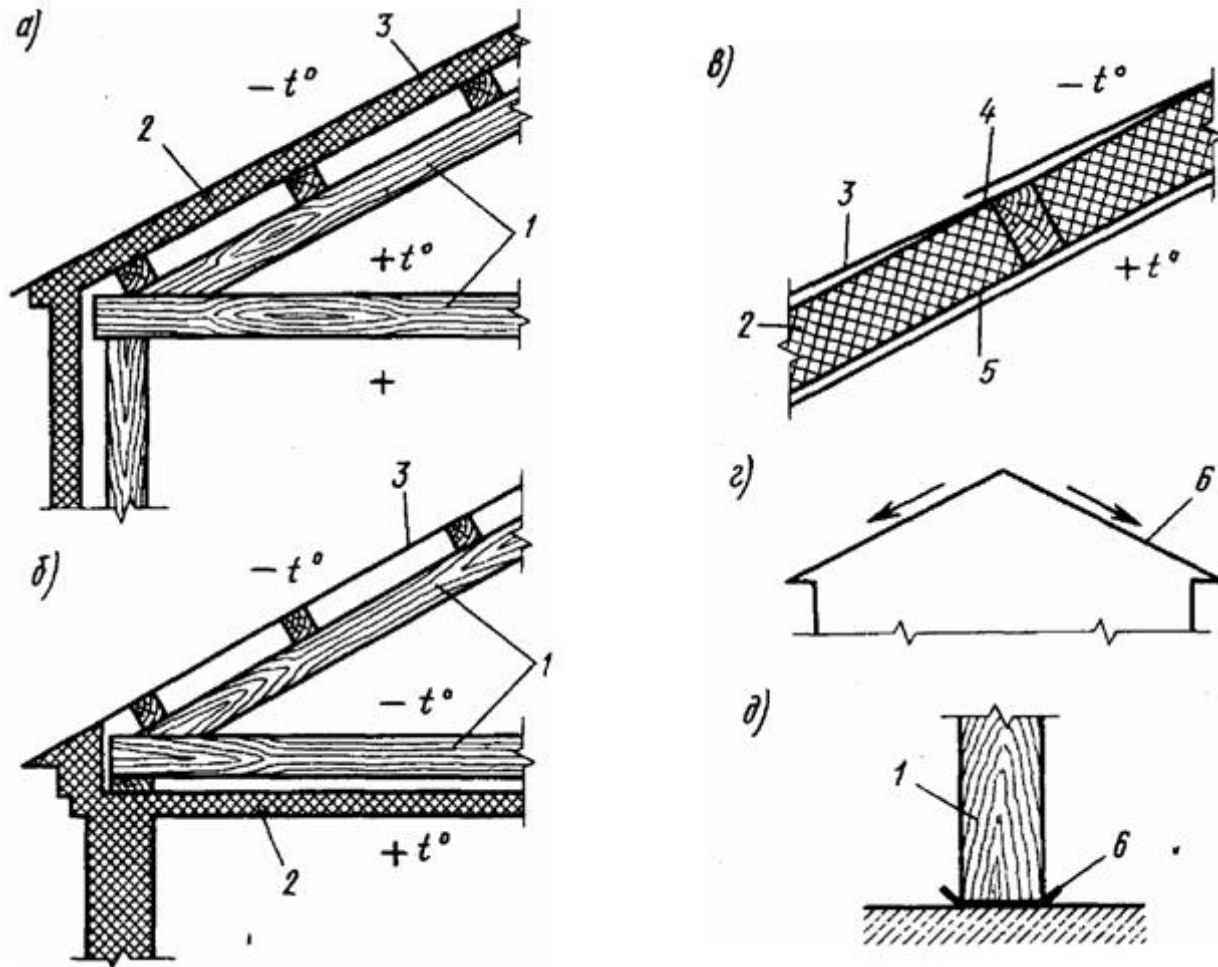


Рис. 3.1. Конструктивний захист від гниття: а — безгорищне утеплене покриття; б — горищне утеплене перекриття; в — захист від конденсаційної вологи; г — захист від атмосферних опадів; д—захист від капілярної вологи;
 1-конструкції; 2-теплоізоляція; 3— покрівля; 4 — продухи; 5 — пароізоляція; 6 — гідроізоляція.

Захист деревини від *конденсаційної* вологи має дуже важливе значення. Ця волога виникає в холодний час року в товщі теплоізоляційного шару конструкцій опалювальних приміщень у результаті конденсації водяних парів. Таке зволоження відбувається тривалий час і не завжди може бути виявлено. Для захисту від проникнення в конструкцію водяних пар з боку приміщення укладається шар пароізоляції. Основні несучі конструкції влаштовуються поза зоною перепаду температур: або цілком усередині приміщення нижче шару теплоізоляції; або поза ним, наприклад у холодному приміщенні горища вище утепленого горищного перекриття. Гарне провітрювання деревини сприяє природному її висиханню в процесі експлуатації. Для цього роблять осушуючі продухи в товщі конструкцій.

Хімічний захист деревини необхідний у тих випадках, коли її зволоження в процесі експлуатації неминуче. Конструкції, експлуатовані на відкритому повітрі, у землі, у товщі конструкцій будинків, наприклад конструкції мостів, щогл, паль, неминуче зволожуються атмосферною, ґрунтовою чи конденсаційною вологою. Хімічний захист таких конструкцій від загнивання полягає в просоченні чи покритті їх отруйними для грибів речовинами — *антисептиками*. Вони бувають водорозчинними і маслянистими.

Водорозчинні антисептики — це речовини, що не мають кольору і запаху, нешкідливі для людей, наприклад фтористий і кремнефтористий натрій. Їх використовують для захисту деревини в закритих приміщеннях, де можливе перебування людей і немає небезпеки вимивання антисептиків водою. Існують і інші види водорозчинних антисептиків, деякі з них отруйні і для людей.

Маслянисті антисептики являють собою деякі мінеральні олії — кам'яновугільне, антраценове, сланцеве, деревний креозот і ін. Вони не розчиняються у воді, дуже отрутні для грибів, однак мають сильний неприємний запах і шкідливі для здоров'я людей. Ці антисептики не вимиваються водою і застосовуються для захисту від гниття конструкцій, експлуатованих на відкритому повітрі, у землі і над водою. Захищені маслянистими антисептиками конструкції успішно експлуатуються десятки років в умовах, де незахищені конструкції руйнуються за два-три роки. Внесення в деревину антисептиків роблять різними методами. Просочення деревини під тиском найбільш ефективні. При цьому деревина вологістю не більш 25 % витримується в розчині антисептика всередині сталевого автоклава під високим (до 14 МПа) тиском, у результаті чого антисептик проникає в неї на достатню глибину. Просочення деревини в горяче-холодних ваннах теж дають достатній ефект при меншій вартості. При цьому деревина витримується спочатку гарячій, а потім у холодній ванні з розчином антисептика без підвищеного тиску. Поверхнє антисептування полягає в нанесенні на поверхню деревини експлуатованих конструкцій гарячого антисептичного чи розчину густої антисептичної пасти. Докладні вказівки по захисту деревини від загнивання містяться в спеціальній інструкції. Застосування деревини, не захищеної від гниття, у сприятливих для загнивання умовах повинне бути цілком виключене.

Зараження комахами може теж служити причиною руйнування деревини. Для дерев'яних конструкцій найбільш небезпечні жуки-точильники. Для захисту від жуків-точильників ефективні тільки температурний і хімічний способи. Нагрівши деревину до температури вище 80 °C приводить до загибелі цих шкідників. Хімічний захист деревини від загнивання, особливо маслянистими антисептиками, одночасно надійно захищає її і від жуків-точильників. Для знищення жуків і їхніх личинок у деревині експлуатованих конструкцій застосовується окурювання її отрутними газами і сприскуванням у ходи жуків розчинів отруйних речовин, наприклад гексахлорану чи ДДТ.

3.2. Захист дерев'яних конструкцій від займання та горіння

Горіння деревини відбувається в результаті її нагрівання до певної температури, при якій починається її термічне розкладання з утворенням горючих газів, що містять вуглець. Однак завдяки малій теплопровідності деревини масивні елементи мають достатню *межу вогнестійкості* (0,5...0,75 год.) — дуже важливий показник для успішного гасіння пожежі. Він визначається часом, при якому навантажений елемент зберігає несучу здатність при температурі пожежі. Дерев'яні елементи великих перерізів мають більш високі межі вогнестійкості, чим інші. Наприклад, брущата балка розрізом 17 * 17 см, навантажена до напруги 10 Мпа, має межу вогнестійкості 40 хв, протягом яких можуть бути прийняті заходи для гасіння пожежі.

Дерев'яні конструкції в умовах постійного або періодичного тривалого нагріву допускається застосовувати, якщо температура навколишнього повітря не перевищує 50°C для конструкцій з цільної деревини та 30°C для конструкцій з клеєної деревини.

Займання деревини і поширення вогню неможливо без визначених сприятливих умов. Тривале нагрівання при температурі 150°C чи швидке при більш високій температурі може привести до займання деревини. Навколишнє повітря збагачує процес горіння киснем і сприяє поширенню полум'я. Елементи конструкцій, що складаються з окремих дошок із зазорами між ними, швидше нагріваються до небезпечної межі, чим монолітні, мають великі поверхні зіткнення з повітрям і суміжні поверхні, які взаємно нагріваються променистим нагріванням. У результаті їхня межа вогнестійкості значно нижче, ніж у монолітних елементів.

Метою захисту від займання є підвищення межі вогнестійкості дерев'яних конструкцій яке досягається конструктивними та хімічними заходами.

Конструктивний захист деревини від загоряння полягає в ліквідації умов, сприятливих для виникнення і поширення пожежі. У конструкціях виробничих будинків з гарячими процесами застосування деревини

неприпустимо. Дерев'яні конструкції повинні бути відділені від печей і нагрівальних приладів достатніми відстанями чи вогнестійкими матеріалами. Для запобігання поширенню вогню дерев'яні будови повинні бути розділені на частини протипожежними стінами – брандмауерами, дверями і вікнами з вогнестійких конструкцій. Дерев'яні захисні конструкції не повинні мати сполучених порожнин з тягою повітря, по яких може поширюватися полум'я, не доступне для гасіння. Елементи дерев'яних конструкцій повинні бути масивними клеєними чи брущатими, які мають більші межі вогнестійкості, чим дощаті. Звичайна штукатурка значно підвищує стійкість дерев'яних стін і стель загорянню.

Хімічний захист від загоряння застосовується в тих випадках, коли від дерев'яних конструкцій необхідний підвищений ступінь вогнестійкості, наприклад у приміщеннях, де є легкозаймісті матеріали. Вона полягає в протипожежних просоченнях і фарбуванні. Для вогнезахисного просочення деревини застосовують речовини, які називаються *антипіренами*. Ці речовини, введені в деревину, при небезпечному нагріванні плавляться або розкладаються, покриваючи її вогнезахисними плівками чи газовими оболонками, які перешкоджають доступу кисню до деревини. При цьому деревина може тільки повільно розкладатися і жевріти, не створюючи відкритого полум'я і не поширюючи вогню. Просочення деревини проводиться з одночасним просоченням антисептиками. Захисні фарби на основі рідкого скла, суперфосфату й інших речовин наносяться на поверхню деревини. При нагріванні під час пожежі плівки їх здуваються від виділених газів і створюють прошарок, який тимчасово перешкоджає займанню.

4. Конструкційні пластмаси

Конструкційні пластмаси в будівництві застосовують для елементів несучих і захисних будівельних конструкцій. Основою цих матеріалів є синтетичні полімерні смоли — продукти промисловості хімічних органічних матеріалів. До них відносяться склопластики, пінопласт, оргскло, вініпласт, повітро- і водонепроникні тканини, плівки і деревні пластики, синтетичні клеї.

З найбільш міцних склопластиків, розрахунковий опір стиску і розтяганню яких досягає 100 Мпа, виконують основні елементи несучих будівельних конструкцій. Прозорі склопластики використовують для прозорих елементів захисних конструкцій будівель. З особливо прозорого оргскла і прозорого вініпласту виготовляють прозорі частини огорожень, що пропускають усі частини сонячного спектра. Надлегкі пінопласти застосовують у середніх шарах легких огорожень покриття і стін. Міцні, тонкі повітро- і водонепроникні тканини використовують у пневматичних і тентових покриттях. З полімерних плівок здійснюють тимчасові покриття закритого ґрунту. Деревні пластики можуть служити матеріалом для конструкцій, що працюють на відкритому повітрі.

До позитивних властивостей цих матеріалів відносяться: мала щільність, що не перевищує 1500 кг/м³; хімічна стійкість у деяких агресивних середовищах; вони водостійкі і не піддаються гниттю. У процесі виготовлення їм можна додати ряд необхідних властивостей і зробити елементи конструкцій будь-якої необхідної форми.

Основними недоліками конструкційних пластмас є їхня мала твердість. Горіння цих матеріалів обмежує їхнє застосування в основних несучих конструкціях. Мала поверхнева твердість веде до легкої пошкоджуваності конструкцій. Повзучість і старіння в процесі експлуатації ведуть до підвищення прогинів і зменшенню прозорості огорожувальних конструкцій.

До складу конструкційних пластмас входить ряд компонентів.

Синтетичні смоли є основними компонентами пластмас. Вони утворюють основну масу матеріалів, служать зв'язуючим аналогічно цементному розчину в бетоні і поділяються на два основних класи — термопластичні і термореактивні.

Термопластичні смоли (поліметилметакрилат, полівініл-хлорид, полістирол, поліетилен і ін.) після завершення процесу синтезу і перетворення у тверду склоутворюючу масу здатні під дією нагрівання розм'якшуватися, переходячи у в'язко-текучий стан, а при охолодженні знову повертатися до твердого стану. Термопластичні смоли використовують для виготовлення листових матеріалів (органічне скло, вініпласт), клеїв для їхнього склеювання, пінопластів, плівок.

Термореактивні смоли переходять з вязкотекучого у твердий стан тільки один раз — у процесі твердіння. Після завершення процесу твердіння термореактивний матеріал не розм'якшується при наступному

нагріванні, а лише незначно втрачає міцність і твердість. У конструкційних пластмасах будівельного призначення застосовують наступні термореактивні смоли: фенолфоррисьдегідні, поліефірні, епоксидні, мочевино-форрисьдегідні. Термореактивні смоли широко застосовують для виготовлення фанери, склопластиків, пінопластів, клеїв, деревних пластиків, різних фасонних деталей.

При формуванні полімеру застосовують і такі матеріали, як **прискорювачі** (речовини, що прискорюють твердіння), **каталізатори** (речовини, що не беруть участь в твердінні, але присутність яких необхідно для протікання процесу твердіння), **пластифікатори** (речовини, що зменшують крихкість готового матеріалу), **інгібітори** (речовини, що сповільнюють процес твердіння) і ін.З метою поліпшення механічних і технологічних властивостей, підвищення теплостійкості, зниження вартості в пластмасові матеріали вводять **наповнювачі** неорганічного й органічного походження. Їх вводять у виді порошків, волокон, листів (деревне борошно, цемент, скляні й азбестові волокна, папір, бавовняні і скляні тканини і т.і.). Фарбування пластмасових матеріалів здійснюється шляхом введення **барвників** у масу матеріалу. Потрібний малюнок і колір можуть бути також отримані, якщо вони попередньо нанесені на зовнішній шар листового наповнювача (папір, тканину). **Пороотворювачі** служать добавками для одержання газонаповнювальних матеріалів — пінопластів.

Поряд із пластмасами в конструкціях широко використовують такі неорганічні матеріали, як алюміній, лаковану (захищену) сталь, азбестоцемент.

1. Склопластик - це матеріал, що складається з двох основних компонентів: синтетичного зв'язуючого і скляного волокна (наповнювача). Суть виготовлення склопластику полягає в тому, що в рідку смолу вводять скловолокно, а потім смолу піддають твердінню. Синтетичне зв'язуюче додає монолітність і забезпечує стабільність форми готового склопластику; забезпечує використання високої міцності скловолокна шляхом рівномірного розподілу зусиль між волокнами і забезпечення їхньої стійкості, захист волокон від атмосферних і інших зовнішніх впливів; сприймає частину зусиль, що виникають в експлуатаційних умовах.

У склопластиках найчастіше використовують термореактивні смоли (поліефірну, епоксидну, фенолфоррисьдегідну) з різними добавками, що модифікують, поліпшуючі технологічні й експлуатаційні властивості склопластику.

Скляне волокно, чи скловолокно, — це армуючий елемент, що забезпечує склопластикам велику міцність і стійкість проти ударів. Скловолокно виходить з розплавленої скляної маси спеціального складу, протягнутої через дрібні отвори — фільтри. Воно має мікроскопічний діаметр близько 10 мкм, дуже високу міцність, що досягає 2000 Мпа., і застосовується в рубаному чи суцільному вигляді.

Склопластики на основі рубаного скловолокна є ізотропними матеріалами, однаково міцними у всіх напрямках, завдяки хаотичному розташуванню коротких скловолокон у їхній масі. Вони мають щільність до

1500 кг/м³, міцність при розтягненні 150 МПа. Така невисока міцність у порівнянні з високою міцністю скловолокна пояснюється тим, що паралельно до дій розтягуючого зусилля в ньому розміщується тільки незначна частина найбільш напружених коротких скловолокон, а інші спрямовані під різними кутами і напружені менше. Крім того, у роботі на розтяг бере участь менш міцна смола, через яку передається напруження від одних волокон до інших

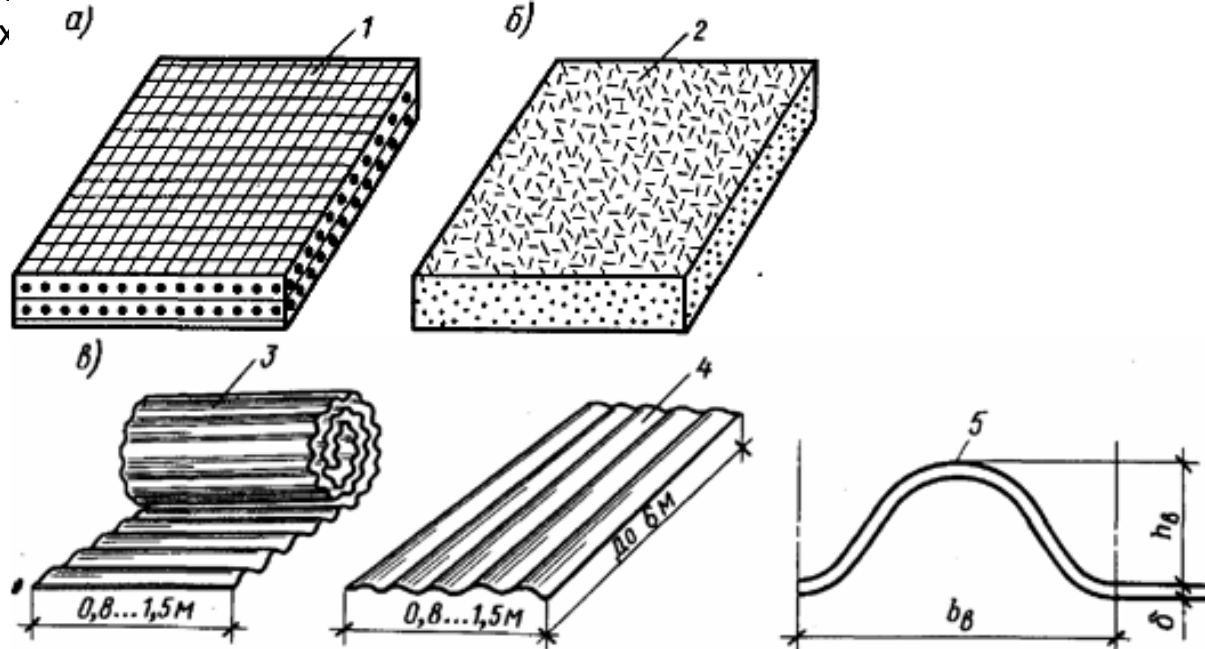


Рис. 4.1. Склопластики: а — плоский; в — хвилястий; 1 — суцільне скловолокно; 2 — рубане скловолокно; 3 — поперечні хвилі; 4 — поздовжні хвилі; 5 — розріз хвилі

Позитивними якостями склопластиків на основі рубаних волокон є простота їхнього виготовлення завдяки хаотичному розташуванню скловолокна і відносно низька вартість, прозорість.

Склопластик на основі суцільних скловолокон непрозорий. Він складається з термореактивних фенолформальдегідних і інших смол і скловолокон у виді окремих волокон або ниток скложгутів суцільної довжини. Скловолокна розташовуються в одному чи двох взаємно перпендикулярних напрямках у кількості до 70 % по масі. Найбільш високими механічними властивостями мають склопластики, армовані прямими суцільними волокнами, наприклад складжгутами. Якщо всі скложгути розташовані тільки в одному напрямку, міцність склопластику при розтяганні в цьому напрямку уздовж волокон максимальна і може досягати 1000 Мпа, а модуль пружності — 40000 Мпа. Однак у напрямку, поперечному напрямку скложгутів,

міцність склопластику невелика і наближається до міцності неармованого зв'язуючого. Якщо скложгуті покладені по двох взаємно перпендикулярних напрямках, то міцність і твердість склопластику буде вище в тому напрямку, по якому покладена більша частина скложгутів.

2. Пінопласти — це надлегкі газонаповнені конструкційні пластмаси. Вони являють собою тверду піну, що складається з маси замкнених осередків, заповнених повітрям чи нешкідливим газом зі стінками з затверділої полімерної смоли. Синтетичним зв'язуючим у пінопластах служать термопластичні чи термореактивні смоли. З термопластичних полістирольних полівінілхлоридних смол виготовляють пінополіуретан ПУ-101 і пінополіфенолфосфорисьдегід ФРП-1. Наповнювачами є газ, що утворюється в процесі

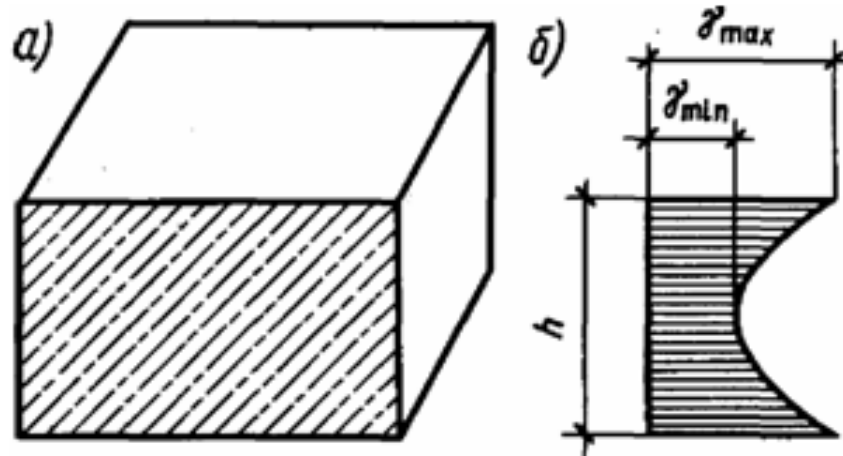


Рис. 4.2. Пінопласт: а – блок; б – еюра зміни міцності по товщині блоку

Пінопласти утворюються шляхом гарячого пінення термопластичних смол чи введенням до складу термореактивних смол затверджувачів і піноутворювачів в процесі їхнього твердіння. Пресові пінопласти виготовляються в установках високого тиску і мають підвищену міцність і вартість. Непресовані пінопласти виготовляються при звичайному атмосферному тиску, є менш міцними і більш дешевими. Особливо ефективно виготовлення термопластичних пінопластів безпосередньо в порожнинах захисних конструкцій, наприклад при формуванні середнього шару тришарових плит і панелей.

Пінопласти — дуже ефективний теплоізоляційний матеріал. Теплопровідність, що відповідає їхній малій щільності, дуже низька. Теплостійкість їх обмежена й у термопластичних видів складає всього 60° і лише удвічі вище в термореактивних. Пінопласти бувають горючі Пс-1 і ПС-4, важкогорючі і самозагасаючі — ПСБ і ФРП. Завдяки малій масі, низькій теплопровідності і відносно достатньої міцності їх використовують як ефективний

матеріал для шаруватих плит , панелей покриття і стін будинків різного призначення, що відрізняються легкістю і високими теплозахисними властивостями.

3. Органічне скло, чи оргскло, — це конструкційна пластмаса, що складається цілком з термопластичної полімерної смоли - поліметилметакрилата без яких-небудь наповнювачів. Воно виготовляється у виді листів і плит розмірами до 170 см і товщиною до 40 мм. Оргскло має достатню (до 10 МПа) міцність при згині, але обмежену жорсткість і твердість. Модуль пружності його складає 3000 МПа, поверхня легко ушкоджується, теплостійкість обмежена 60 °С, воно вогнетривке. Головною перевагою оргскла є високий ступінь прозорості (до 95%).

4. Вініпласт, як і оргскло, складається цілком з термопластичної смоли без наповнювачів. Виготовляється у виді плоских чи хвилястих листів товщиною до 2 мм і шириною до 120 см. Може бути прозорим. Властивості вініпласту близькі до властивостей оргскла. Основними перевагами є самозатухаємість, висока стійкість у хімічно агресивних середовищах і відносно низька вартість. Застосовується в конструкціях, що працюють у хімічно агресивних середовищах.

5. Повітронепроникні тканини — конструкційний матеріал, що складається з текстилю й еластичних покриттів. Технічний текстиль є міцною основою повітронепроникних тканин. Він виготовляється з високоміцних синтетичних волокон. Поліамідні волокна типу «капрон» застосовуються найбільше широко. Вони мають високу міцність, значну розтяжність і малу стійкість проти старіння. Поліефірні волокна типу «лавсан» менш розтяжні і більш стійкі проти старіння. Текстиль має полотняне переплетення. Більш міцні нитки розташовуються уздовж рулону (основа), а менш міцні— поперек нього (утік). Синтетичні волокна не піддані загниванню, але вогнетривкі.

Покриття забезпечують необхідну повітронепроникність тканин, служать для щільного зв'язку ниток і шарів текстилю між собою і захищають їх від активного атмосферного старіння. Як покриття застосовують, головним чином, гуму на основі синтетичних каучуків, а також еластичний пластифікований полівінілхлорид.

Повітронепроникні тканини виготовляються заводами гумовотехнічних виробів у виді рулонів шириною до 1 м, довжиною до 20 м, товщиною 1...2 мм і масою 0,5.-1,5 кг/м². По числу шарів текстилю їх виготовляють одно- і багат шаровими з числом шарів до трьох. Багат шарові тканини бувають паралельно дубльованими, у яких нитки шарів розташовуються паралельно, і діагонально дубльованими, коли вони розташовуються під кутом 45° один до одного.

Гума з натурального каучуку товщиною 1 мм застосовується для виготовлення камер пневмокаркасних конструкцій. Для виготовлення невеликих повітроопорних конструкцій з термінами служби, вимірюваними

місяцями, застосовуються неміцні і нестійкі до атмосферних впливів, особливо у світлі, синтетичні плівки. Властивості повітронепроникних тканин визначаються властивостями складових їх текстилей і покриттів.

Міцність повітронепроникних тканин залежить не від їхньої товщини, а тільки від міцності ниток текстилю, спрямованих вздовж діючого в тканині зусилля, що розтягує. Вздовж основи міцність тканини значно вище, ніж вздовж утоку, що відповідає їхній відносній міцності. Міцність паралельно дубльованих тканин близька до сумарної міцності складових їхніх шарів.

Деформативність повітронепроникних тканин дуже значна і може досягати при одноосьовому розтяганні 30%. Модуль пружності одношарових тканин складає близько 90 кг/см по основи і близько 45 кг/см по утоці (відповідно 90 і 45 кН/м). Старіння повітронепроникних тканин відбувається в результаті тривалого впливу на них у процесі експлуатації кисню й озону повітря, сонячного світла, перемінної вологості і температури. Покриття тканин при цьому знижують свою еластичність і повітронепроникність, а нитки текстилю зменшують свою міцність.

Морозостійкість повітронепроникних тканин є достатньою і вони зберігають свої властивості при негативній температурі до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплостійкість їх теж досить висока і вони можуть експлуатуватися при температурі до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. До недоліків повітронепроникних тканин відносяться їхня горючість і легка пошкоджуваність. Синтетичні тканини тільки з водонепроникними покриттями, чи просоченнями, застосовуються для тентових покриттів.

6. Неорганічні конструкційні матеріали. У конструкціях з дерева і пластмас застосовуються також наступні неорганічні конструкційні будівельні матеріали.

Сталь маловуглецева середньої міцності, щільність 7850 кг/м^3 , границя текучості 275 МПа , модуль пружності $E=2,1 \cdot 10^5\text{ МПа}$. Сталь виготовляється у вигляді листів, прокатних і гнутих профілів, прутків і застосовується для виготовлення металевих елементів і з'єднань конструкцій.

Алюміній піддається обробці тиском марок АМц, АМг, АВ і ін. Щільність алюмінію значно менше, ніж у сталі, і дорівнює 2640 кг/м^3 , модуль пружності $E = 7,1 \cdot 10^4$, а середня міцність 150 МПа . З алюмінію виготовляють плоскі і гофровані аркуші, прокатні і гнуті профілі. Алюміній набагато більш стійкий, чим сталь, проти корозії у вологому середовищі і застосовується для обшивань легких тришарових плит і панелей покриття і стін різних будинків, а також для виготовлення елементів і з'єднань конструкцій.

Азбестоцемент складається із суміші азбестових волокон з цементним каменем. Виготовляється у виді хвилястих і плоских листів товщиною $6\text{...}10\text{ см}$ і довжиною $1,5, 3,0, 1,7$ і $3,3\text{ м}$ і гнутих профілів. Середня щільність 1800 кг/м^3 , середня міцність при стиску невеликий і дорівнює $1,5\text{ МПа}$, а при розтяганні ще нижче, модуль пружності $E=600\text{ МПа}$. Азбестоцемент негорючий. Застосовується в основному для листів покрівлі.