

6. З'єднання елементів дерев'яних конструкцій

6.1. Загальна характеристика з'єднань

З'єднання є найбільш відповідальними частинами дерев'яних конструкцій. Для виготовлення більшості будівельних конструкцій дерев'яні елементи повинні бути міцно і надійно з'єднані між собою. З'єднання елементів по довжині називають *зрощуванням*, по ширині і висоті — *сколюванням*, під кутом і прикріплення до опор — *вузлові і анкеруванням*.

При виготовленні багатьох з'єднань в елементах конструкцій робляться отвори та врізи, що послаблюють їхні перерізи і підвищують деформативність. Руйнування дерев'яних конструкцій у більшості випадків починаються в з'єднаннях. Таким чином, від правильного конструювання, розрахунку і виготовлення з'єднань залежать міцність і деформативність конструкцій у цілому. Анізотропія будівлі, мала міцність деревини при сколюванні, розтяганні поперек волокон і зминанні є причиною різноманіття типів з'єднань дерев'яних конструкцій.

По характеру роботи всі основні з'єднання дерев'яних конструкцій можуть бути розділені на наступні групи:

- а) без спеціальних зв'язків, що не вимагають розрахунку – контактні з'єднання;
- б) з металевими зв'язками, що працюють на згин або розтяг — болтами, стержнями, цвяхами, гвинтами, хомутами і пластинками;
- в) зі зв'язками, що працюють на сколювання — клейовими швами;
- г) з дерев'яними зв'язками, що працюють на стиск — шпонками і колодками;

Клейові з'єднання, найбільш прогресивні і технологічні, є основними з'єднаннями при заводському виготовленні клеєдерев'яних конструкцій. З'єднання, що не вимагають спеціальних зв'язків і металеві можуть застосовуватися при виготовленні дерев'яних конструкцій у будь-яких умовах як на спеціальних заводах, так і в умовах будівельних майданчиків. З'єднання з дерев'яними зв'язками вимагають значних витрат ручної праці, тому вони застосовуються рідко.

По характеру роботи з'єднання дерев'яних конструкцій поділяються також на піддатливі і жорсткі. *Піддатливі* з'єднання виготовляються без застосування клеїв. Деформації в них виникають у результаті нещільності, що утворюється при виготовленні, від усушки і зминання деревини, особливо поперек волокон і від згину зв'язків. Величина цих деформацій при тривалій дії навантажень у з'єднаннях, де деревина працює поперек волокон, приймається рівною 3 мм, в інших випадках — 1,5...2 мм. Вони враховуються при визначенні прогинів конструкцій. *Жорсткі* клейові з'єднання такої піддатливості не мають.

У більшості з'єднань дерев'яних конструкцій, крім клейових, у результаті дії стискаючих сил, наприклад при постановці болтів, виникають між елементами сили тертя, що збільшують зусилля в зв'язках. Однак ці сили в результаті знакозмінності зусиль, усушки деревини й послаблення початкових натягів болтів можуть знизитися до нуля і тому розрахунком не враховуються. Вони враховуються тільки при короткочасній дії сил з коефіцієнтами тертя площини по площині 0,2 і торця по площині 0,3 і коли вони викликають додаткові напруги з коефіцієнтом тертя 0,6.

6.2. Контактні з'єднання

Конструктивні врубки (рис. 3.1) є з'єднаннями, у яких виникають зусилля, набагато менші їхньої несучої здатності, і вони не мають потребу в розрахунку. У дерев'яних конструкціях найбільше застосування знаходять конструктивні з'єднання у чверть, у шпунт, у півдерева і косий прируб.

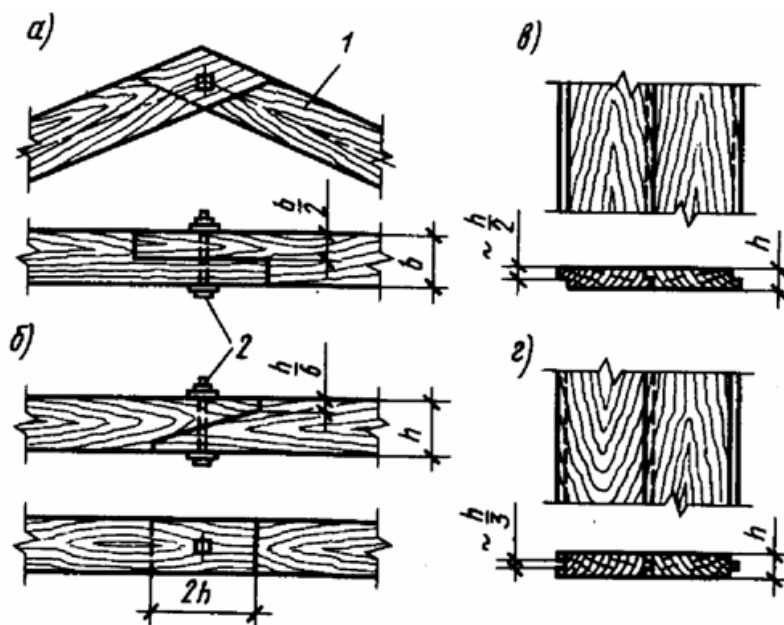


Рис. 6.1. Конструктивні рубки: а — рубка в півдерева; б — косий прируб; в — з'єднання у чверть; г — з'єднання в шпунт

Лобові упори (рис. 3.2) є найбільш простими і надійними з'єднаннями і застосовуються в більшості видів дерев'яних конструкцій для кріплення стиснутих елементів. Вони працюють і розраховуються на зминання, що виникає в них від дії повздовжніх стискальних зусиль. На розтягання вони працювати не можуть.

Повздовжній лобовий упор — це з'єднання обрізаного під прямим кутом стиснутого стержня з опорою чи з діафрагмою опорного башмака чи з таким же стержнем у стиснутому стику. У стику лобовий упор скріплюється двосторонніми конструктивними дерев'яними накладками товщиною не менш третини товщини стержнів і довжиною не менше трьох висот перерізу і стягається

конструктивними болтами. У повздовжньому лобовому упорі деревина працює на зминання вздовж волокон і має найбільш високий розрахунковий опір зминанню, рівний розрахунковому опору стиску R_c . У більшості випадків напруги зминання в повздовжніх лобових упорах досягають значної величини і вимагають перевірки міцності у тих випадках, коли на зминання працює тільки частина площі торця елемента.

Поперечний лобовий упор — це з'єднання двох стержнів під прямим кутом, коли торець стиснутого елемента впирається в площину іншого і закріплюється непрацюючими зв'язками. Так, наприклад, з'єднуються стійки з верхніми і нижніми горизонтальними елементами каркаса. В такому з'єднанні деревина торця стійки працює на зминання вздовж волокон, а деревина площини горизонтального елемента — поперек волокон. Це з'єднання розраховується тільки по меншій міцності деревини поперек волокон.

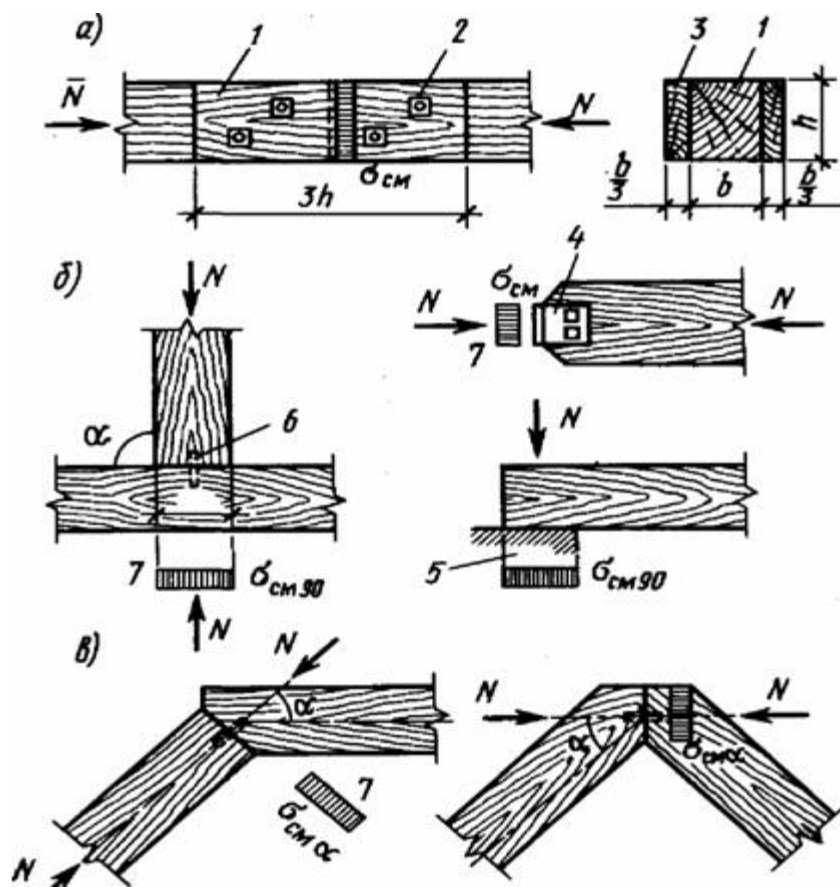


Рис. 6.2. Лобові упори: а-повздовжній вздовж волокон деревини; б — поперечний поперек волокон; в — похилий під кутом до волокон;

1 — елементи; 2 — стяжні болти; 3 — накладки; 4-металеві кріплення; 5-опора; 6-штир; 7— епюри напруг зминання; α — кут зминання

Похилий лобовий упор являє собою з'єднання кінців двох стиснутих елементів, осі яких розташовані під кутом α один до одного. При цьому торець одного елемента може бути перпендикулярним його осі чи торці обох елементів нахилені до їх осей (рис. 3.2, в). Так, наприклад, з'єднуються стержні крокв і

підкісних рам. У цих з'єднаннях необхідно перевіряти міцність деревини при зминанні торців тільки розташованих під кутом до осей елементів.

6.3. З'єднання з металевими зв'язками

Це з'єднання дерев'яних елементів, у яких діючі в них зусилля передаються за допомогою сталевих болтів, стержнів, цвяхів, гвинтів, хомутів, зубчастих пластинок і інших виробів. Найбільш розповсюдженими металевими зв'язками є болти і цвяхи.

Болти - це стандартні вироби з сталі марки С38/23, які для з'єднань дерев'яних елементів виготовляються без точної обробки і називаються *чорними*. Вони відрізняються великою довжиною, що відповідає значним розмірам перерізів дерев'яних елементів, і мають товсті квадратні шайби, необхідні для розподілу зусилля в болті на достатню площу деревини, що працює на зминання.

Для встановлення болтів в елементах, що з'єднуються, просверлюють отвори такого ж діаметру, що і болти. Для надійного співпадання отворів при зборці конструкцій свердлили отвори рекомендується одним проходом свердла через елементи, що з'єднуються, або в окремих елементах по шаблонах. Болтові з'єднання бувають зі стяжними, розтягнутими і болтами, що згинаються.

З'єднання зі стяжними болтами служать для щільного поперечного з'єднання окремих елементів і у вузлах конструкцій. У них можуть виникати лише незначні зусилля, тому їхній розрахунок не потрібен. Перерізи стяжних болтів встановлюються конструктивно. Діаметр стяжних болтів встановлюються конструктивно і повинний бути не менший 12 мм або $\frac{1}{20}$ загальної товщини елементів, що з'єднуються. Шайби стяжних болтів допускаються не меншими 3,5 їхнього діаметра і товщиною до 0,25 діаметра. В початковий період експлуатації конструкцій у результаті висихання деревини їхній натяг нерідко слабшає і їх необхідно підтягувати.

З'єднання з розтягнутими болтами застосовуються при анкерному кріпленні дерев'яних конструкцій до опор, при підвішуванні до конструкцій перекриттів і устаткування, у вузлових з'єднаннях. Вони працюють і розраховуються на діючі в з'єднаннях розтягуючі сили від розрахункових навантажень по площі перерізу ослабленою нарізкою (рис. 3.3):

$$\sigma = N(0,8A) \leq R \quad (3.1)$$

де R — розрахунковий опір сталі, $R = 235$ МПа; 0,8 — коефіцієнт, що враховує концентрацію напруг у зоні нарізки.

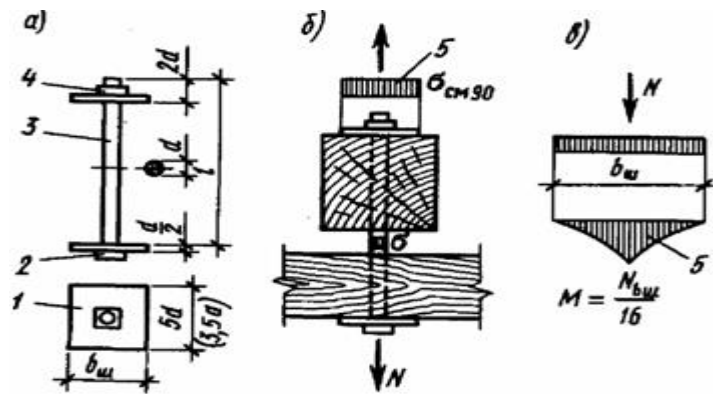


Рис. 6.3. З'єднання на розтягнутих болтах: а — болт; б — схема роботи болта і деревини; г — схема роботи шайби; 1 — шайба; 2 — головка; 3 — стержень; 4 — гайка; 5 — епюри напруг

По цій же формулі, переписаної щодо необхідної площі перерізу болта, за допомогою табличних даних можна підібрати переріз болта.

Деревина під шайбами болта повинна бути перевірена на міцність при місцевому зминанні по формулі (2.15). По цій же формулі можна підібрати розміри сторін шайби: $A_n = N / (R_{зм90} \cdot 0,8)$. Розрахунковий опір деревини місцевому зминанню під шайбами, з огляду на підтримуючу дію деревини, що оточує шайбу, приймається $R_{зм90} = 4$ МПа. Шайби розтягнутих болтів працюють і розраховуються на згин від реактивного тиску деревини, що зминається, як квадратні пластинки шириною b , обперті в центрі на гайки болтів. При цьому найбільший згинальний момент M в середньому перерізі шайби, ослабленому отвором діаметром d і необхідну товщину шайби δ_n можна приблизно визначити з виразу: $M = Nb/16$; $W_n = M/R$;

$$\delta_n = \sqrt{6W / R}$$

Аналогічно розраховуються тяжі наскрізних конструкцій круглого перерізу із шайбами і гайками на кінцях, що працюють на розтяг. Їхня максимальна гнучкість не повинна перевищувати 400. Якщо в з'єднанні застосовано декілька тяжів, розрахунковий опір сталі знижується з урахуванням коефіцієнта 0,85. При цьому враховується можлива нерівномірність розподілу зусилля між ними.

1. З'єднання з болтами, що згинаються, відносяться до класу так званих **нагельних** (рис. 3.4), у яких зв'язки (у даному випадку болти) працюють, головним чином, на згин і в незначній мірі на зріз. Ці з'єднання широко застосовуються в стиках і вузлах дерев'яних конструкцій, перешкоджаючи взаємним зсувами елементів, що з'єднуються, причому зусилля в них можуть бути знакозмінні, які стискають і розтягують. Шайби цих болтів не сприймають розрахункових зусиль і можуть мати такі ж розміри, як і в стяжних болтів. Від дії повздовжніх сил у такому з'єднанні по площі контакту болта зі стінками отвору в

деревині виникають нерівномірні по периметру і по довжині напруження зминання, а також розтягання поперек волокон між отворами. У результаті реактивного тиску деревини в болті виникають зусилля згину і зрізу.

Розміщення болтів у з'єднанні буває пряме, шахове і виконується за правилами, що виключає небезпеку передчасного руйнування деревини від сколювання і розтягання поперек волокон. Відстані між осями болтів вздовж волокон деревини і до торців елемента повинні бути не менше $7d$, а поперек волокон між осями — не більш $3,5d$ і до країв — $3d$.

Болтові з'єднання можуть бути симетричними, коли повздовжні сили діють вздовж осі симетрії з'єднання, і несиметричними, коли осі сил не збігаються з осями елементів. Елементи, що з'єднуються, можуть розташовуватися на одній осі вздовж волокон деревини чи під кутом один до одного. Швами, чи зрізами, у болтових з'єднаннях називаються площини зсуву між елементами, від числа яких прямо залежить несуча здатність з'єднання. Однак напруги зрізу в перерізах болтів незначні і не визначають їхньої несучої здатності. Найбільш розповсюджений болтовий стик розтягнутих елементів із двосторонніми дерев'яними накладками є симетричним двозрізним з'єднанням, а такий же стик з однобічною накладкою — несиметричним однозрізним з'єднанням (див. [рис. 3.4](#))

Розрахунок з'єднання на болтах, що згинаються, проводиться на дію повздовжніх сил N від розрахункових навантажень:

$$n_n = N/Tn_{ш} \quad (3.2)$$

де n_n — необхідне число болтів на половині з'єднання; $n_{ш}$ — число зрізів (швів); T (кН) — найменша несуча здатність болта в одному шві, що визначається з урахуванням діаметра болта d (см), товщини середнього елемента c (см), товщини крайніх елементів a (см), симетричності і кута нахилу між елементами, коефіцієнтом K_α з наступних виразів по міцності:

$$T_{зз} = (1,8d^2 + 0,02a^2)\sqrt{K_\alpha}, \text{ кН} - \text{при згинанні болта для дерев'яних накладок};$$

$$T_{зз} = 2,5a^2\sqrt{K_\alpha}, \text{ кН} - \text{при згинанні болта для сталевих накладок};$$

$$T_{зм} = 0,5cdK_\alpha, \text{ кН} - \text{при зминанні середнього елемента};$$

$$T_{зм} = 0,8adK_\alpha, \text{ кН} - \text{при зминанні крайнього і більш тонкого однозрізного елемента};$$

$$T_{зм} = 0,3adK_\alpha, \text{ кН} - \text{при зминанні крайнього і більш товстого однозрізного елемента}.$$

Коефіцієнт K_α враховує меншу несучу здатність болтового з'єднання на болтах, що згинаються, під кутом у результаті меншої міцності і більшої піддатливості

деревини при зминанні під кутом до волокон. Вони залежать від величини кута α , діаметра болта d і приймаються по нормах. Наприклад, при куті між елементами $\alpha = 90^\circ$ для болтів діаметрами $d = 12, 16$ і 20 мм відповідно $K_\alpha = 0,7, 0,6$ і $0,55$.

Болтові з'єднання зі металевими накладками застосовуються у вузлах конструкцій. Накладки робляться звичайно двосторонніми з листової чи кутової сталі. Відстань від осей болтів до країв накладок повинна бути не менше двох діаметрів болтів вздовж і півтора — поперек напрямку дії сил. При сталевих накладках болти працюють на згин краще через їхнє часткове зацімлення в отворах накладок.

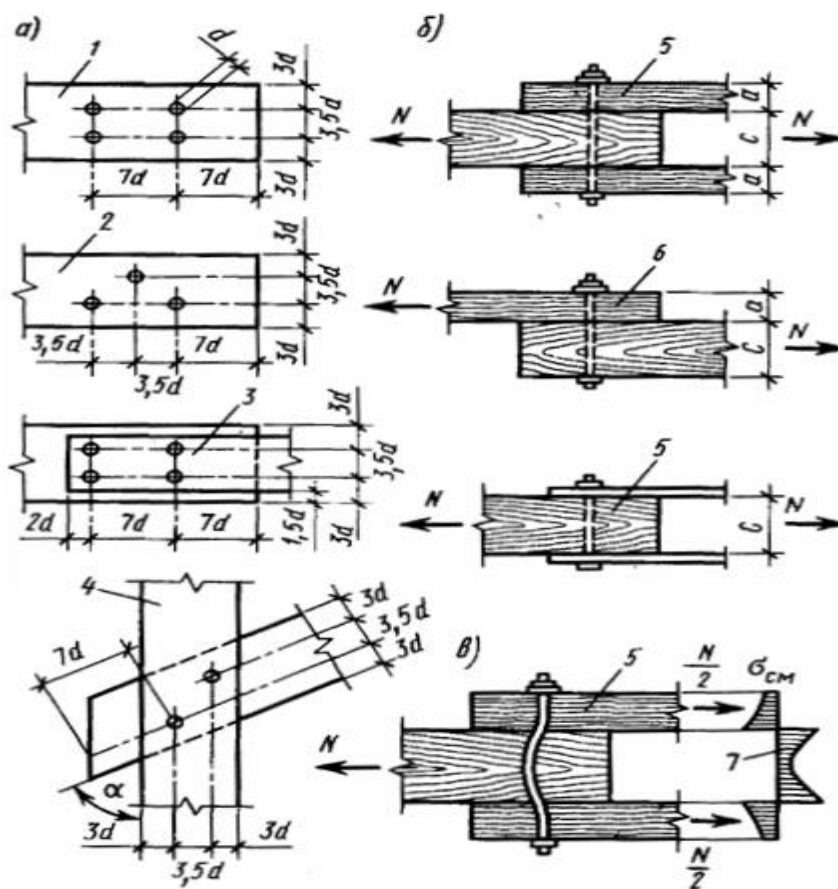


Рис. 6.4. З'єднання на болтах, що згинаються: а — схеми розміщення; б — розрахункові схеми; в — схема роботи; 1 — пряме розміщення; 2 — шахове; 3 — при металевих накладках; 4 — в з'єднаннях під кутом; 5-симетричне; 6 — несиметричне; 7 — епюра напруг зминання деревини

2. З'єднання цвяхами прості, але трудомісткі і застосовуються в основному при невеликому обсязі виготовлених конструкцій. Вістря цвяха має чотиригранну форму і довжину, рівну півтора діаметра. Головка має діаметр, рівний двом діаметрам цвяха. Найбільше застосування в дерев'яних конструкціях знаходять цвяхи діаметром 3, 4, 5 і 6 мм і довжиною відповідно 80, 100, 150 і 200 мм.

Правила розміщення цвяхів у з'єднаннях виключають небезпеку розколювання деревини елементів, що з'єднуються, і тому діаметр цвяхів повинний бути не більший чверті товщини елементів. Відстань між осями цвяхів діаметром d вздовж волокон деревини елементів, що з'єднуються, повинне бути не меншою: від торців $-15d$; між осями в елементах товщиною більшою $10d - 15d$; між осями в елементах товщиною $4d - 25d$; в елементах проміжної товщини ця відстань приймається по інтерполяції. Відстань між осями цвяхів поперек волокон і до країв елементів повинна бути при прямому розміщенні не меншою $4d$, при шаховій і косому розміщенні не меншою $3d$ (рис. 3.5).

З'єднання з цвяхами, які працюють на висмикування, (рис. 3.6) відносять до класу з'єднань з розтягнутими зв'язками. Вони застосовуються для кріплення дощок підшивок стель, щитів перекриттів і опалубки залізобетону. Від дії навантажень у них виникають сили N , що висмикують цвяхи з деревини елемента, до якого прибиті дошки. Це зусилля сприймають сили тертя між поверхнею цвяхів і навколишньою деревиною.

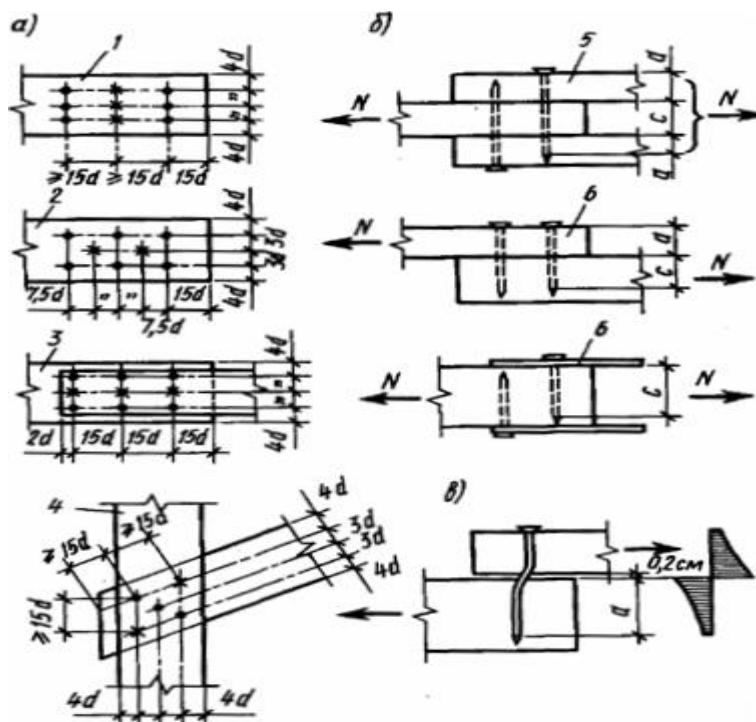


Рис. 6.5. З'єднання на цвяхах, що згинаються: а — схеми розміщення; б — розрахункові схеми; в — схема роботи епюри напруг змінання деревини; 1,2 — пряме і шахове розміщення; 3-в сталевих накладках; 4 — у з'єднаннях під кутом; 5 — симетричне двозрізне; б — несиметричне однозрізе

Розрахунок цвяха на висмикування проводиться на дію сили, що розтягує, від розрахункових навантажень по формулі

$$T_{e,u} = R_{e,u} \cdot \pi d l_1, \quad (3.3)$$

де $T_{e,u}$ — несуча здатність цвяха при висмикуванні, НМ;

$R_{в.ц} = 0,3$ МПа — розрахунковий опір сухої деревини висмикуванню з неї цвяха поперек волокон, $R_{в.ц} = 0,1$ МПа— при сирій деревині;

d — діаметр цвяха, м;

l_1 — розрахункова довжина цвяха, яка дорівнює його загальній довжині l з якої виключена товщина дощок, що прибиваються δ (м), довжина вістря $1,5d$ (м), і ширина можливої щілини 0,2 см між елементами, що з'єднуються, (м).

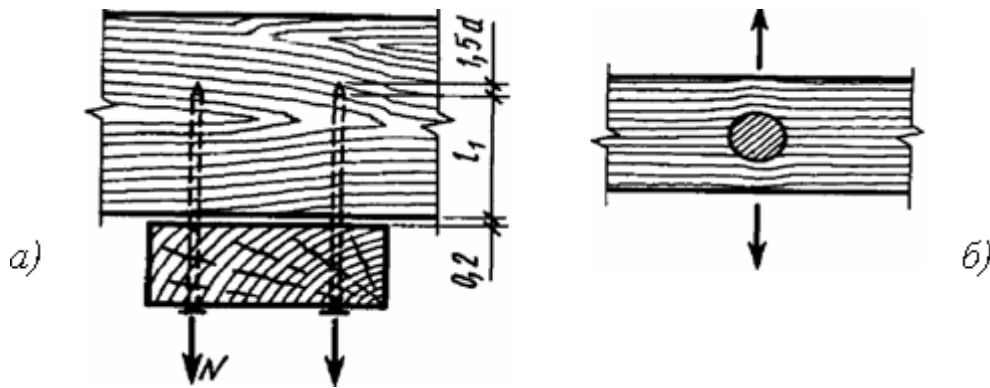


Рис. 6.6. З'єднання на цвяхах, що висмикуються: а-схема роботи напруг тертя; б- деформація деревини

Необхідна кількість цвяхів, що висмикуються n_n необхідних для сприймання розтягуючої сили N (МН) від розрахункових навантажень, визначається з виразу $n_n = N/T_{в.ц}$. Розміри цвяхів, що висмикуються, підбираються з умов, щоб розрахункова довжина цвяха була не меншою $10d$ і не меншою подвійної товщини дощок, що прибиваються - 2δ .

З'єднання з цвяхами, що згинаються, через малий діаметр і щільне зацімлення в деревині несуча здатність цвяха не залежить від кута дії зусиль відносно напрямку волокон деревини елементів, що з'єднуються. Якщо цвях пробиває всі елементи наскрізь, то розрахункова довжина його зменшується на $1,5d$ см, що враховує небезпеку відколювання крайніх волокон при виході вістря. Якщо цвях не пробиває з'єднання наскрізь, то враховується тільки глибина його зацімлення l_1 в останньому елементі, знайдена так само, як і l_1 у цвяхів, що висмикуються, з умови, що вона не менша $4d$. Несуча здатність цвяха в одному зрізі по міцності при згині визначається з виразу $T_z = 2,5d^2 + 0,01 a^2$ кН, але не більшою $4d^2$. Несуча здатність одного зрізу цвяха по міцності деревини при зминанні с середнього іа крайніх елементів визначається по тим же виразах, що і при розрахунку з'єднань на болтах, що згинаються. Несуча здатність цвяха в одному зрізі T є найменшої з обчислених.

З'єднання з цвяхами, що згинаються, і сталевими накладками застосовуються у вузлах деяких конструкцій. Цвяхи при цьому забиваються через отвори, просвердлені в сталевих накладках. Це з'єднання відносно роботи цвяхів є несиметричним і однозрізним. Несуча здатність цвяха в одному зрізі визначається

з відповідного виразу для болтових з'єднань з урахуванням глибини його зацімлення в деревині a , а по його вигині — з врахуванням його часткового зацімлення в отворі накладки з виразу $T_3 = 4d^2$.

3. Гвинтові з'єднання (рис. 3.7, а). Гвинти - це стандартизовані сталеві вироби і складаються з головки, гладкої і нарізаної частин. Їхній діаметр d вимірюється по гладкій частині. Гвинти діаметром менше 12 мм називаються *шурупами*. Вони мають сферичні чи плоскі голівки з прорізами для закручування їх у деревину викрутками. Гвинти діаметром 12 мм і більш називаються *глухарями*. Вони мають квадратні чи шестигранні голівки і вкручуються в деревину ключами.

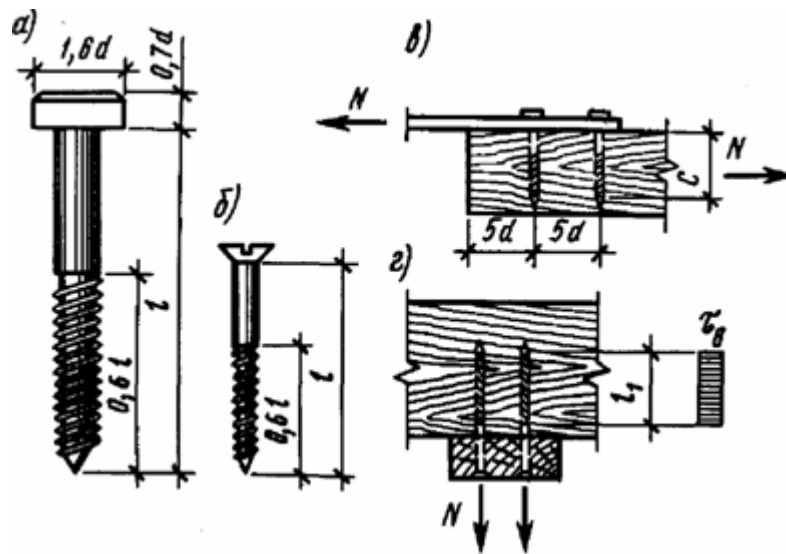


Рис. 6.7. З'єднання на гвинтах: а—глухар; б—шуруп; в—схема роботи гвинтів на вигин; г — те ж, на висмикування.

Вздовж волокон відстані між осями гвинтів повинні бути не меншою десяти їхніх діаметрів — $10d$, поперек волокон — не меншою $5d$. Глибина зацімлення гладкої частини гвинта повинна бути не меншою $4d$.

Розрахунковий опір висмикуванню гвинтів вище, ніж цвяхів, і складає $R_{зв.в} = 1$ МПа. Несуча здатність гвинтів при висмикуванні визначається по формулі(3.3). При цьому l_1 – довжина нарізної частини гвинта.

З'єднання з гвинтами, що згинаються, відносяться до класу з'єднань зі зв'язками, що згинаються. Несуча здатність гвинта визначається, як і болта, що згинається, при сталевій накладці.

6.4. Клейові з'єднання

Це найбільш прогресивні види з'єднань при заводському виготовленні клеєних дерев'яних конструкцій. Їхньою основою є конструкційні синтетичні клеї. Ці з'єднання мають ряд важливих переваг. Склеювання дає можливість з дощок обмежених розмірами перерізів і довжин виготовляти дощатоклеєні елементи

несучих конструкцій практично будь-яких розмірів і форм. Вони можуть бути прямими і вигнутими, постійного, перемінного і профільного перерізів, висотою, вимірюваної метрами, а довжиною — десятками метрів.

Клейові з'єднання є не менш міцними, чим реальна деревина, монолітними і мають настільки малу піддатливість, що її можна не враховувати при розрахунках і вважати дощатоклеєні елементи як суцільні. Клейові з'єднання є водостійкими. Вони не піддаються загниванню і стійки проти впливу ряду хімічно агресивних середовищ, що забезпечує довговічність клеєдерев'яних елементів. Ці з'єднання технологічні і їхнє виготовлення без особливих труднощів механізується й автоматизується, вимагаючи обмежених трудозатрат. При склеюванні можна використовувати деревину маломірну і зниженої якості шляхом видалення значних вад наступним стикуванням. Клеєні з'єднання безметальні, що важливо для конструкцій, експлуатованих у приміщеннях з хімічно агресивними середовищами.

Клейові з'єднання по їхньому розташуванню й особливостям роботи можуть бути поперечні, повздовжні і кутові (рис. 3.8). З'єднання дощок по пластях -поперечне - застосовується для виготовлення клеєдерев'яних елементів необхідної висоти перерізу. З'єднання застосовується при виготовленні клеєдерев'яних елементів із шириною перерізів, більшою, ніж ширина окремих дощок.

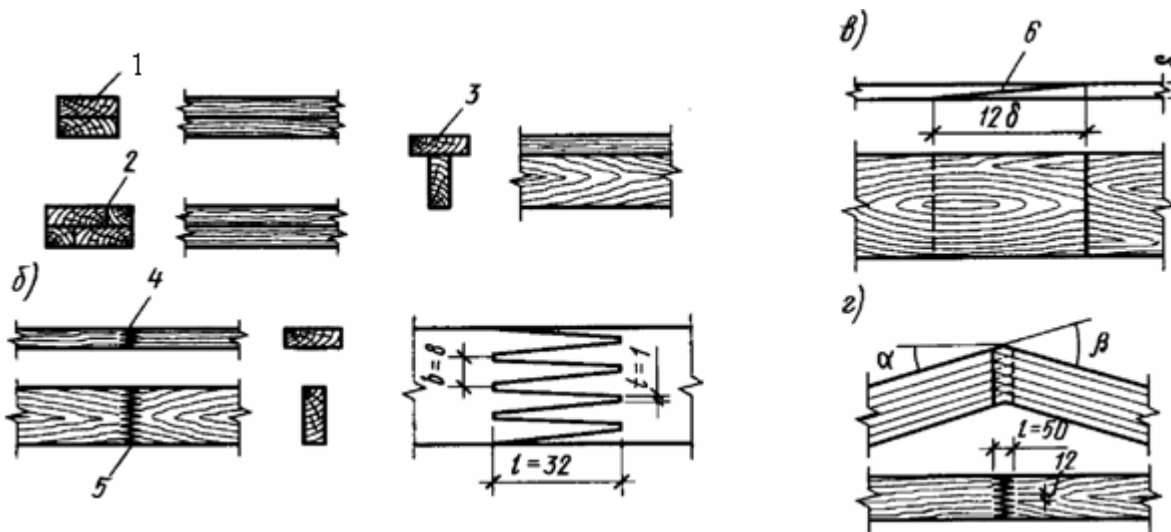


Рис. 6.8. Клейові з'єднання: а — поперечні стики; б — повздовжні стики; в — кутовий стик; 1 — стики по площинам; 2 — по краях; 3 — по площині і краю; 4 — зубчастий шип; 5 — вусовий стик фанери; 6 — кутовий зубчастий шип

Зубчастий шип -це клейове з'єднання кінців дощок по зубчастій поверхні у вигляді ряду гострих клинів, що виходять на пласті або ребра дощок. Зубчастий шип характеризується трьома параметрами — довжиною зубів l , шириною їхньої основи і шириною вершини — затупленням b . Довжина зубів звичайно не перевищує товщини дощок, а інші параметри забезпечують необхідний ухил зубів відносно осі дощок не більш 1:8 і затуплення не більш 1 мм.

Кутовий зубчастий шип має ту ж форму, що і прямий, і застосовується, головним чином, при виготовленні ломаноклеєних напіврам. Елементи цих рам розташовуються під кутом більшим 120° . Такий зубчастий шип працює на стиск із вигином як суцільний дерев'яний похилий переріз

Розрахунок клейових з'єднань, через те, що вони мають міцність вище міцності деревини 1-го сорту, не потрібен.

З'єднання на вклеєних сталевих стержнях є клейові з'єднання клеєдерев'яних елементів за допомогою коротких стержнів з арматури періодичного профілю класів А-II і А-III діаметром 12...25 мм. Вони вклеюються в прямокутні пази з накладками чи в круглі отвори клеєм (наприклад, епоксидно-цементним), що забезпечує надійне з'єднання деревини зі сталлю (рис. 3.9).

Глибина вклеювання l повинна бути не менш 10 і не більш 30 діаметрів d стержня, ширина паза чи діаметр отвору виконується на 5 мм більше діаметра стержня. Відстань між осями стержнів приймається не менш $3d$, а до країв перерізу — не менш $2d$. Вклеєні стержні застосовуються для повздовжнього і кутового з'єднань клеєдерев'яних елементів, що працюють на повздовжні сили чи згинальні моменти. Вони сприймають повздовжні розтягуючі сили N (висмикування) чи стискаючі (вдавлення). Сховані в товщі деревини сталеві стержні захищені від хімічно агресивного середовища і швидкого нагрівання при пожежі, що підвищує стійкість з'єднання проти корозії і межу вогнестійкості.

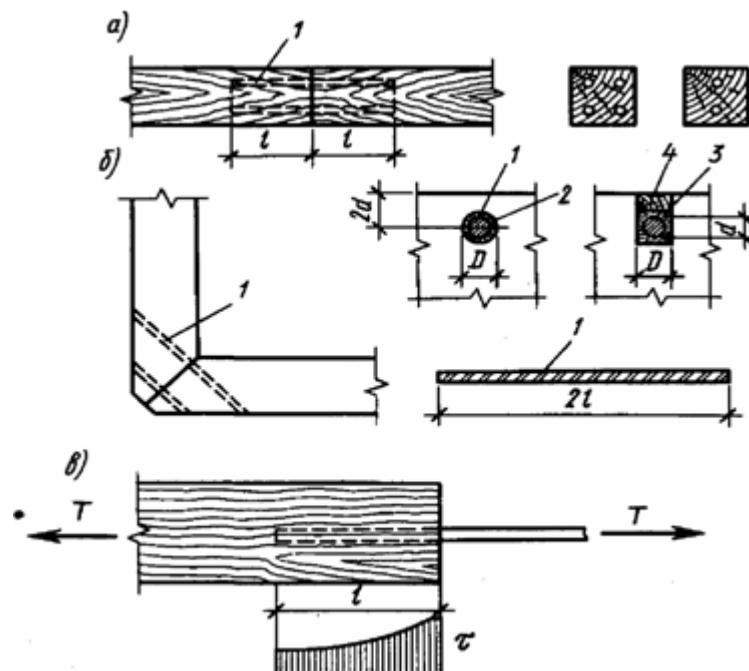


Рис. 6.9. З'єднання на вклеєних стержнях: а — повздовжньо вклеєні; б — похило вклеєні; в — схема роботи; 1-арматурний стержень; 2-отвір; 3 — паз; 4 — рейка

Розрахункова несуча здатність повздовжньо вклеєного стержня T (МН) при висмикуванні чи вдавненні визначається по формулі

$$T = \pi l (d + 0,005) R_{ск} K_{ск} \quad (3.4)$$

де l — глибина вклеювання, м;

d — діаметр стержня, м;

$R_{ск} = 2,1$ Мпа — розрахунковий максимальний опір деревини місцевому сколюванню вздовж волокон в з'єднаннях;

$K_{ск}$ — коефіцієнт, що враховує нерівномірності розподілу напруг сколювання по довжині вклеювання; $K_{ск} = (1,2 - 0,02) l/d$.

Необхідне число повздовжньо вклеєних стержнів у з'єднанні, на якому діють розтягуючі чи стискаючі сили N від розрахункових навантажень, визначаються по формулі

$$n_x = N/T. \quad (3.5)$$

Самі сталеві вклеєні стержні працюють у цьому з'єднанні на розтяг звичайно з великими запасами міцності.

З'єднання на поперечно вклеєних стержнях працюють аналогічно на зсув і зминання поперек волокон деревини біля поверхні отвору. Працюють вони спочатку пружно, потім пластично і руйнуються після великих деформацій, як при місцевому зминанні деревини. Несуча здатність такого з'єднання вище, ніж повздовжнього і коефіцієнт нерівномірності напруг теж вище. Розрахункова несуча здатність такого з'єднання може визначатися по формулі (3.4). Для визначення несучої здатності таких стержнів T (МН) можна рекомендувати більш точну емпіричну формулу

$$T = \pi l (d + 0,005) R_{зм90} K_{зм}, \quad (3.6)$$

де $R_{зм90} = 3$ Мпа — розрахунковий опір поперечному місцевому зминанню у вузлових з'єднаннях конструкцій;

$K_{зм} = (1 - 0,025) l/d$ — коефіцієнт нерівномірності напруг зминання.

З'єднання на поперечно вклеєних сталевих стержнях з великим ефектом застосовуються в опорних і проміжних вузлах конструкцій. При цьому виключається робота деревини елемента на зминання поперек волокон і розміри з'єднань істотно зменшуються.

