

УДК 624.011

## **З'єднання на кільцевих шпонках у сучасних конструкціях із клеєної деревини**

**Кліменко В.З., к.т.н., Бугаско Н.М.**

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

**Анотація.** З'єднання на кільцевих шпонках, забуті у вітчизняній будівельній справі, застосовуються у світовій практиці в конструкціях із клеєної деревини. Використання в цих конструкціях значно більш міцних дискретних в'язей, порівняно з іншими, робить в них з'єднання на кільцевих шпонках ефективними. У статті наведено приклади різноманітних з'єднань масивних елементів конструкцій з клеєної деревини.

**Аннотация.** Соединения на кольцевых шпонках, забытые в отечественном строительном деле, применяются в мировой практике в конструкциях из клееной древесины. Использование в этих конструкциях существенно более прочных дискретных связей, по сравнению с другими, делает в них соединение на кольцевых шпонках эффективным. В статье даны примеры разнообразных соединений массивных элементов конструкций из клееной древесины.

**Abstract.** Ring dowel connections, forgotten in the domestic civil engineering, are applied in the world practice in constructions made of laminated wood. The application of significantly stronger discrete connections in these structures, compared to others, makes the ring dowel connections in them effective. The article gives examples of various compounds of massive structural components made of laminated wood.

**Ключові слова:** кільцеві шпонки, конструкції з клеєної деревини.

**Вступ.** Дещо цікава історія з'єднання на гладких кільцевих шпонках у вітчизняній практиці застосування у капітальному будівництві в дерев'яних конструкціях. З'єднання набуло широкого застосування у перші десятиліття минулого століття завдяки значно більшій несучій здатності одного кільця, порівняно з іншими видами дискретних в'язей (циліндричні нагелі, цвяхи, пластинчасті нагелі, призматичні шпонки). Це дозволило створювати з дощок різноманітні ферми під велике навантаження. В цих конструкціях пояси і ґрати виконувалися складеними з декількох дощок, надійна сумісна робота яких забезпечувалася стопками кілець по довжині елементів і у вузлах. Особливо слід відмітити те, що вузли вирішувалися центровано (рис. 1) і не з'являлися місцеві згинальні моменти.

З'єднання глибоко досліджено і визначено правила його проектування. Найбільш докладно ці правила наведені у капітальному курсі дерев'яних конструкцій [1, 2] і у нормативному документі [3]. Проте, починаючи з [4], у наступних нормах до СНиП II-25-80 з'єднання на гладких кільцевих

шпонках були вилучені. При тому, що з'єднання продовжувало застосовуватися у світовій практиці і було представлено в європейському стандарті EN 5 «Дерев'яні конструкції». Тому з'єднання на гладких кільцевих шпонках відновлено у ДСТУ «Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування». З'єднання представлено як у традиційному вигляді у конструкціях з дощок, так і для застосування у конструкціях із клеєної деревини з новим методологічним підходом до проектування.

В статті не розглядаються докладно теоретичні і практичні питання роботи, розрахунку і конструювання з'єднання на ГКШ, тому що фізична природа з'єднання залишилася незмінною. Несуча здатність однієї ГКШ, як і раніше, визначається за двох умов: 1) опором зминанню деревини зовнішньої і внутрішньої стінок шпонкового гнізда і 2) опором сколюванню деревини осереддя шпонки і елементів на ділянках між шпонками. Новий методологічний підхід до з'єднання на ГКШ обумовлений габаритами масивних елементів конструкцій з клеєної деревини і застосуванням ГКШ зі збільшеною несучою здатністю. Цей новий підхід у застосуванні ГКШ демонструється прикладами зі світового досвіду.

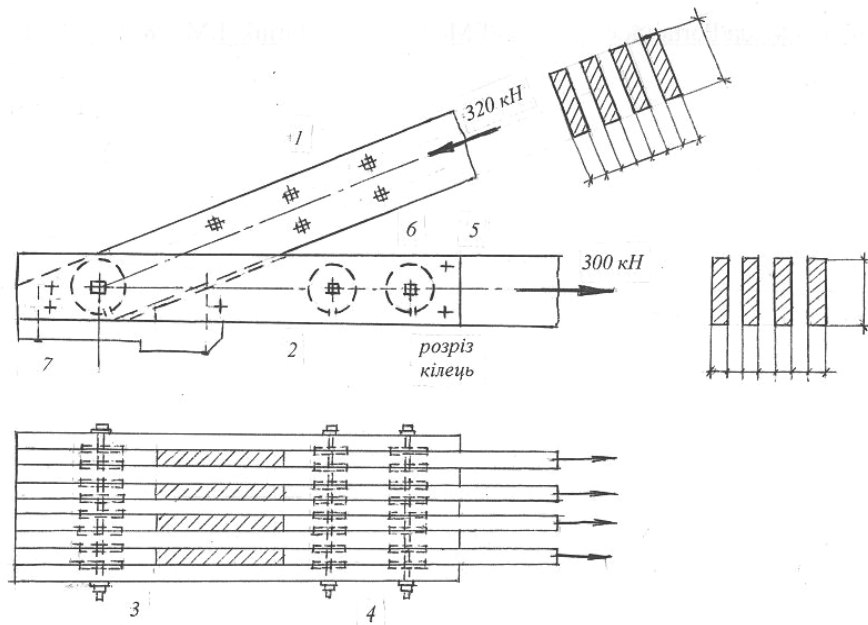


Рис. 1. Опорний вузол ферми і стик нижнього поясу  
1 – опорний розкіс; 2 – стик нижнього поясу; 3 – стопка з 8 ГКШ 18×3,5;  
4 – дві стопки по 8 ГКШ 12×2,5; 5, 6 – стяжні болти; 7 – підбалка

**З'єднання з ГКШ у стрижневих конструкціях.** У вітчизняній практиці проектування з'єднань було засновано на діючому нормальному сортаменті ГКШ із внутрішнім діаметром кільця, його шириною і товщиною, у см: 10×2×0,3; 12×2,5×0,3; 14×2,5×0,3; 16×3×0,35; 18×3,5×0,4; 20×4×0,5; 22×4,5×0,5. За діючим в елементі зусиллям визначався типорозмір ГКШ у залежності від кількості стопок і кількості кілець у стопці. Відповідно до типорозміру шпонки приймалися дошки відповідної ширини і товщини. Потім із дотриманням нормативних вимог виконувалося проектування стиків елементів і вузлових з'єднань із перевіркою міцності елементів за ослабленим перерізом.

*Приклад розрахунку вузла на рис. 1.* Стик нижнього поясу двостопковий з ГКШ 12×2,5 см. Несуча здатність однієї ГКШ дорівнює 19,2 кН. Розрахункова кількість кілець  $300/19,2=15,6$  шт. Прийнято 16 ГКШ. Нижній пояс виконано з 4 дощок перерізом 6,5×25 см. Вузлове з'єднання. Прийнята ширина дощок нижнього пояса дозволяє використати ГКШ 18×3,5 см з несучою здатністю 41 кН. Загальна несуча здатність усіх кілець  $41 \times 8 = 328$  кН > 320 кН. Розкіс виконано також із 4 дощок 6,5×25 см.

Характерною особливістю ферм з ГКШ є багатошарове рішення стрижнів, викликане необхідністю утворення достатньої кількості вертикальних швів. Інша особливість таких ферм полягає у можливості знакозмінної роботи стрижнів грати, що дозволяє використовувати трикутну схему грати зі змінним напрямом розкосів. Переріз поясів ферм із кількістю гілок більше, ніж чотири не рекомендувався у зв'язку з підвищеною небезпекою нерівномірного розподілу зусиль в окремих гілках. У вітчизняних нормах пропонувалося пояси виконувати однаковими з парною кількістю гілок.

Тут з усіх вимог до конструювання з'єднань відмітимо наступне: неприпустимість утворення щілин у гнізді між шпонкою і деревиною. У зв'язку з цим слід застосовувати в конструкціях сухі пиломатеріали. Однак навіть в елементах з повітряно-сухої деревини деформації від усихання можуть бути такими, що щільність у з'єднанні з ГКШ виявиться недостатньою для його роботи, як визначено вище. Подолати цей можливий недолік з'єднання можна застосуванням деревини з низькою відносною вологістю  $W=9 \div 12$  %. Для забезпечення щільності з'єднання застосовувалися кільця з поперечним розрізом із наданням в'язям пружності. Надто небажаними в зоні вузлів і стиків є сучки у мілко розмірних пиломатеріалах, особливо при влаштуванні гнізда для ГКШ у місці розташування сучка. З урахуванням наведених вище фактів здається потенційно доцільним застосування з'єднань із ГКШ у конструкціях із клеєної деревини. Це підтверджується світовим досвідом, і не зрозуміло, чому у нас це з'єднання віддане забуттю. Надамо спочатку приклади застосування ГКШ у фермах із дощок.

Приклад 1 [5]. Покриття манежу із шедовим світловим ліхтарем (рис. 2). Верхні пояси ферм із трьох дощок  $8 \times 18$  см, нижні –  $8 \times 21$  см, розкоси і стояки ферм 2 ( $6 \times 12$ ) см.

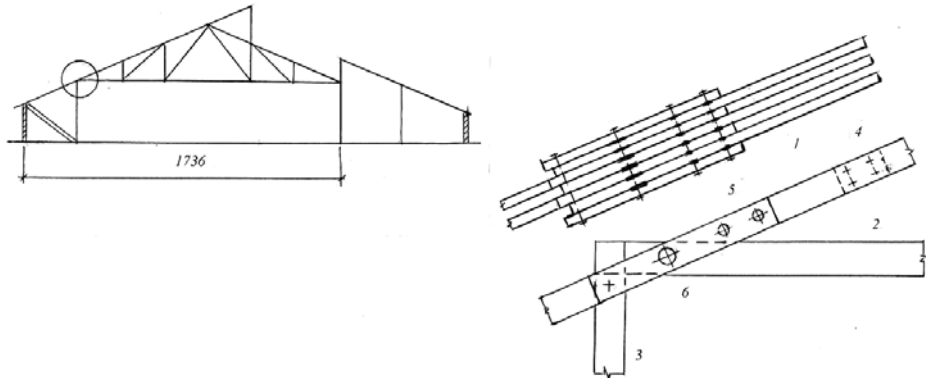


Рис. 2. Покриття з фермами з дощок (1970 р.)  
1 – верхній пояс; 2 – нижній пояс; 3 – стійка каркасу  $3 (8 \times 18)$ ; 4 – дерев'яні прокладки; 5 – стопки з ГКШ  $d = 8$  см; 6 – стопка з ГКШ  $d = 12,8$  см

Конструкція опорного вузла однотипна конструкції, що показана на рис. 1. Відміна полягає в тому, що пояси складаються з трьох гілок.

Приклад 2 [6]. Покриття зимового стадіону (рис. 3). Ферми розміщені з кроком  $13,2$  м.

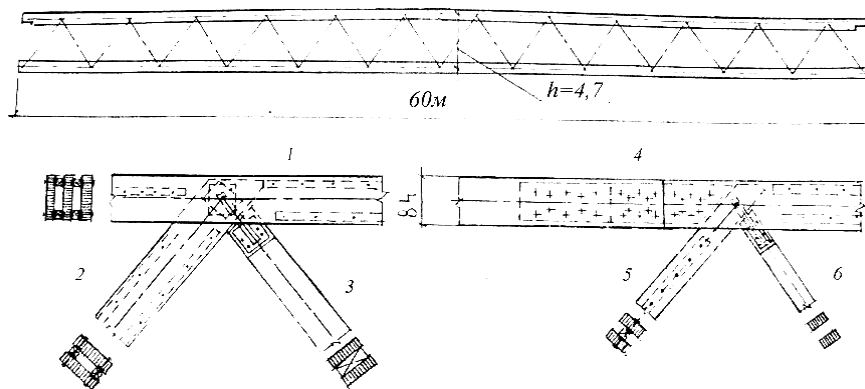


Рис. 3. Ферми з клеєної деревини (1973 р.)  
1 – верхній пояс перерізом  $3(84 \times 13,5)$  см; 2 – опорний розкіс  $2 (80 \times 13,5)$  см;  
3 – низхідний розкіс  $2(60 \times 13,5)$  см; 4 – стик верхнього поясу;  
5 – стиснутий розкіс  $2(40 \times 12)$  см; 6 – розтягнутий розкіс  $2 (34 \times 12)$  см

Особливістю ферм є співвідношення їхнього прогону до висоти, яке дорівнює  $\approx 13$ , що майже вдвічі перевершує рекомендації вітчизняних норм проектування. Внаслідок цього пояси ферм виконані трьохстінчастими, сумісна робота стінок в яких і стійкість із площини згину при  $h/v = 84/13,5 = 6,2$  забезпечені суцільними прокладками, з'єднаними зі стінками на дрібних ГКШ. Вузли приєднання до поясів розкосів центровані з використанням значно міцніших ГКШ.

*Приклад 3.* Покриття громадської будівлі. Оригінальне покриття складається з ферм із віялоподібно розташованими у просторі розкосами.

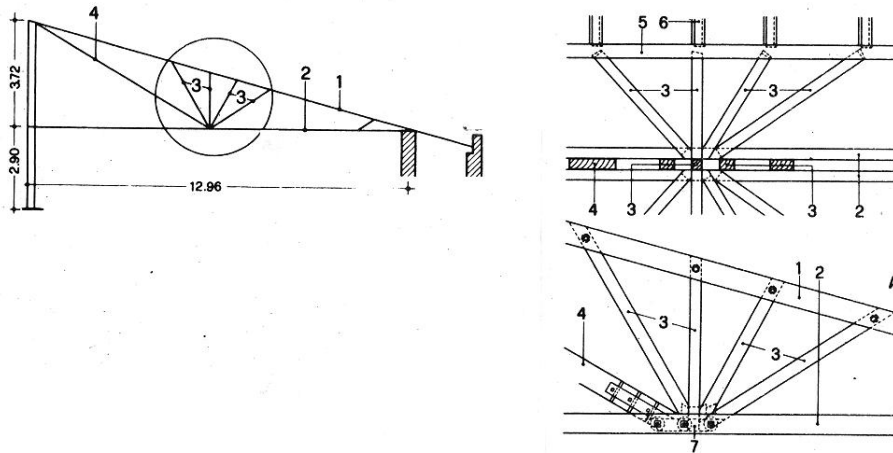


Рис. 4. Покриття громадської будівлі

а – ферма; б – вид зверху; в – вузол; 1 – верхній пояс; 2 – нижній пояс; 3, 4 – розкоси; 5 – проміжні балки; 6 – розпірка; 7 – сталевий башмак

Верхній пояс ферми з дощок 2 (12×24) см, нижній – 2 (12×22) см, розкоси перерізом 12×12 см, 12×14 см, 12×26 см. Розкоси, що розташовані під кутом до площини ферми, підтримують проміжні балки даху 16×24 см. Між дошками нижнього поясу у вузлі знаходиться сталевий башмак з упорами для підкосів, які направлені під кутом до площини ферми, і привареними кільцевими шпонками  $d = 16$  см, для кріплення розкосів, які знаходяться у площині ферми. Таким чином, у вузлі з'єднуються 13 елементів.

**З'єднання на ГКШ із металевими листами і башмаками.** У прикладі 3 показано з'єднання, принципово відмінне від традиційного з'єднання. В ньому шпонки приварені до металевого башмака. Таке рішення не передбачає обов'язкового влаштування у кільцях розрізів, як це робилося у вітчизняній практиці. Розріз кільця забезпечував щільність його

притискання до стінок гнізда і осереддя при всиханні деревини. Відсутність розрізу кільця може бути допущена за відсутності деформацій в елементах від усихання. Відсутність подібного факту в елементах із клеєної деревини використана для створення нового типу з'єднань із кільцевими шпонками: сталеві башмаки чи листи з привареними до них одно-, двобічними шпонками. Це суттєво розширило можливості для проектування різноманітних вузлів у конструкціях із клеєної деревини. В них значно менше відбивається негативний вплив наявних у масивних багатшарових елементах природних вад деревини. Нижче наведено приклади нового типу з'єднань із кільцевими шпонками.

*Приклад 4* (рис. 5). Навіс над трибуною [7]. Ригель із консоллю змінного перерізу  $13 \times (35 \div 122)$  см. Криволінійні стійки зі спарених елементів  $10 \times 50$  см жорстко закріплені до залізобетонної опори сталевим башмаком за допомогою кільцевих шпонок  $d = 90$  мм приварених із двох боків до вертикального ребра коробчастої форми. Ця коробка болтами закріплена до горизонтального листа башмака. Розтягнутий металевий розкіс закріплено до ригеля парними листовими накладками з однобічними кільцевими шпонками  $d = 90$  мм.

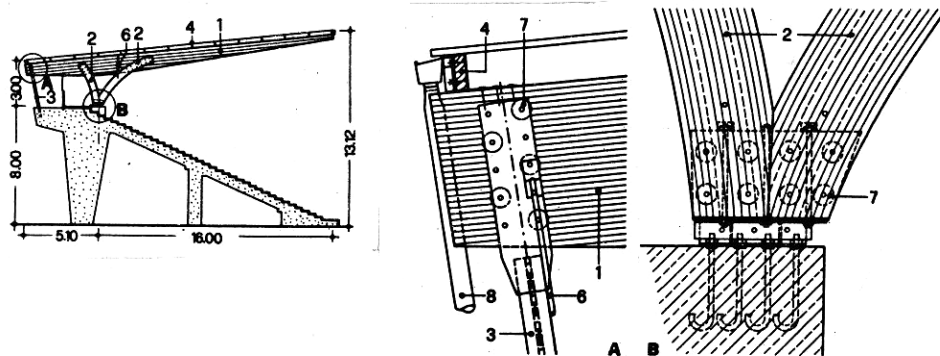


Рис. 5. Навіс над трибуною  
1 – ригель; 2 – стійка; 3 – розтягнутий розкіс; 4 – прогони;  
5, 6 – в'язі просторової жорсткості; 7 – кільцеві шпонки

Інші конструкції башмаків в опорних і гребневих вузлах рам показано в наступних прикладах.

Приклад 5 [7]

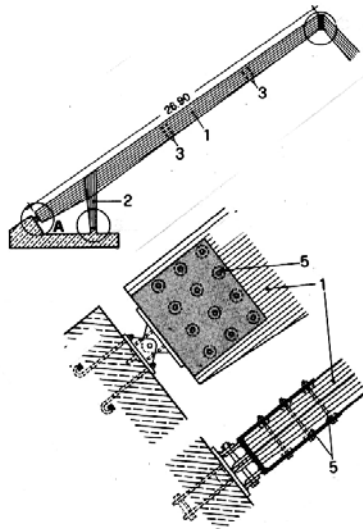


Рис. 6. Опорний вузол рами: 1 – напіврама; 2 – стійка; 3, 4 – меридіональні в'язі просторової жорсткості (4 – на протилежній напіврамі); 5 – сталевий опорний башмак із кільцевими однобічними шпонками

Приклад 6. Плавальний басейн [7]. Трьохшарнірні рами з ригелем зі спарених елементів змінного перерізу по  $14 \times (60 \div 177)$  см.

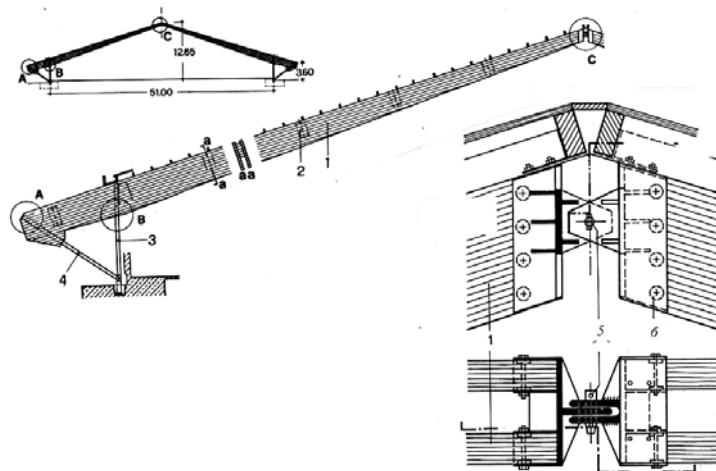


Рис. 7. Рама і гребневий вузол: 1 – ригель; 2 – прокладки; 3 – стійка; 4 – розтягнутий розкіс; 5 – шарнір; 6 – однобічні кільцеві шпонки

**З'єднання з дворядними ГКШ.** Розміри елементів із клесної деревини дозволяють встановлювати ГКШ у два ряди, чого не можна було робити в конструкціях із дощок.

Приклад 7. Виробнича будівля (1968 р.) [8]

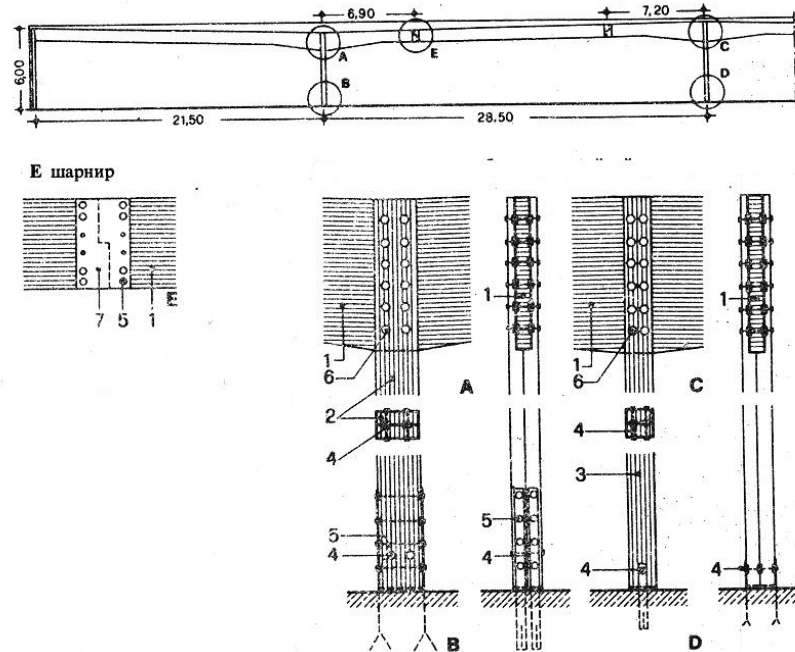


Рис. 8. З'єднання балки зі стійками: 1 – балка  $14 \times (85, 145$  см над стійками); 2 – стійка  $2(13 \times 40$  см); 3 – стійка  $2(13 \times 26$  см); 4 – кільцеві шпонки  $d=80$  мм; 5 – кільцеві шпонки  $d=60$  мм; 6 – кільцеві шпонки  $d=90$  мм; 7 – сталеві парні накладки

Карнизні вузли рам. Приклад 8. Промисловий павільйон (1969 р.) [9]

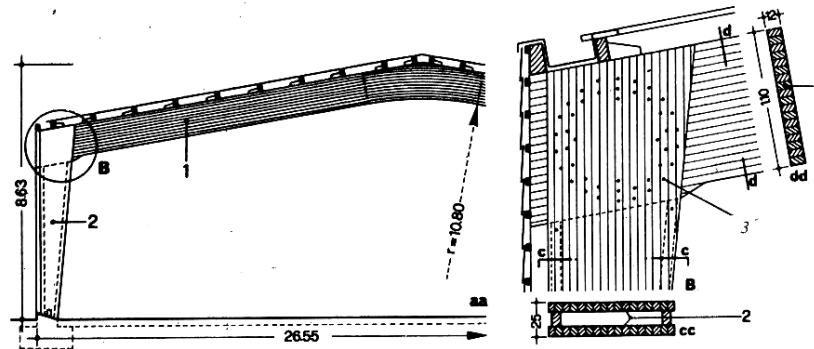


Рис. 9. Карнизний вузол рами з ригелем постійного перерізу  
1 – ригель  $12 \times 110$  см; 2 – стійка  $2(6,5 \times 58 \div 110)$  см; 3 – 88 шпонок  $d = 65$  мм



Приклад 9. Манеж (1969 р.) [10]

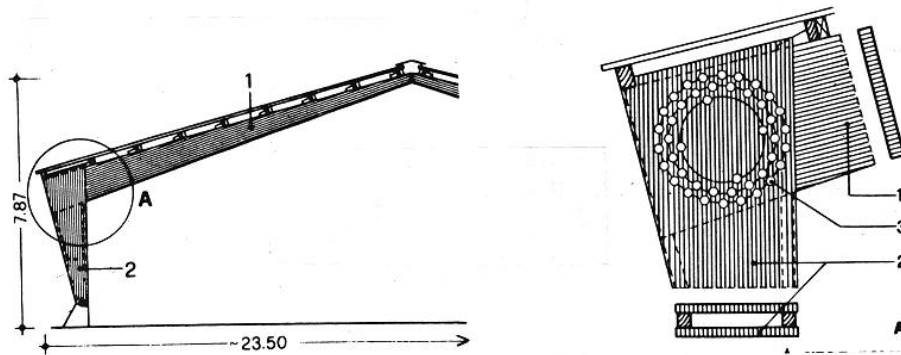


Рис. 10. Карнизний вузол рами з ригелем зі змінною висотою перерізу  
1 – ригель  $11 \times (30 \div 118)$  см; 2 – стійка  $2(7 \times 37 \div 133)$  см; 3 – 44 шпонки  $d=65$  мм

**Вимоги до виготовлення конструкцій з ГКШ.** Високоякісні з'єднання з використанням ГКШ можуть бути отримані тільки за умови заводського виготовлення. Основні засоби і устаткування для цього у сучасному технічному виконанні можуть бути такими, які докладно розглянуті в частині 1 Курсу [1], чи з використанням зарубіжного досвіду. Точність шаблонів, відповідно до конструкцій вузлів, наразі досягається застосуванням комп'ютерних технологій, що забезпечує якісну збірку конструкцій. Збірка перевіряється виготовленням пробної конструкції на заводі. Виготовлені на заводі елементи конструкцій з комплектом шпонок, сталевих башмаків, необхідних болтів і інших деталей доставляються на будівництво. Дерев'яні елементи повинні бути захищені від зволоження.

#### Література

- [1] Карлсен Г. Г. Курс деревянных конструкций : учебник для строительных вузов и факультетов. Часть 1 / [Г. Г. Карлсен и др.] ; под общ. ред. Карлсена Г. Г. – Л. : ГСИ, 1942. – 540 с.
- [2] Карлсен Г. Г. Курс деревянных конструкций : учебник для строительных вузов и факультетов. Часть 2 / [Г. Г. Карлсен и др.] ; под общ. ред. Карлсена Г. Г. – Л. : ГСИ, 1943. – 632 с.
- [3] Деревянные конструкции и сооружения. Технические условия и нормы проектирования и возведения. НКТП СССР. – М. – Л. : ГСИ, 1935.
- [4] Нормы и технические условия проектирования деревянных конструкций : НИТУ 122-55. – М. : ГСИ, 1955. – 86 с.
- [5] Bauen mit Holz. – 1970. – № 9. – С. 424

- [6] Реферативная информация / ЦИНИС. – 1973. – серия VIII : вып. 10. – С. 2–26.
- [7] Götz K. H. Holzbau Atlas / [K. H. Götz, D. Hoor, K. Möhler, J. Natterer]. – München, 1978. – 283 S. – (Атлас деревянных конструкций)
- [8] Bauen mit Holz. – 1968. – № 12.
- [9] Bauen mit Holz. – 1969. – № 9.
- [10] Bauen mit Holz. – 1969. – № 12.

*Надійшла до редколегії 10.07.2013 р.*