

КОНСТРУКЦІЇ З КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ В БАЛКОВИХ ПОКРИТТЯХ

В публікаціях [1, 2, 3, 4] розглянута клеєна деревина як ефективний конструкційний матеріал і наведені приклади різноманітних конструктивних форм: рам, арок, просторових споруд для перекриття середніх (30–60 м), великих (до 100 м) та дуже великих прольотів (до 150 м). Широке застосування клеєна деревина отримала у відносно простішому, порівняно зі згаданими конструктивними формами, конструктивному рішенні балкових покриттів (перекриттів), стійко-балкових споруд. На рис. 1, а дані схеми традиційних балкових клітин з різним розташуванням балок головних і другорядних першого, другого, а в деяких схемах і третього порядку і чотири варіанти рішення вузла спирання балок нижнього порядку на балки вищого порядку. Принципова різниця між вузлами спирання полягає в наявності чи відсутності опорних столиків. В першому випадку реакція від однієї балки на іншу передається через горизонтальні опорні листи столиків, які працюють на

згин за схемою плити обпертої на три або два боки. Деревина балки працює на місцеве стискання поперек волокон. В другому випадку прикріплення однієї балки до іншої здійснюється металевими штирями, які працюють як циліндричні нагелі. В балкових клітинах з невеликими чарунками реакції внутрішніх балок не досягають великих величин і такі прості рішення вузлів достатні для передачі реакцій. В місцях спирання другорядних балок першого порядку на контурні головні балки реакції можуть вже бути значно більшими. З тим, щоб не застосовувати поверхове спирання балок, рекомендуються металеві столики Г-подібного виду з опиранням їх на головні балки через верхній горизонтальний лист. В такому рішенні реакція від другорядних балок на головні передається через площадки змінання ортогональні напрямку волокон на верхніх гранях, чому деревина спирається значно краще, ніж розтягу поперек волокон при закріпленні столиків так, як показано на рис. 1, а.

Інші схеми балкових покриттів показані на рис. 1, б: віялоподібні на різному горизонтальному плані і промениста, яка дозволяє отримати напрочуд привабливі за зовнішнім виглядом конструкції покриття. Балки з клеєної деревини можуть досягати довжини навіть 24 м. Спирання балок на кушову колону (яка, до речі, також може бути з клеєної деревини) вирішується чи шарнірно (два верхні вузли на рис. 1, б), чи жорстко (два нижні вузли на рис. 1, б). Це залежить від реакції кожної балки. В разі великих за величиною реакцій виникає необхідність розвинення площин оголовка колони для забезпечення розрахункових площин спирання балок, а це не завжди можливо по конструктивним або архітектурним міркуванням. Краще в таких випадках застосовувати жорсткі рішення: оголовок не збільшується, досягається візуальне враження легкості покриття в інтер'єрі при трубчастій металевій колоні.

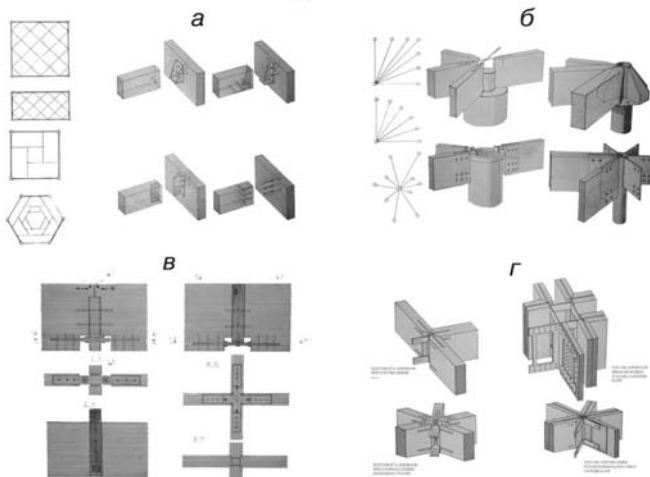


Рис. 1. Вузли балкових конструкцій: а, б – опорні; в, г – жорсткі вузли перехресних балок



Фото 1. Канада. Будівля сільської бібліотеки. Інтер'єр. Одноповерхова будівля виконана з клеєної деревини. Покриття складної конфігурації в плані і в просторі. Каркас внутрішньої несучої стіни між офісним приміщенням і читачкою залом також з клеєної деревини

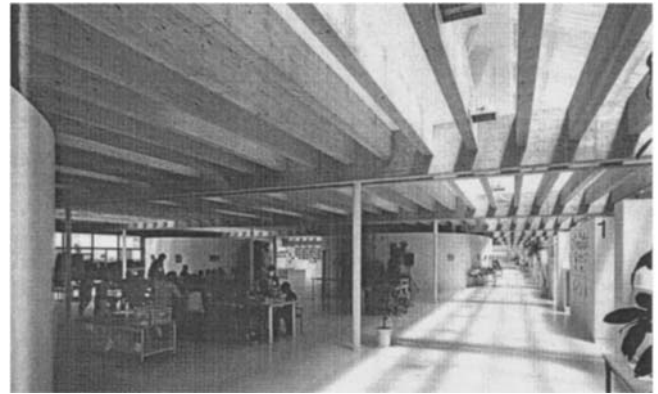


Фото 2. Японія. Просторий шкільний клас. Покриття вирішено у вигляді простої балкової системи: з великим кроком розташовані поперечні головні балки, на які з кроком в межах 1 м спираються повздовжні й другорядні балки. Стеля виконана з глухих і світлопрозорих смуг.

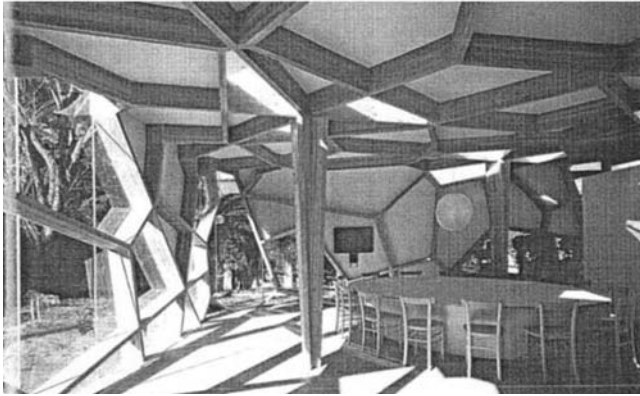


Фото 3. Японія. Інтер'єр літнього кафе.

Оригінальна балкова клітина покриття складається з трьох-, чотирьох-, п'ятигранних чарунок. В прольоті покриття спирається на хрестоподібні колони змінного перерізу по висоті, ззовні – також на незвичайні за конструкцією стіни світлопрозорі і глухі

На рис. 1, в показані жорсткі вузли спряження ортогонально перехресних балок великих розмірів. Принципова різниця в конструкції вузлів полягає в тому, що в лівому варіанті балка (ортогональна в площині рисунка) нерозрізна, а в правому варіанті обидві балки розрізані і стикаються прямим лобовим упором. Розтягуюча складова зусилля пари сил в лівому варіанті сприймається металевими смугами і парними металевими накладками на болтах. В правому варіанті розтягуючи зусилля в нижній зоні вузла сприймаються також металевими смугами, з'єднаними між собою хрестоподібною металевою накладкою на болтах. В обох варіантах металеві смуги приєднуються до балок клеєними глухими стержнями з арматурної сталі і розташовані у вузьких прорізах, зроблених в нижній частині торців балок. Такі вузли спроможні сприймати значний згинальний момент.

На рис. 1, г дані інші варіанти жорстких вузлів, конструкція яких залежить від розрахункового згинального моменту та розмірів балок. Балки з'єднуються у вузлах за допомогою металевих пелюстків вертикальних чи горизонтальних, до яких вони приєднуються болтами-нагельми. Вертикальні пелюстки розміщуються чи в прорізах одностінчатих балок, чи в зазорах двухстінчатих потужних балок.

Балки – проста конструктивна форма з погляду на них з позиції опору матеріалів, коли вона виконана з однорідного за фізико-механічними характеристиками ізотропного матеріалу. В цій простій конструктивній формі надзвичайна анізотропія механічної міцності клеєної деревини викликає особливості деформовано-напруженого стану балок. Анізотропія міцності



Фото 4. Японія. Зелений будинок (оранжерея) при офісному будинку. Конструктивні елементи двоповерхових каркасів оранжереї і офісу виконані з клеєної деревини. Зовнішні стіни першого поверху із звичайного скла. Стіни другого поверху з напівпрозорого матеріалу для пропуску ультрафіолетових променів

деревини при роботі її вздовж чи поперек волокон при розтягу, і стиску і на сколювання, як негативна властивість для конструкційного матеріалу, відома. В балках з цільної деревини при обмежених прольотах методика їх розрахунку відповідає правилам опору матеріалів. Перерізи, в яких слід обов'язково перевіряти напруження нормальні і дотичні, відомі: це перерізи де діють максимальний граничний згинальний момент і максимальне поперечне зусилля, відповідно. В великопрольотних балках великої висоти з клеєної деревини, ще достатньо добре зберігається гіпотеза плоских перерізів, але порушується в значній мірі припущення про не натискання при згині волокон. Накопичення таких деформацій відбувається від периферійних волокон до нейтральної осі. Поперечні деформації незначні, але при великій висоті балок вони викликають появу поблизу нейтральної осі напружень стиску поперек волокон вже одного порядку з її опором. Механізм розвинення поперечних напружень аналогічний розвиненню радіальних напружень при згині криволінійних балок моментом спрямованим по напрямку кривини. Норми проектування вимагають виконувати перевірку міцності клеєної деревини на дію поперечних напружень при згині криволінійних балок. Здається, таку перевірку необхідно рекомендувати і для прямолінійних балок, визначаючи поперечні напруження $\sigma_{c,90}$ в залежності від прогину балок за формулою

$$s_{c,90} = \frac{s_{32} \cdot h}{4 \cdot r} \quad (1)$$

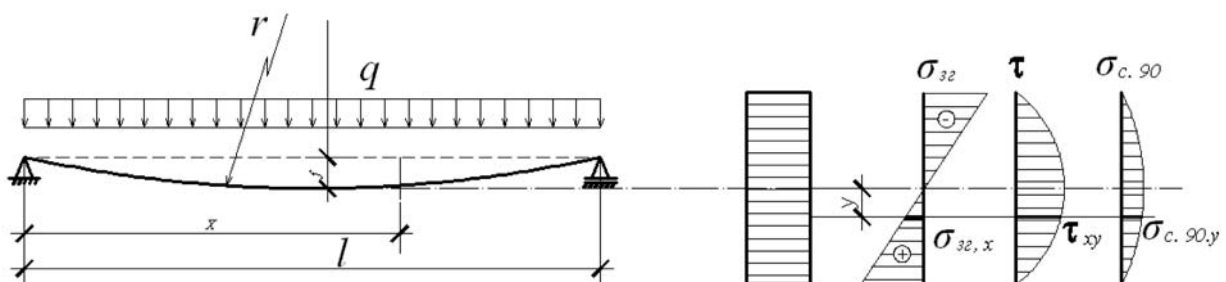


Рис. 2. Напружений стан великопрольотної балки



Фото. 5. Проектна пропозиція багатоповерхової офісної будівлі



Фото 6. Загальний вигляд будівлі



Фото 7. Проект будівлі

в якій $\sigma_{зг}$ – крайові напруження згину; r – радіус кривини балки, вважаючи її коловою.

Перевірки по максимальним нормальним $\sigma_{зг}$ і до-
тичним τ напруженням залишаються обов'язковими.
Додатково до них автори пропонують проводити пе-
ревірку міцності клеєної деревини в тих місцях балок,
в яких формується складний напружений стан (СНС)
від сумісної дії напружень $\sigma_{зг}$, σ та $\sigma_{с.90}$. Небезпечний
СНС може формуватися по довжині балки на ділянках
між опорами і серединою прольоту (при рівномірно
розподіленому навантаженні) в розтягнутій зоні бли-
жче до нейтральної осі. Переріз, в якому з'являється
небезпечний СНС клеєної деревини визначається
пошуком за умови досягнення СНС максимального
значення [5, 6] в його математичному виразі

$$\left(\frac{\sigma_{зг}}{R_{зг}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{R_{ск}}\right)^2 \cdot A + \left(\frac{\sigma_{с.90}}{R_{с.90}}\right)^2 \cdot B \leq 1 \quad (2)$$

де $R_{зг}$, $R_{ск}$, $R_{с.90}$ – розрахункові опори клеєної деревини
відповідно згину, сколюванню вздовж волокон, стиску
поперек волокон; A та B – постійні параметри, які вра-
ховують анізотропію фізико-механічних властивостей
деревини та рівень і знак напружень $\sigma_{зг}$ [7, 8].

Методика розрахунку з урахуванням СНС полягає
в ітераційному пошуку розташування перерізу по дов-
жині балки – x і місця по висоті перерізу – y , в якому
досягається максимальне значення умови (2), так як
показано на рис. 2.

Розрахунок за умовою (2) піддається формалізації
і може здійснюватися в автоматизованому режимі, що
прискорює процес пошуку небезпечного за СНС місця
балки. В разі необхідності в цих місцях, розташованих
симетрично відносно середини прольоту, виконується
конструктивне підсилення клеєної деревини шляхом
вклеювання поперечних стержнів з арматурної сталі.

Вище дані приклади цікавих, оригінальних балкових
покріттів в одноповерхових будівлях різного функціо-
нального призначення (фото 1...3) і двоповерховий
каркас зони відпочинку офісу (фото 4). На фото 6,
7 дані приклади збудованої п'ятиповерхової офісної
будівлі у Фінляндії (фірма FMO Tapiola) із несучим
каркасом з клеєної деревини. На фото 5 показана
проектна пропозиція будівництва в міській забудові
багатоповерхової офісної будівлі (прокоментуємо це
сміливе рішення з застосуванням каркасу з клеєної
деревини як перший дерев'яний хмарочос). Цей об'єкт
відповідає європейським стандартам протипожежної
безпеки, про що свідчить дозвіл, отриманий на його
будівництво. Досвід будівництва і проектування подіб-
них будівель розглядається як перші кроки на шляху
відродження дерев'яного будівництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко В.З., Пермяков В.А. Состояние и перспективы применения строительных деревянных конструкций в Украине – К.: АБУ, часопис Економіка будівництва. №4. 2005. – С. 36–41.
2. Кліменко В.З. Конструкції з клеєної деревини. Світовий досвід // Промислове будівництво та інженерні споруди. – №1. – 2009. – С. 39–43.
3. Кліменко В.З. Вітчизняний досвід впровадження в капітальному будівництві конструкцій з клеєної деревини. Здобутки і проблеми – К.: Науково-виробничий журнал Будівництво України №5 2009. – С. 17–21.
4. Кліменко В.З. Ефективний конструктивний матеріал – клеєна деревина // Будівництво України. №9–10, 2009. – С. 16–20.

5. Клименко В.З. Расчет конструкций из клееной древесины при сложном напряженном состоянии // Сопротивление материалов и теория сооружений. № 54 – К., 1988. – С. 67–71.

6. Клименко В.З. Новая концепция проектирования великопрогоновых конструкций из клееной древесины / Сборник науч. работ УкрНДІПСК ім. Шимановського. – К.: Сталь, 2010. – С. 30–42.

7. Клименко В.З., Михайловський Д.В. Пропозиції щодо перевірки позацентрово-вирішених вузлів стерж-

ньових конструкцій з клеєної деревини при складному напруженому стані / Збірник наукових праць «Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди», Випуск 16, частина 2 – Рівне: НУВГП, 2007 – С. 203–206

8. Михайловський Д.В. Розрахункова умова міцності клеєної деревини при осьових напруженнях розтягу і складному напруженому стані / Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып. 50, Днепропетровск, ПГАСА, 2009 – С. 375–380.

УДК 666.553.535

Алексеева Л.В., зав. сектором перлита, ГП «НИИСМИ», г. Киев

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТОВОГО ПЕСКА КАК ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

Вспученный перлит – высокоэффективный тепло- и звукоизоляционный пористый материал. Производится в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 10832 «Песок и щебень перлитовые вспученные» [1] в виде песка, щебня и порошка из вулканической стекловатой водосодержащей породы кислого состава путём её термической обработки.

Применение теплоэффективных материалов и изделий на основе вспученного перлита в ограждающих конструкциях зданий позволяет успешно решать проблему энергосбережения в строительстве, особенно в настоящее время, когда ужесточены нормативные требования к теплосоппротивлению (2,0-2,8 м² °С/ Вт) наружных стен отапливаемых помещений

Физико-технические характеристики таких материалов и возможность их производства напрямую зависят от свойств применяемого вспученного перлита. Наиболее широкое применение в промышленности нашёл вспученный перлитовый песок.

Однако использование его в строительстве ограничивается основным недостатком – большим водопоглощением и малой прочностью, что обуславливается наличием открытой пористой структуры зерен перлита. При использовании в качестве заполнителя для легких бетонов эти свойства вспученного перлитового песка являются главным недостатком.

Открытая пористая структура зерен обусловлена тем, что вспученный перлит получают традиционным «взрывным» способом по одностадийной технологии.

Промышленное использование перлита определяется его эксплуатационными характеристиками. Для производства перлитобетона требуется зернистый вспученный перлитовый песок однородного фракционного состава с улучшенными прочностными показателями и пониженным водопоглощением [2]. В таблице 1 представлены требуемые характеристики вспученного перлитового песка, применяемого в легких бетонах и сухих строительных смесях. Такие свойства обеспе-

Таблица 1

Свойства вспученного перлита для бетонов и сухих строительных смесей

Характеристики вспученного перлита						Перлитобетон		Сухие строительные смеси			
Наименование	Насыпная плотность, кг/м³	Фракционный состав		Теплопроводность при температуре (25±5)0С, не более Вт/(м·К)	Прочность при сдвливании в цилиндре (фр. 1,25-2.5 мм),МПа	Теплоизоляционный	Конструкционно-теплоизоляционный	Штукатурные растворы	Кладочные растворы	Для изоляции кровли, теплые подготовки под полы	Тампонажные растворы
		Фракции, мм	Содержание зерен размером менее 0,16 (0,14) мм, %, по объему, не более								
Вспученный перлитовый песок	100...150	0,16...1,25	10	0,050...0,054	-			+	+	+	
		0,63...2,5	-	0,048...0,050	-	+	+	+		+	
		0,63...5,0	-	0,046...0,048	-	+	+				
		1,25...5,0	-	0,042...0,044	-	+			+		
	150...200	0,16...1,25	10	0,054...0,060	-					+	
		0,63...2,5	-	0,052...0,056	не менее 0,10 (до 0,15 и более	+	+			+	
		0,63...5,0		0,050...0,054	не менее 0,10 (до 0,2 и более	+	+				
		1,25...5,0	-	0,048...0,050	не менее 0,10 (до 0,3 и более)	+					
Вспученный перлитовый порошок	120...180	менее 0,16 (0,14) мм	100	-							