

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УДК 624.011

Кліменко В.З., канд. техн. наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

БУДІВЕЛЬНА БІОНІКА І ДЕРЕВ'ЯНІ КОНСТРУКЦІЇ

В [1] автор запропонував розподілити будівельні конструкції і конструктивні форми, що створені під безпосереднім впливом природи за принципами будівельної біоніки [2] на три типи біоструктур: наслідування природі, аналогі природним конструктивним системам, імітація біологічних структур. Запропонована класифікація не суперечить визнаним шляхам прогресу в науці і техніці. Так, ще філософ Сенека казав:

*«Три шляхи ведуть до знання:
шлях роздумів – найшляхетніший;
шлях наслідування – найпростіший;
шлях досліду – найтяжчий»*

Для поглиблення наведеної тріади щодо шляхів пізнання згадаємо думку А. Ейнштейна:

*«Наука – це невтомна багатовічна
робота думки звести разом, за
допомогою системи,
усі пізнані явища світу.»*

Змістовно і гарно про шлях наслідування сказав В. Шекспір:

*«Іноді у Великій Книжці
таємниць природи мені
таланить дещо прочитати»*

З приводу шляху досвіду поетично висловився О.С. Пушкін:

«Опыт – плод ошибок трудных»

Наслідування природі

Наслідування природі демонструється прикладом будівельної споруди з клеєної деревини, яка, завдяки природній пластичності тонких шарів, дозволяє отримати елементи різноманітної криволінійної форми [3]. У цій споруді повторюється зовнішній вигляд об'єктів природи без ознак суттєвих принципів будівельної біоніки. Споруда уявляє технічну систему, стилізовану під біологічну конструктивну систему.

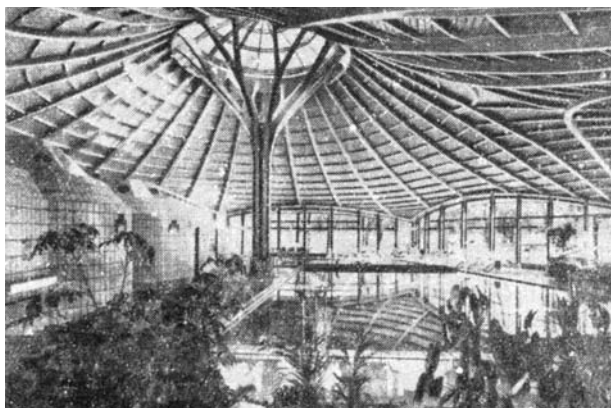


Рис. 1. Інтер'єр плавального басейну

Покриття плавального басейну [4,5]

У зв'язку з агресивним середовищем соленої води басейну на металеві конструкції покриття об'єкту виконано у вигляді оболонки з клеєної деревини. Перед виготовленням елементів оболонки тонкі дошки просочували захисними речовинами в автоклавах. Готові елементи додатково обробляли захисним прозорим лаком, що дозволило залишити покриття відкритим з боку приміщення. В просторі ребриста сітка оболонки перекриття нагадує візуальним сприйняттям переплетіння гілок крон дерев у лісі, створюючи ефект перебування не в урбанізованому приміщенні, а на лоні природи (рис. 1).

Оболонка утворена з коноїдальних і сідлоподібних поверхней, які складаються з радіальних і кільцевих ребер. П'ять коноїдів у своєму центрі підтримуються кільцями, які спираються на опори, виконані у вигляді стовбурів дерев, капітелі яких, в свою чергу, імітують крону. Опорні кільця діаметром 6, 7 і 8 м мають форму усіченого конуса, поперечний переріз кільця двостінчатий заввишки 80 см. В проміжок між стінками кільця входять радіальні ребра коноїдів. Над кільцями влаштовані фонарі верхнього світла, які підсилюють ефект просвічування гушавини лісу. Площа покриття у плані 2500 м² (рис 2, а). Ребра виготовлені з клеєної деревини з тонких дошок, зігнутих у двох площинах і працюють на розтяг зі згином і на стиск зі згином. Переріз ребер 20x20,5 см. Оболонка має 128 радіальних ребер довжиною до 17 м. Кільцеві ребра перерізом від 8x8 см до 12x14 см зібрані на монтажі з криволінійних елементів довжиною від 6 до 12 м зі стиком над радіальними ребрами. По зовнішньому контуру покриття радіальні ребра спираються на бортові арки різного прольоту перерізом 29x130 см, які спираються на колони з контрфорсами (рис. 2, б).

Дах покриття утворено з двох шарів дошок перерізом 2,4x10 см, розташованих по діагоналях до радіальних ребер, тому тонкі дошки не тільки вигиналися, а

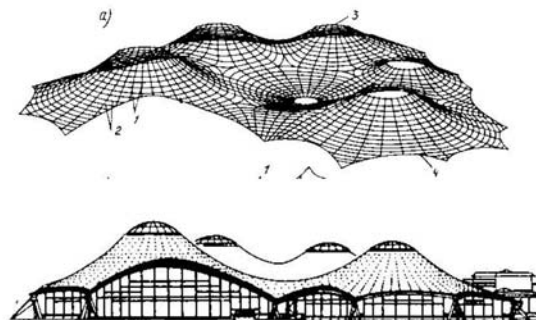


Рис. 2. Ребриста оболонка (а)
і вид покриття збоку (б)

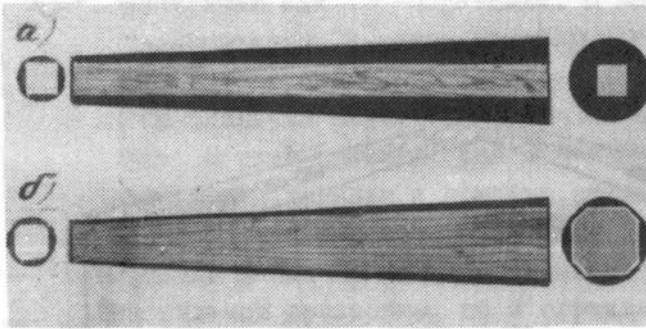


Рис. 3. Схеми розпилювання стовбурів

і закручувалися. Подвійний косий настил забезпечив жорсткість оболонки у її площині. Дах теплий. Покрівля виконана з армованої тканиною полівінілхлоридної плівки. Всі з'єднувальні деталі даху виготовлені з оцинкованої сталі і мають бітумне покриття.

Біологічна будівельна конструкція

Людина вже в стародавні часи оцінила дерево як добрий дарунок природи і широко застосовувала його для своїх практичних потреб. З позиції еволюції стовбур дерева, уявляючи з себе архітравну конструкцію (балку, стійку), ще довгий час залишався біоструктурою. Обрубання сучків, зняття кори, якась інша обробка стовбура не перетворювали його навіть в примітивну технічну систему. Що спонукало людину на перетворення колоди в брус: чи потреба в елементі такої форми, чи поява можливості механічної обробки стовбура? Значно пізніше, в епоху середньовіччя, було встановлено, що при роботі бруса на згин краще використовувати елементи не квадратного перерізу, а прямокутного з більшим розміром перерізу в площині згину. Так колода – біологічна конструктивна система перетворилася в архітравну, але вже конструктивну форму – балку як технічну систему. Згодом ця технічна система набула розвитку у вигляді складених балок з двох, трьох брусів по висоті спочатку без будь-яких в'язів між ними, а потім з в'язями зсуву. Втім, це вже питання удосконалення технічної системи у відповідності до законів розвитку технічних систем [1]. Тут мова піде про утворення з брусів, отриманих спеціальним розпилюванням стовбурів, інших конструктивних форм з використанням складених елементів.



Фото 1. Конструкція перекриття («Деревянные дома» №39, с. 109)

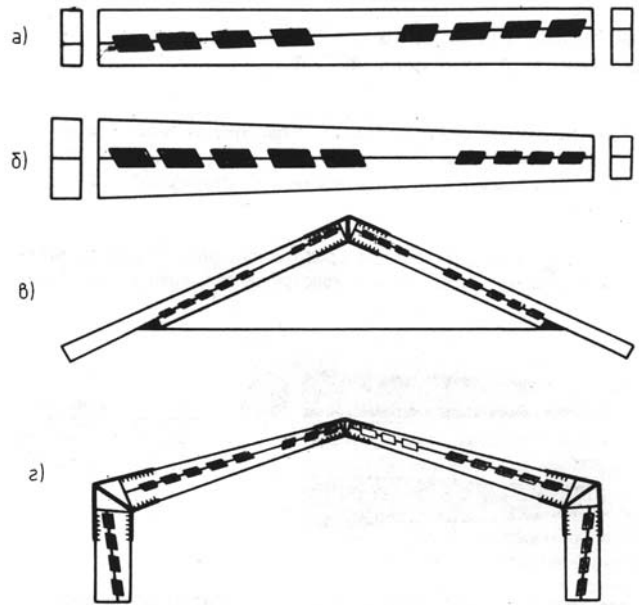


Рис. 4. Складені конструкції з цільної деревини: а – постійного перерізу; б – змінного перерізу; в – кроква; г – рама

Рядом закордонних фірм розроблено спосіб розпилювання стовбурів дерев на бруси конічної форми по довжині у відповідності з природним збігом стовбурів [6]. За звичайним способом розпилювання стовбурів на бруси прямокутної форми (рис. 3,а) втрати деревини становлять 50...60 %. Новий спосіб розпилювання (рис. 3, б) дозволяє максимально використати довжину стовбурів і зменшити втрати деревини до 5...10 %.

З брусів конічної по довжині форми виготовляють несучі складені конструкції з цільної деревини: балки, крокви, рами. Бруси з'єднуються по висоті за допомогою металевих зубчастих пластин. Таким чином отримують складені елементи постійного незмінного перерізу по довжині, використовуючи їх в конструкціях у відповідності з розподілом розрахункових зусиль (рис. 4).

В трьохшарнірних рамах (рис. 4,г) прольотом 8, 12, 16 м витрати деревини на ригель складають відповідно 61, 52, 45 % від витрат на ригель рами постійного по довжині перерізу.



Фото 2. Несуча конструкція даху

Міцнісні характеристики	Допускаючи напруження, МПа		
	стовбур зі знятою корою	циліндрована колода	пиломатеріали
Згин	15,7	13,4	5,3
Розтяг	12,6	10,7	3,2
Стиск	9,7	8,9	6,3

Характеристика біологічної будівельної конструкції

Ланцюг перетворення біологічної будівельної конструкції: стовбур – колода – брус – дошки (товсті і тонкі) супроводжується не тільки зростанням відходів деревини при механічній обробці, а і змінням міцності деревини. Згадані елементи залишаються конструктивними системами рослинної природи з упорядкованим і спрямованим розміщенням деревної речовини при утворенні траєкторіальної структури на мікро- і макрорівні будови деревини під впливом зовнішніх силових факторів. Внаслідок того, що дерева мають лінійно-протяжний у висоту вигляд (мова йде про сосну), їхні стовбури опираються не тільки впливу вертикальних гравітаційних сил, а в більшій мірі горизонтальних сил від вітрового тиску. Тому траєкторіальна структура стовбурів має специфічну форму. Тут розглядається тільки одна суттєва особ-

ливість структури стовбура сосни. Вона полягає в тому, що міцнісні утвори: фібрили (скупчення целюлози) в стінках клітин і самі клітини в річних шарах – розміщуються не прямолінійно вздовж стовбура, а по спіралям. Завдяки цьому еволюційним шляхом будова стовбура накопичує пружну внутрішню енергію. Це в біології зветься резильянсом. Стовбур дерева як біологічна будівельна конструкція з точки зору опору матеріалу являє собою стрижень – консоль рівного опору з раціональним розміщенням у стовбурі деревної речовини. Наявність резильянсу дозволяє стовбуру при горизонтальних навантаженнях зазнавати значних деформацій без руйнування. Вітер скоріше вирве дерево із землі разом з корінням, ніж зламає стовбур.

В результаті механічної обробки стовбура руйнується його траєкторіальна структура. Порушується принцип її спрямованої орієнтації стосовно силового поля, утворюються місця концентрації напружень вздовж волокон, розвитку небажаних напружень дотичних і поперечних. Це неминучі наслідки механічної обробки деревини. У вітчизняних наукових першоджерелах немає відомостей про кількісний характер зміння міцності деревини при її механічній обробці порівняно з міцністю в стовбурі. Уяву про це можна отримати по даним в публікації [7], в якій приведені дослідження, виконані у Великій Британії (див. таблицю).

Ці дослідження проведені у виправдання використання дрібностовбурної деревини, яку отримують у результаті розрідження лісу. Результати цікаві, хоча для крупностовбурної деревини кількісне зміння її міцності може бути іншим.

Зараз отримує застосування в зрубках оциліндрована колода, що на думку автора, не зовсім раціонально. При фрезеруванні уся поверхня такої колоди уявляє з себе відкриті порожнечі будови деревини, і це потребує її ретельного захисту від зволоження з великими витратами спеціальних речовин.

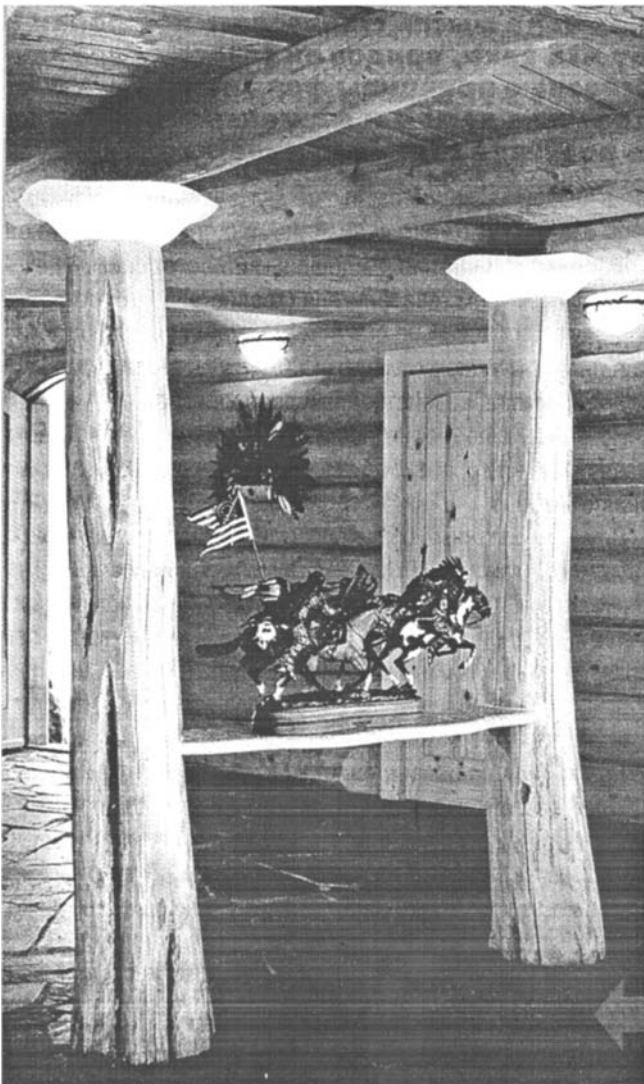


Фото 3. Конструкція стелі («Дом», №5, 2011 с. 9)

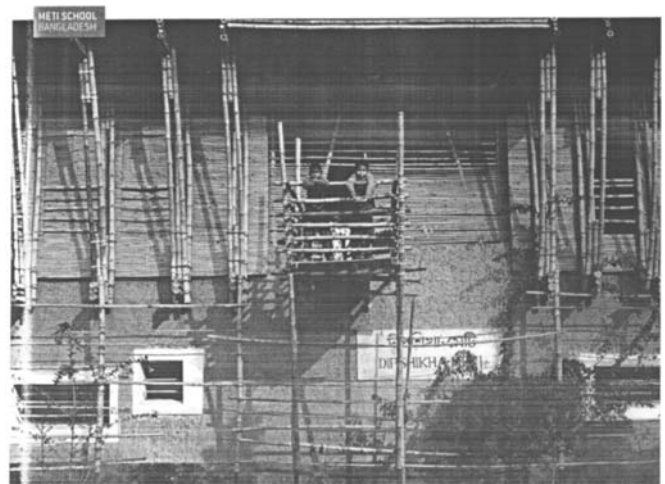


Фото 4. Будівля школи

Не зважаючи на значні втрати деревини при розпилюванні стовбурів на дошки, останні необхідні для створення штучного матеріалу – клеєної деревини [8], яка дозволяє реалізовувати конструкції для перекриття великих прольотів [9].

Приклади біологічних будівельних конструкцій

В сучасних дерев'яних житлових будинках часто не тільки зовнішні стіни виконуються у вигляді зрубу, а й в інтер'єрі застосовуються конструктивні елементи, які є прямими аналогами природним конструктивним системам. На фотографіях показані рішення перекриттів і даху з використанням цільних колод для стовпів, балок, крокв.

Цільні колоди, тріщини і фактура деревини надають інтер'єру природність, приміщенню затишок і комфорт.

На фото 4 показана конструкція школи з застосуванням бамбука в несучих елементах (L'architecture D'aujourd'hui, №381, с. 43).

ЛІТЕРАТУРА

1. Кліменко В.З. Будівельна біоніка. Закони розвитку технічних систем. Будівельні конструкції. – Сталь. – К., 2010. – 300 с.

2. Темнов В.Г. Конструктивные системы в природе и строительной технике. Л.: СИ, 1987. – 256 с.

3. Кліменко В.З. Клеєна деревина в аркових конструкціях // Строительные материалы и изделия. – № 4. – 2011. – С.17–20.

4. Клееная деревянная ребристая оболочка покрытия плавательного бассейна (ФРГ) // Стр-во и арх-ра. Серия. – Строительные конструкции и материалы. Экспресс – информация. – 1988. – Вып.1. – С. 12–15.

5. Эффективные деревянные конструкции / Славик Ю.Ю., Турковский С.Б., Ковальчук Л.М. Обзор. – М.:ВНИИТПИ, 1989. – 55 с.

6. Применения древесины в строительных конструкциях // Стр-во и арх-ра. Серия Строительные конструкции и материалы. Экспресс информация. – 1989. – Вып. 8. – С. 5–11.

7. Пространственные конструкции из стволов древесины малых диаметров // Стр-во и арх-ра. Строительные конструкции и материалы. Экспресс информация. – Вып. 4. – 1989. – С.13–16.

8. Кліменко В.З. Ефективний конструкційний матеріал – клеєна деревина // Будівництво України, №9–10. – 2009. – С. 16–20.

9. Кліменко В.З. Конструкції з клеєної деревини. Світовий досвід // Промислове будівництво та інженерні споруди. – №1. – 2009. – С. 39–43.

УДК 621.011

Коваль А.В., магістр, аспірант, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ЛІНЗОПОДІБНІ ТА СЕГМЕНТНІ ФЕРМИ З КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ

Вступ

Завдяки пластичності деревини багатошарова клеєна деревина з тонких дощок знайшла поширене застосування в криволінійних конструктивних формах [1, 2]. Одними з таких конструкцій є лінзоподібні і сегментні ферми, декілька прикладів яких показані на рис. 1–4. На рис. 1 показаний приклад з досвіду застосування лінзоподібних ферм в будівельній практиці РФ. Особливістю конструкцій є те, що вузли вирішені із застосуванням з'єднань на клеєних стержнях системи ЦНИИСК. Таке конструктивне рішення знімає транспортне обмеження на прольоти несучих конструкцій [3]. На рис. 2 зображено дещо інше рішення лінзоподібних ферм, використане при спорудженні льодового стадіону в німецькому місті Нюрнберг. При прольоті 56,6 м, внаслідок значного зусилля розтягу в нижньому поясі, він виконаний із круглої сталі діаметром 75 мм. Аналогічне конструктивне рішення застосоване в перекритті ковзанярського центру. На рис. 3 показаний момент завершення монтажу ферм. Нижній пояс і стержні грат виконані з труб. Схожа за геометрією до ферм, показаних вище, але цілком з клеєної деревини лінзоподібна ферма представлена на рис. 4. Вузли в цій фермі вирішені на клеєних стержнях так само, як у фермі, зображеній на рис. 3.

Характеристика лінзоподібних та сегментних ферм

Увага до цих ферм з боку архітекторів викликана привабливістю форми несучих конструкцій в покриттях будівель громадського призначення. З боку інженерів цікавість до сегментних ферм пояснюється наступними причинами.

З позиції статки. Співпадінням геометричної схеми ферм з епюрою тиску чи епюрою згинальних моментів в прольоті. Завдяки цьому поздовжні зусилля в поясах ферм змінюються незначно, і є можливість застосовувати розріджену схему грат. Такі ферми є малоелементними з невеликою кількістю вузлів, порівняно з іншими фермами, а це вже показник економічної категорії, оскільки зменшуються витрати на виготовлення конструкцій.

З позиції вирішення внутрішнього конфлікту в будівельних конструкціях [4]. Завдяки значній відносній міцності клеєної деревини (показник співвідношення R/v , де R – міцність, а v – об'ємна щільність матеріалу). Ця властивість клеєної деревини дозволяє успішно проектувати несучі балкові конструкції для перекриття великих прольотів, що неможливо з цільної деревини.

З позиції правил проектування дерев'яних конструкцій. Клеєна деревина дозволяє створювати поперечні перерізи із співвідношенням висоти до ширини