

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. Клеєна дерев'яна ребриста оболочка покриття плавального басейна (ФРГ) // Стр-во и арх-ра. Серія. – 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. Серія 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 багат шарова 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

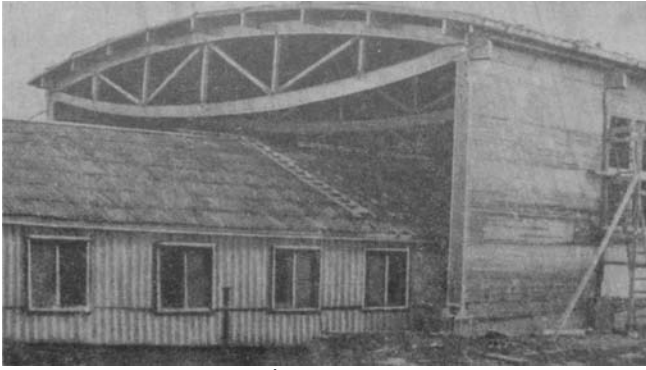


Рис. 1. Лінзоподібна ферма прольотом 24 м

$h/b = 5...8$ і більше при забезпеченні плоскої форми деформування стиснуто-згинальних елементів. Це також має ознаку економічної категорії, оскільки дозволяє використовувати принцип концентрації матеріалу з розміщенням по висоті поперечного перерізу якісної деревини (відповідно до сортів) з урахуванням її напруженого стану. Така компоновка багат шарових елементів підвищує надійність конструкцій при експлуатації.

З позиції пожежної безпеки. Великі розміри поперечних перерізів елементів під дією вогню довго зберігають несучу здатність, завдяки відносно невеликій швидкості зменшення розмірів при обвуглюванні деревини. Лінійні термічні деформації конструкцій практично відсутні, тому не виникає небезпеки руйнування опорних частин великопрольотних конструкцій і обвалення покриття.

Нарешті, *з позиції будови деревини.* Фахівцям відомі фізико-механічні позитивні і негативні характеристики деревини як конструкційного матеріалу. Правила проектування конструкцій направлені на максимальне використання позитивних властивостей деревини і одночасно на максимальне нівелювання негативних властивостей.

В статті йде мова про притаманну деревині властивість, яка, напевно, мало відома інженерам-проектувальникам, а саме про ефект резільянсу у біологічних структурах [5]. Цей ефект є результатом біологічної закономірності розвитку конструктивних систем живих організмів природи у часі, що відбувається у еволюційному процесі під впливом гравітаційних сил. Такі самі гравітаційні сили діють на антропогенні будівельні конструкції. Тому логічно встановлені біологічні закономірності еволюції біологічних конструктивних систем перенести, при можливості, на будівельні конструкції з деревини. Таким чином досвід живої природи використовується як евристичний засіб для удосконалення будівельних конструктивних форм, які розвиваються під дією об'єктивних законів розвитку технічних систем, які є проявом у техніці загальних природних законів діалектики.

Використання природної пружності деревини

Ефект резільянсу з точки зору біологів полягає у накопиченні пружної енергії в біологічних конструктивних системах. В деревині формування ефекту резільянсу відбувається вже на субмікрорівні її будови. Структурні елементи деревної речовини – фібрили в стінках клітин розташовані не прямолінійно вздовж стовбура дерева, а закручені по спіралі, утворюючи своєрідну пружину. Більш крупні структурні елементи – клітини, що утворюють річні шари стовбура, в свою чергу,

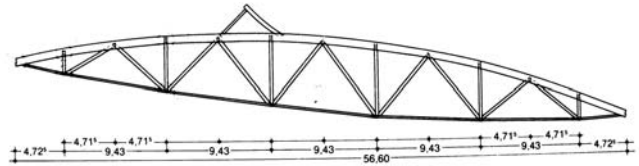


Рис. 2. Металодерев'яна ферма прольотом 56 м

у вегетаційний період формуються також не прямолінійно вздовж стовбура, а закручуються, утворюючи, так звану, косошарість будови стовбура. Різні шари клітин мають різні напрями косошарості. Завдяки такому росту дерева його стовбур представляє собою пружину. Буревій скоріше вирве дерево з корінням, ніж зламає його. Набута природна пружність стовбура повертає дерево у первісне положення навіть після дуже великих за амплітудою коливань від вітру – з точки зору на стовбур, як консоль защемлена внизу після значних деформацій.

Дослідження біостержнів [6] показало, що природно активно використовує резільянс для підвищення їхньої міцності таким заходом, як просторове їх викривлення. Використання подібного заходу у будівельних конструкціях, наприклад, поворотом поперечних перерізів вздовж осі елемента дозволяє ефективно використати ефект резільянсу. Саме це спостерігається в сегментних фермах з клеєної деревини. При вигині окремих шарів і накладанні між ними жорсткої в'язі при виготовленні елементів в них формується ефект резільянсу. Є підстава припустити, що у криволінійному монолітному елементі змінюється у бік збільшення пружність клеєної деревини. Для перевірки цього припущення слід провести експериментальні дослідження, які плануються у науково-дослідній роботі*).

Фізична суть розрахунку сегментних ферм

Підтвердження факту зміни пружності клеєної деревини (зарано говорити про модуль пружності матеріалу) у криволінійному елементі внесе зміни у правила проектування сегментних ферм, які склалися у навчально-методичній літературі [7, 8]. Правил проектування ферм на рівні нормативного документу немає. Для впровадження сегментних ферм з клеєної деревини у вітчизняну будівельну практику правила їх проектування повинні бути сформульовані. В капіталь-



Рис. 3. Металодерев'яна ферма прольотом 53 м

*) Науковий керівник роботи – професор КНУБА В.З. Кліменко

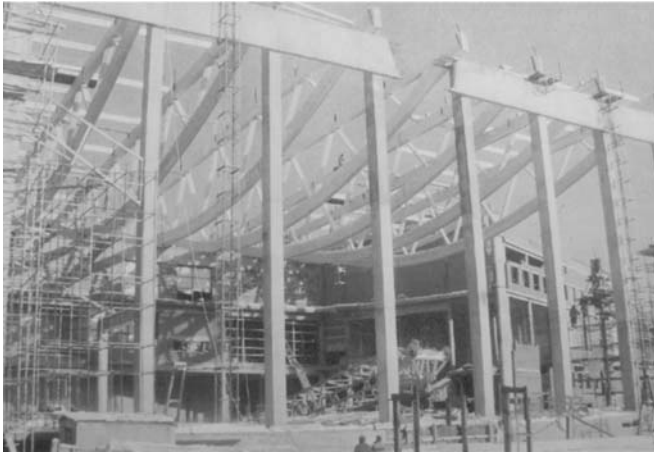


Рис. 4. Ферма з клеєної деревини прольотом 44 м

ному підручнику [9] перевірку верхнього поясу пропонується виконувати по формулі складного опору

$$\sigma_c = N/A_{\text{розр}} + M_d/W_{\text{розр}} \leq R_c \quad (1)$$

де: N , M_d – розрахункові зусилля відповідно поздовжнє зусилля стиску і згинальний момент по формулі $M_d = M/\xi$; M – згинальний момент від місцевого поперечного навантаження і від N за рахунок вигину верхнього поясу, $M = (ql^2/8) - N \cdot f_k$.

Ця методика розрахунку приблизна як для розрізного, так і нерозрізного верхнього поясу з урахуванням його деформованої схеми. У зв'язку з останньою вказівкою слід зробити два зауваження до методики розрахунку. Перше зауваження полягає в тому, що фактична деформована схема повинна встановлюватися з урахуванням зміни проектної кривизни панелі f_k верхнього поясу внаслідок, з одного боку деякого спрямлення панелі за рахунок прогину f_q від навантаження q , з іншого боку, за рахунок додаткового вигину f_n від моменту $N \cdot f_k$. Друге зауваження полягає в тому, що з позиції фізичного явища, яке відбувається в панелі верхнього поясу немає підстав визначати розрахунковий момент за формулою $M_d = M/\xi$, оскільки теорія проф. Заврієва К.С. щодо розрахунку прямолінійного стиснуто-згинального елемента з використанням коефіцієнта ξ не адекватна для криволінійного елемента з появою в ньому не довантажувального, а навпаки, розвантажувального згинального моменту $N \cdot f_\phi$.

Висновки

Крайові напруження слід визначати за формулою

$$\sigma_c = N/A_{\text{розр}} + M_{\text{розр}}/W_{\text{розр}} \quad (2)$$

У формулі (2) $M = (ql^2/8) - N \cdot f_\phi$. (3)

Відповідно до принципу суперпозицій будівельної механіки, прогин у дійсній деформованій схемі стиснуто-згинального криволінійного елемента обчислюється за формулою

$$f_\phi = f_k - f_q + f_n \quad (4)$$

Відповідно до розрахунку за складним опором крайові напруження слід визначати як суму напружень від поздовжньої сили та розрахункового моменту

$$\sigma_c = \sigma_n + \sigma_{M_{\text{розр}}} \quad (5)$$

що відповідає фізичному явищу, яке відбувається у верхніх поясах лінзоподібних та сегментних ферм.

Запропонований розрахунок панелей верхніх поясів сегментних і лінзоподібних ферм відповідає

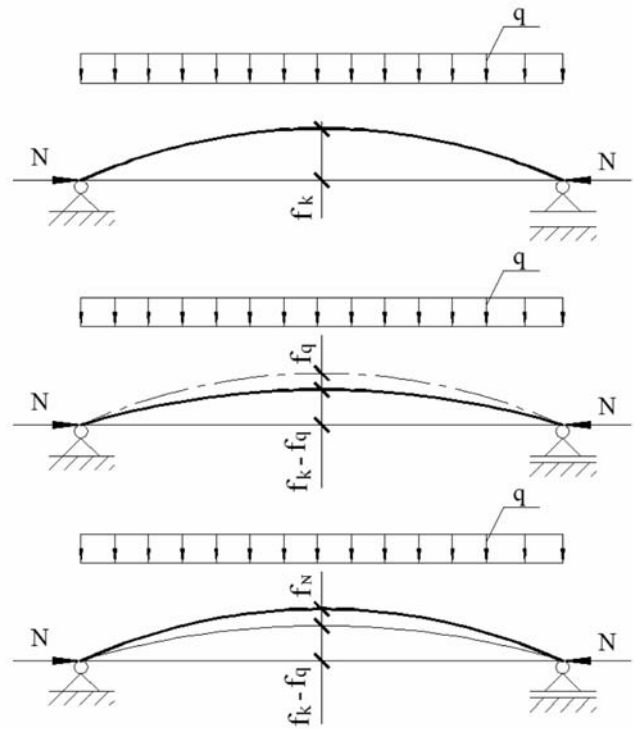


Рис. 5. Формування деформованої схеми

деформованій схемі, формування якої показано на рис. 5.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кліменко В.З. Конструкції з клеєної деревини. Світовий досвід / Промислове будівництво та інженерні споруди – №1. 2009. – С. 39–43.
2. Фурсов В.В. Современные конструкции из клееной древесины / Фурсов В.В., Ковлев Н.Н., Васильев А.Ю. // Пром. б-во та інж. споруди. – №2. – 2010. – С. 34–40.
3. Соединения деревянных конструкций. Турковский С.Б., Курганский В.Г., Баранов Г.Р., Зотова И.М., Колпаков С.В. Обзор. – М.: ВНИИС, 1988.
4. Кліменко В.З. Розв'язання невидимого конфлікту в будівельних конструкціях / Київ: В-во «Сталь». – 2006. – 108 с.
5. Кліменко В.З. Будівельна біоніка. Закони розвитку технічних систем. Будівельні конструкції / Київ: В-во «Сталь». Навчальний посібник. – 2010. – 298 с.
6. Темнов В.Г. Конструктивные системы в природе и строительной технике / М.: Стройиздат, 1987. – 256 с.
7. Кліменко В.З. Проектування дерев'яних конструкцій: Навч. посібник. – К.: ІЗМ. 1998. – 432 с.
8. Гринь И.М. Строительные конструкции из дерева и синтетических материалов. Проектирование и расчет: Учеб. пособие / И.М. Гринь, К.Е. Джан-Термиров, В.И. Гринь. 3-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1990. – 221 с.
9. Конструкции из дерева и пластмасс: Учеб. Для вузов / Ю.В. Слишкоухов и др. – 5 изд. – М.: Стройиздат, 1976. – 543 с.