

---

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

---

УДК 624.011

**Д. В. Михайловський**, к.т.н., доцент,  
**М. С. Коваленко**, асистент**ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ВУЗЛІВ ПОЗАЦЕНТРОВОГО СТИКУВАННЯ  
ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРХНІХ ПОЯСІВ МЕТАЛОДЕРЕВ'ЯНИХ ФЕРМ**

*Приведено аналіз роботи та напруженого стану клеєної деревини в зоні вузлів позацентрового стикування панелей верхніх поясів металодерев'яних ферм та трикутних розпірних систем. Наведено нову конструкцію вузла стикування панелей верхніх поясів та дані рекомендації по врахуванню складного напруженого стану деревини в зоні вузлів.*

**Ключові слова:** конструкції з клеєної деревини, складний напружений стан, вузли з позацентровим стикуванням панелей, крупнопанельні ферми, трикутні розпірні системи, умови міцності.

**Д. В. Михайловский**, к.т.н., доцент,  
**М. С. Коваленко**, асистент**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ УЗЛОВ ВНЕЦЕНТРЕННОЙ СТЫКОВКИ  
ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНИХ ПОЯСОВ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННЫХ ФЕРМ**

*Приведен анализ работы и напряженного состояния клееной древесины в зоне узлов внецентренной стыковки панелей верхних поясов металлодеревянных ферм и треугольных распорных систем. Приведена новая конструкция узла стыковки панелей верхних поясов и даны рекомендации по учету сложного напряженного состояния древесины в зоне узлов.*

**Ключевые слова:** конструкции из клееной древесины, сложное напряженное состояние, клееная древесина, узлы с внецентренной стыковкой панелей, крупнопанельные фермы, треугольные распорные системы, условия прочности.

**D. V. Mykhailovskiy**, candidate of technical sciences,  
associate professor,  
**M. S. Kovalenko**, assistant**WORK PECULIARITIES OF ECCENTRIC JOINTS OF TOP CHORD  
ELEMENTS OF METAL-WOOD TRUSS**

*The article deals with the analysis of the work and the stress state of laminated wood in the zone of the eccentric joint top-chord panel of upper zones of the metal-wood truss and triangular spacer systems. A new construction of joint top-chord panel of upper zones and recommendations on counting of combined stress state of glued wood in eccentric joint zone are given.*

**Keywords:** combined stress state, glued wood, glulam (glued laminated timber), eccentric joint, top-chord panel, large panel structure, strength condition.

**Актуальність теми.** В багатьох країнах світу дерев'яні будівельні конструкції давно набули широкого застосування. Світовий досвід проектування та експлуатації дерев'яних конструкцій різноманітного призначення підтверджує доцільність їх використання. Особливого розповсюдження останнім часом набули конструкції з клеєної деревини (ККД) для перекриття

---

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

---

середніх, великих і навіть дуже великих прольотів (більш ніж 100 м). Цьому сприяє той факт, що клеєна деревина ефективно акумулює в собі позитивні властивості деревини як конструкційного матеріалу.

Серед різноманітних дерев'яних конструкцій суттєве місце зайняли металодерев'яні ферми і трикутні розпірні системи з клеєної деревини.

**Постановка проблеми.** У верхніх поясах металодерев'яних ферм і трикутних розпірних системах з клеєної деревини був застосований прийом позацентрового стикування у вузлах для утворення розвантажуючого згинального моменту. З точки зору одного з законів розвитку технічних систем, цей прийом є еволюційним. Однак досвід експлуатації цих конструкцій виявився негативним [1]. Однією з причин такого досвіду є руйнування клеєної деревини в зоні вузлових з'єднань.

У зв'язку з цим в ЦНДІБК ім. Кучеренко були проведені експериментальні дослідження напруженого стану деревини в зоні вузлів, результати яких стали основою уточнення методу розрахунку вузлових з'єднань, що увійшов в [2]. За цим методом рекомендовано виконувати перевірки окремих напружень: нормальних вздовж волокон  $\sigma_0$ , сколюючих  $\tau$  та поперек волокон  $\sigma_{90}$ , з урахуванням їх концентрації в зоні вузла. Це підвищило надійність конструкцій, але не змогло гарантувати її повністю.

Рекомендацій щодо розрахунку вузлів верхніх поясів ферм та трикутних розпірних систем з позацентровим стикуванням в СНиП II-25-80 та чинному ДБН В.2.6-161:2010 взагалі не міститься.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Відомі з навчально-методичної літератури конструкції вузлів верхніх поясів металодерев'яних ферм та трикутних розпірних систем, що виконуються лобовим упором з підрізкою торців елементів верхнього поясу, або через металеві деталі (башмаки) [3 – 5]. Площадка стикування торців панелей зміщується донизу, що забезпечує виникнення розвантажувального згинального моменту, протилежного моменту від основного навантаження. Найбільш розповсюдженою є конструкція вузла стикування панелей верхнього поясу трикутної металодерев'яної ферми за допомогою металевих деталей, які зварюються з окремих листів та встановлюються у торцях панелей. Металеві деталі виготовляються зі звичайної будівельної сталі. Геометричні розміри пластин приймаються відповідно до діючих розрахункових зусиль.

Основним недоліком наведених вузлів є те, що ці з'єднання досить жорсткі та нерухомі, тому деформування панелей при згині викликає концентрацію напружень у торцевих упорах та нерівномірне обминання деревини під металевими деталями. Концентрація напружень викликає збільшення площадки зминання, і, як наслідок, зменшення ефективності дуже привабливого конструктивного прийому.

**Постановка завдання.** Особливості напружено-деформованого стану клеєної деревини в зоні вузлів металодерев'яних ферм і трикутних розпірних систем вимагають створення нових конструктивних форм та удосконалення методик розрахунку останніх з метою підвищення надійності конструкцій в цілому.

**Виклад основного матеріалу.** Фахівцями кафедри металевих та дерев'яних конструкцій КНУБА для вирішення цього питання запропоновано та отримано патент на корисну модель [6] нового конструктивного рішення вузлів з позацентровим стикуванням панелей верхніх поясів металодерев'яних ферм та трикутних розпірних систем (рис. 1). Ефективність запропонованих вузлових з'єднань елементів верхнього поясу в порівнянні з існуючими до

---

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**


---

того аналогами досягається застосуванням з'єднань у вигляді «чистого шарніру».

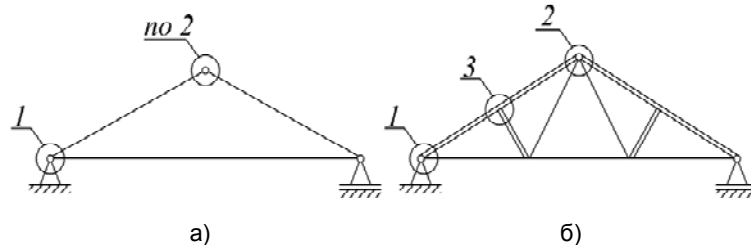


Рис. 1. Розрахункові схеми трикутної розпірної системи (а) та металодерев'яної ферми (б): 1- опорний вузол; 2,3 – вузли верхнього поясу

Вузли стикування елементів верхнього поясу (див. рис. 2), виконані у такий спосіб, дозволяють уникнути небажаної концентрації напружень та нерівномірного обминання деревини під металевими деталями у вузлах і, як наслідок, підвищать надійність останніх. Запропоновані рішення вузлів можна застосовувати при розробці типових проектів для застосування в різних районах будівництва.

Застосування нової конструкції вузлів стикування елементів верхніх поясів металодерев'яних ферм та трикутних розпірних систем (рис. 2) дозволить значно поліпшити роботу вузлів, уніфікувати вузлові металеві деталі та зменшити витрати матеріалів на елементи верхнього поясу внаслідок покращення роботи вузла.

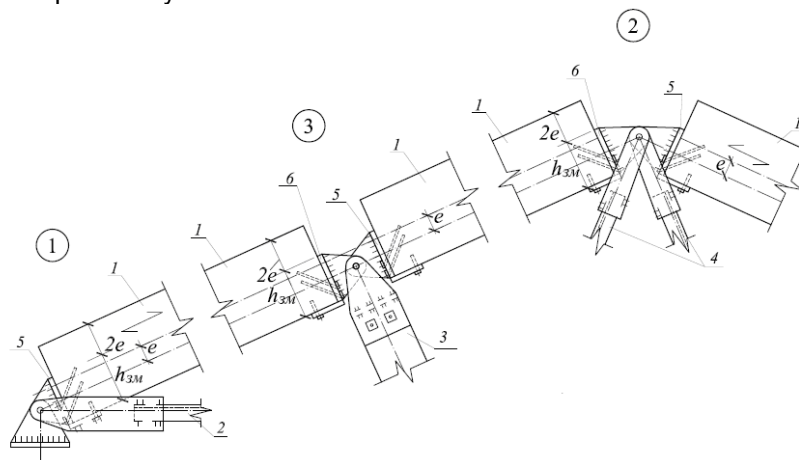


Рис. 2. Вузли стикування елементів верхнього поясу трикутних розпірних систем та металодерев'яних ферм: 1 – верхній пояс (клеєна деревина); 2 – нижній пояс (металеві кутики); 3 – розкіс (клеєна деревина); 4 – розкіс (металеві кутики); 5 – деталь 1; 6 – деталь 2

Крім того, в роботах [7–9] порушувалось питання стосовно особливості напруженого стану деревини в зоні вузлів з позacentровим стикуванням панелей верхніх поясів, і було запропоновано при виконанні розрахунків урахувувати явище складного напруженого стану.

Міцність клеєної деревини пропонується перевіряти за запропонованими розрахунковими умовами міцності:

- в місці дії напружень розтягу впоперек волокон  $\sigma_{t,90}$ :

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{v,0,d}}{f_{v,0,d}}\right)^2 \cdot A_c + \left(\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{t,90,d}}\right)^2 \cdot B_{c,t,90} \leq 1;$$

- в місці дії напружень стиску впоперек волокон  $\sigma_{c,90}$ :

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{v,0,d}}{f_{v,0,d}}\right)^2 \cdot A_c + \left(\frac{\sigma_{c,90,d}}{f_{c,90,d}}\right)^2 \cdot B_{c,c,90} \leq 1,$$

де:  $\sigma_{c,0,d}$  – напруження стиску вздовж волокон;  $\tau$  – сколюючі напруження;  $f_{c,0,d}$ ,  $f_{v,0,d}$ ,  $f_{c,90,d}$ ,  $f_{t,90,d}$  – розрахункові опори деревини відповідно стиску вздовж волокон, сколюванню та стиску і розтягу впоперек волокон;  $A_c$ ,  $B_{c,c,90}$ ,  $B_{c,t,90}$  – коефіцієнти, що враховують анізотропію фізико-механічних властивостей деревини та рівень напруження вздовж волокон.

Слід зазначити, що небезпечно з точки зору складного напруженого стану (СНС) деревини місце в зоні вузла не співпадає з місцем, в якому діють максимальні окремі напруження. Виникає необхідність пошуку небезпечного з позиції СНС місця. Пошук небезпечного місця полягає у встановленні наявності такого місця, в якому додається комбінація напружень, при якій одна з розрахункових умов міцності деревини при складному напруженому стані або не виконується, або ліва частина умови досягає максимального значення.

**Висновок.** Проведений аналіз СНС деревини в зоні вузла за розрахунковими умовами міцності [10] показав, що його небезпечність збільшується зі зменшенням висоти торцевої площадки зминання. Як показали проведені дослідження, мінімально допустимою з позиції СНС є висота торцевого упору (площадки зминання) –  $h_{зм} = 0,4h$ .

Збільшення від'ємного ексцентриситету вимагає зменшення площадки торцевого упору та, відповідно, збільшення зони небезпечної концентрації напружень в зоні вузла позацентрового стикування елементів. Одночасна ж дія всіх складових напруженого стану суттєво впливає на міцність деревини.

Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є підсилення зони вузла, наприклад, похило вклесними стержнями. Але підсилення зони вузлів з позацентровим стикуванням панелей верхнього поясу суттєво збільшує вартість, що нівелює значний економічний ефект від застосування цього ефективного і привабливого з точки зору закону розвитку технічних систем конструктивного прийому.

**Література**

1. Пермяков В.А. Состояние и перспективы применения строительных деревянных конструкций в Украине / В.А. Пермяков, В.З. Клименко // Экономика строительства. - 2005. - №4. - С. 36-41.
2. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП II-25-80) / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1986. – 216 с.
3. Конструкции из дерева и пластмасс: учеб. пособие для студ. вузов / [Г. Н. Зубарев, Ф.А. Бойтемиров, В.М. Головина и др.]; под ред. Ю. Н. Хромца. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Академия, 2004. – 304 с.
4. Клименко В. З. Конструкції з дерева і пластмас: підручник / В. З. Клименко. - К.: Вища школа, 2000. – 304 с.
5. Конструкции из дерева и пластмасс: учебник / [М. М. Гаппоев, И.М. Гуськов, Л.К. Ермоленко и др.]. – М.: АСВ, 2004. – 440 с.
6. Патент на корисну модель № 74178 Україна, МПК Е04С 3/06 (2006.01). Вузли стикування елементів верхнього поясу трикутних металодерев'яних ферм / Клименко В.З. Михайловський Д. В., Коваленко М. С.; заявники і власники Київський національний університет будівниц-

---

**БУДІВНИЦТВО, ІНЖЕНЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМУНІКАЦІЇ**

---

тва і архітектури, Кліменко В.З. Михайловський Д.В., Коваленко М.С.; – № u201202203; заяв. 24.02.12 ; опубл. 25.10.2012, Бюл. № 20.

7. Михайловский Д.В. Уточнение методики расчета крупнопанельных конструкций из клееной древесины с учетом сложного напряженного состояния / Д.В. Михайловский // Итоги строительной науки: материалы V международной научно-технической конференции. – Владимир: ВлГУ, 2007. – С. 93-98.

8. Кліменко В.З. Пропозиції щодо перевірки позацентрово-вирішених вузлів стержньових конструкцій з клеєної деревини при складному напруженому стані / В.З. Кліменко , Д.В. Михайловський // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – 2007. – Вип. 16, Ч. 2. - С. 203-206.

9. Клименко В.З. Проектирование крупнопанельных конструкций из клееной древесины с внецентренными узлами / В.З. Клименко, Д.В. Михайловский // Современные строительные конструкции из металла и древесины. – 2008. – №12. – С. 146-152.

10. Михайловський Д.В. Експериментальне дослідження напруженого стану деревини в зоні вузлів позацентрового стикування елементів / Д.В. Михайловський , В.К. Вертецький // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – 2010. – Вип. 20. - С. 265-270.

Надійшла 18.12.2012 р.