

*О.І. Башинський, канд. техн. наук<sup>1</sup>, Т.Б. Боднарчук, канд. техн. наук, доцент<sup>2</sup>, О.Б. Лоза<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності  
<sup>2</sup>Львівський національний аграрний університет)*

## ОЦІНКА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ З'ЄДНАНЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА МЕТАЛЕВИХ ЗУБЧАСТИХ ШАЙБАХ

В роботі описано результати експериментальних досліджень з'єднань дерев'яних елементів з допомогою металевих зубчастих шайб та запропоновано методика оцінки їх міцності. Проведено експериментальні дослідження несучої здатності з'єднань дерев'яних елементів на металевих зубчастих шайбах. Отримано розрахункові значення несучої здатності цих з'єднань та проведена їх порівняльна характеристика з експериментальними даними. Визначена область застосування металевих зубчастих шайб та зроблено висновки з цієї теми досліджень.

**Ключові слова:** дерев'яні конструкції, металева зубчаста шайба, металева зубчаста пластина, з'єднання

**Постановка проблеми.** Несуча здатність дерев'яних конструкцій, в ряді випадків, визначається міцністю їх вузлів. В останні роки на ринку України з'явилося багато нових засобів з'єднань дерев'яних елементів, які базуються на використанні металевих фасонів. Оскільки в нормативних документах України рекомендації щодо розрахунку та конструювання таких з'єднань відсутні, існує необхідність теоретичних та експериментальних їх досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження різних видів з'єднань дерев'яних конструкцій розглядалися великою плеядою вітчизняних та закордонних вчених: Коченовим В.М., Дмитрієвим П.А., Стрижаковим Ю.Д., Клименком В.З., Гомоном С.С., Отрешком А.П., Знаменським Е.М., Алексієвцем В.І., Карлсенем Г.Г., Івановим В.Ф., Губенком А.Б., Івановим Ю.М., Большаковою В.В., Свенцицьким Г.І., Осветським Б.А., Сліцкоуховим Ю.В., Зубаревим Г.Н., Фурсовою та ін. [1, 2, 3].

Для вузлових з'єднань дощаних елементів застосовують металеві зубчасті пластини (МЗП). Несучу здатність з'єднань на МЗП визначають з умов зминання деревини, згинання зубів, а також міцності пластин на розтяг, стиск та зріз. Одним з розробників методики розрахунку з'єднань на металевих зубчастих пластинах є Клименко В.З. В основу розрахунку, за його методикою, покладено визначення несучої здатності одного зуба залежно від кута зминання деревини та його геометричних розмірів [1].

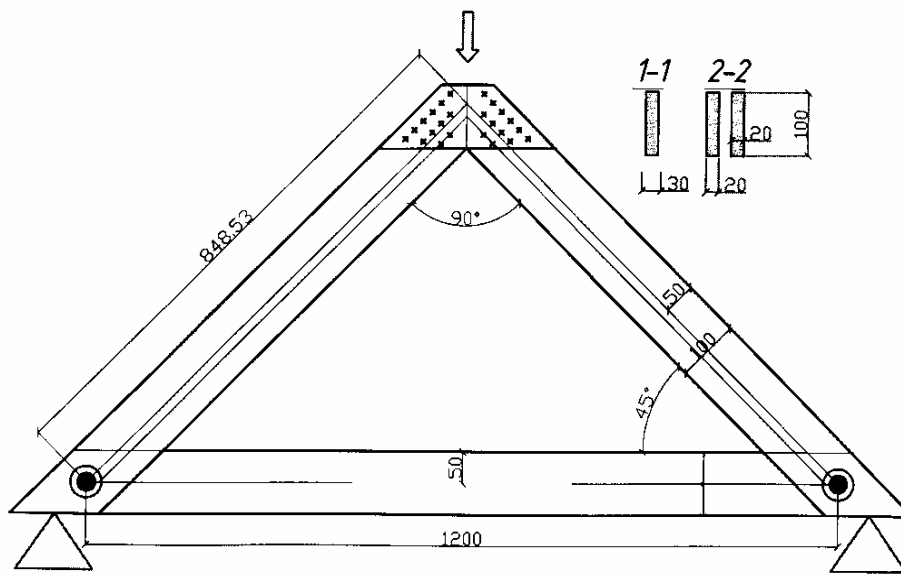
За методикою Сліцкоухова Ю.В. несуча здатність з'єднання на МЗП визначається з умов зминання деревини і згину зубів при розтягу, зміщенні і стиску. За основу береться розрахункова несуча здатність  $1 \text{ см}^2$  робочої площі пластини [3].



**Рис. 1.** Металева зубчаста шайба

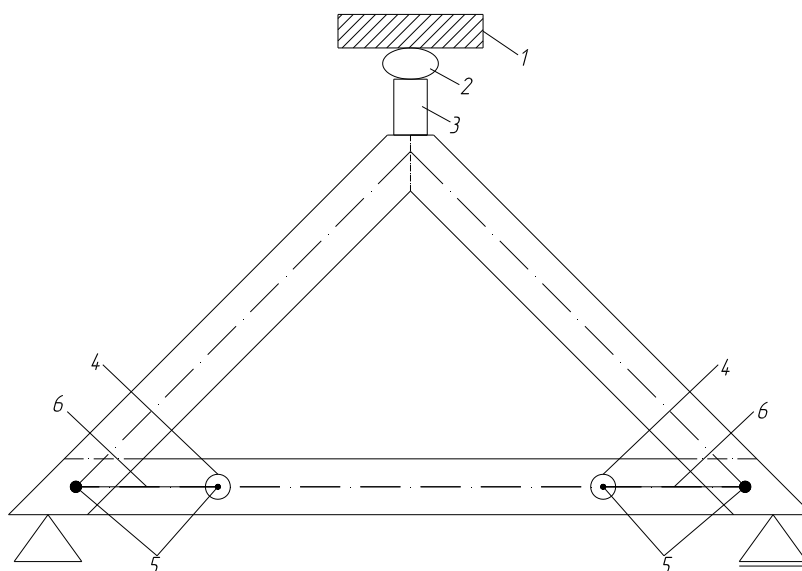
**Постановка завдання.** Існуючі методики розрахунку з'єднань на МЗП добре оцінюють їх роботу. Складнішим є питання оцінки несучої здатності з'єднань з допомогою двосторонніх металевих зубчастих шайб (МЗШ) (рис.1). Це питання ще мало вивчене. Тому в цій роботі ставилось завдання експериментальним шляхом дослідити несучу здатність таких з'єднань та розробити методика їх розрахунку. Метою випробувань було з'ясувати основні характеристики роботи з'єднань на різних стадіях завантаження, встановлення верхньої межі пружної роботи з'єднання, характер деформацій та руйнування.

**Виклад основного матеріалу.** Для експериментальних досліджень були запроєктовані та виготовлені тришарнірні дерев'яні арки (рис. 2). Матеріал – сосна першого сорту з відносною вологістю 15%. Висота – 60 см, проліт – 120 см. Затяжка виготовлена з дошки 100х30 мм, а верхній пояс – із двох дощок 100х25 мм. З'єднання у карнізному вузлі виконали з допомогою дерев'яних накладок та циліндричних нагелів, а в опорних вузлах встановили по дві зубчасті шайби, які додатково стягувались конструктивним болтом об мм (рис. 2).



**Рис. 2.** Дощана арка

Навантажували арки зосередженою силою, що прикладалась до гребеневого вузла ступінчасто по 0,5 кН. Зусилля створювали з допомогою гідравлічного домкрата і контролювали динамометром. Деформації в опорних вузлах вимірювали з допомогою мікроіндикаторів годинникового типу (рис. 3).



**Рис. 3.** Схема випробування дерев'яних арок:  
 1 – нерухома частина стенду випробувань; 2 – динамометр; 3 – домкрат гідравлічний;  
 4 – мікроіндикатори; 5 – упори; 6 – шпильки

При навантаженнях від 0 до  $0,3 N_{руїн}$  деформацій у вузлах із МЗШ не було зафіксовано. І лише після досягнення зусиль  $0,4N_{руїн}$  почали з'являтися пружні деформації, які мали лінійний характер. Після зняття навантажень можна було спостерігати редеформацію зразків. Починаючи з навантажень, що відповідають  $0,7N_{руїн}$  ріст деформацій у вузлах різко прискорився. З'явилися незворотні пластичні деформації. А при навантаженнях  $0,8N_{руїн}$  зміщення верхнього пояса відносно нижнього досягло граничного значення  $\Delta > 2$  мм, причому ріст деформацій відбувався при практично сталому навантаженні.

Експериментально було встановлено, що болт, який встановлювався конструктивно, в кінцевій стадії роботи з'єднання працював як нагель в симетричному з'єднанні. В роботі МЗШ брали участь усі зуби, але їх несуча здатність була різною, оскільки розташовані вони під різними кутами до напрямку дії сили та волокон деревини.

На графіку деформацій, у вузлах арки на МЗШ, у початковій стадії завантаження спостерігались від'ємні переміщення (рис. 4). Верхні пояси почали переміщатись всередину. Це відбулось тому, що між опорами і верхніми поясами не було щільного контакту. Від тиску верхнього поясу на МЗШ та болт-нагель деревина нижнього пояса, від незначних зусиль, почала зминатись. При досягненні верхніми поясами опор, тобто проектного положення, від'ємні переміщення припинились.

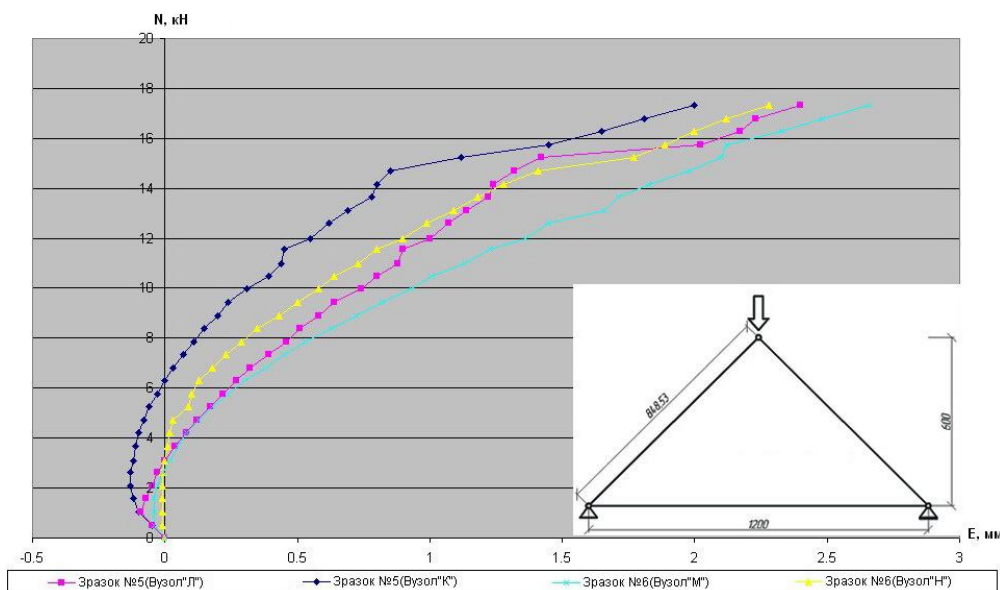


Рис. 4. Графіки деформацій в опорних вузлах дерев'яних арок

**Методика розрахунку несучої здатності з'єднань з допомогою металевої зубчастої шайби.** Металева зубчаста шайба має з обох боків по 12 зубів у вигляді трикутників (рис. 1). Розміри МЗШ: зовнішній діаметр – 5 см, внутрішній діаметр – 1,8 см, ширина одного зуба – 0,6 см, висота зуба – 0,5 см, товщина металу шайби – 1,2 мм.

Площа одного зуба:

$$S = \frac{1}{2} \cdot a_h \cdot h,$$

де  $a_h$  – половина ширини зуба;  $h$  – висота зуба.

Оскільки зуби в шайбі розташовані під різними кутами то приймаємо для розрахунків середній кут -  $45^0$ . Тоді несуча здатність одного зуба:

$$N_{зб.} = S \cdot R_{змс},$$

де  $S$  – площа одного зуба;  $R_{змс}$  – розрахунковий опір зминання деревини для  $\alpha = 45^\circ$ .

Несучу здатність одного ребра зуба:

$$N_{р.зб.} = S_p \cdot R_{змс.}$$

де  $S_p = t \cdot l$  – площа ребра зуба ( $t$  – товщина металу шайби,  $l$  – розмір бічної грані зуба).

Оскільки в з'єднанні працює також болт, визначаємо його несучу здатність  $T$  за [4].

Несучу здатність з'єднань на МЗШ визначено експериментальним шляхом та теоретично наведено в таблиці 1. Як видно з порівнянь теоретичних розрахунків та результатів експериментів, запропонована методика добре оцінює несучу здатність з'єднань на МЗШ. Значний запас міцності (55%), що отримується при розрахунку за запропонованою методикою пов'язаний з анізотропними властивостями деревини: її неоднорідності, впливу багатократного та довготривалого навантаження.

Таблиця 1

Назва вузла	$T_{exp}, кН$	$T_{СнП}, кН$	$\delta, \%$	$T_{exp} \cdot k^*, кН$	$\delta, \%$
Вузол «К»	17,32	5,94	34,3	11,43	51,9
Вузол «Л»	15,75	5,94	37,7	10,39	57,17
Вузол «М»	16,27	5,94	36,5	10,73	55,35
* $k=0,66$ коефіцієнт, що враховує довготривалий опір деревини					

Дослідженнями встановлено, що з'єднання дерев'яних елементів металевими шайбами практично не впливає на вогнестійкість будівельних конструкцій.

Встановлено, що наявність металевого компонента незначною мірою впливає на міцність самої деревини завдяки зменшенню площі поперечного перерізу і завдяки використанню вогнезахисних покриттів можна збільшити межу вогнестійкості у 1,5-1,8 раза.

**Висновки.** Проведені експериментальні дослідження показали, що з'єднання з допомогою металевих зубчастих шайб є надійними, і витримують значні навантаження, мають малу деформативність. Розрахункові значення несучої здатності таких з'єднань в середньому на 55,8 % менші за експериментальні, що, зважаючи на анізотропію механічних властивостей деревини, є хорошим показником.

Металеві зубчасті шайби та запропонована методика розрахунку з'єднань з їх допомогою можуть використовуватися при проектуванні рамних конструкцій, дощаних ферм покриття, тришарнірних дощаних арок, шатрових дахів та інших дерев'яних конструкцій. Наявність металевого компонента практично не впливає на вогнестійкість запропонованих будівельних конструкцій.

#### Список літератури:

1. **Клименко В.З.** Конструкції з дерева та пластмас : підручник / В.З. Клименко. – Київ : Вища школа, 2000. – 304 с.
2. **Зубарев Г.Н.** Конструкции из дерева и пластмасс : учеб. пособ. / Г.Н. Зубарев. – Москва : Высш. школа, 1990. – 287 с.
3. **Конструкции из дерева и пластмасс.** : учебник [Слицкоухов Ю.В., Буданов В.Д., Гаппоев М.М. Гуськов И.М., Махутова З.Б., Освенский Б.А., Саричев В.С., Филимонов С.В.] под редакцией Г.Г.Карлсена. – Москва : Стройиздат, 1986. – 543 с.
4. **Деревяные конструкции** : СНиП II-25-80. – Москва : Стройиздат, 1983. – 30ст.

## **ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ШАЙБАХ**

В работе описаны результаты экспериментальных исследований соединений деревянных элементов с помощью металлических зубчатых шайб и предложена методика оценки их прочности. Проведены экспериментальные исследования несущей способности соединений деревянных элементов на металлических зубчатых шайбах. Получены расчетные значения несущей способности данных соединений и проведенная их сравнительная характеристика с экспериментальными данными. Определена область применения металлических зубчатых шайб и сделаны выводы по данной теме исследований.

**Ключевые слова:** деревянные конструкции, металлическая зубчатая шайба, металлическая зубчатая пластина, соединение

## **ESTIMATION OF BEARING CAPACITY OF WOODEN ELEMENTS CONNECTIONS ON METALLIC TOOTHED PUCKS**

The article deals with the results of experimental researches of connections of wooden elements with the help of metallic toothed pucks and the estimation method of their durability. Experimental researches of bearing capacities of wooden elements connections on metallic toothed pucks are conducted. The calculation values of bearing capacities of these connections are received. The comparative description with experimental information is conducted. The area of an application of metallic toothed pucks domain is defined and conclusions on this topic of researches are done.

**Key words:** wood constructions, metallic toothed puck, toothed metal-plate, connection

