



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,  
РОСІЙСЬКОЮ, ПОЛЬСЬКОЮ, НІМЕЦЬКОЮ  
ТА АНГЛІЙСЬКОЮ МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

## ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

ЛДУ БЖД, УкрНДІПБ  
МНС України

**№ 18, 2011**

заснований у 2002 році

### РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| канд. техн. наук     | <b>Ковалишин В.В.</b> – головний редактор           |
| канд. техн. наук     | <b>Антонов А.В.</b> – заступник головного редактора |
| д-р техн. наук       | <b>Семерак М.М.</b> – науковий редактор             |
| канд. фіз.-мат. наук | <b>Кузик А.Д.</b> – заступник наукового редактора   |
| д-р техн. наук       | <b>Гащук П.М.</b>                                   |
| д-р техн. наук       | <b>Грицюк Ю.І.</b>                                  |
| д-р техн. наук       | <b>Гудим В.І.</b>                                   |
| д-р техн. наук       | <b>Гуліда Е.М.</b>                                  |
| д-р техн. наук       | <b>Гивлюд М.М.</b>                                  |
| д-р техн. наук       | <b>Жартовський В.М.</b>                             |
| д-р пед. наук        | <b>Козяр М.М.</b>                                   |
| д-р хім. наук        | <b>Михалічко Б.М.</b>                               |
| д-р техн. наук       | <b>Мичко А.А.</b>                                   |
| д-р техн. наук       | <b>Пашковський П.С.</b>                             |
| д-р техн. наук       | <b>Рак Ю.П.</b>                                     |
| д-р техн. наук       | <b>Сидорчук О.В.</b>                                |
| д-р хім. наук        | <b>Сушко В.О.</b>                                   |
| д-р фіз.-мат. наук   | <b>Тацій Р.М.</b>                                   |
| д-р фіз.-мат. наук   | <b>Юзевич В.М.</b>                                  |
| канд. техн. наук     | <b>Баланюк В.М.</b>                                 |
| канд. техн. наук     | <b>Болібрух Б.В.</b>                                |
| канд. пед. наук      | <b>Коваль М.С.</b>                                  |
| канд. техн. наук     | <b>Откідач М.Я.</b>                                 |

- М.М. Козяр, Ю.П. Рак**  
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА  
КІБЕРНЕТИЧНИЙ ПІДХІД ПРОЕКТНО-  
ОРІЄНТОВАНОГО УПРАВЛІННЯ  
ПРОЦЕСОМ ПІДГОТОВКИ  
ПРОФЕСІОНАЛА-РЯТІВНИКА  
ТРЕТЬОГО ТИСЯЧОЛІТТЯ
- М.М. Kozyar, Yu.P. Rak**  
8 INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND  
CYBERNETIC APPROACH PROJECT-  
ORIENTED PROCESS CONTROL OF  
THE THIRD MILLENNIUM  
PROFESSIONAL-RESCUER  
PREPARATION
- С.Ю. Дмитровський, І.Л. Ущачівський,  
В.Б. Грицай**  
ЛІКВІДАЦІЯ ПОЖЕЖИ НА ТЕРИТОРІЇ  
ВАТ КОНЦЕРН «ГАЛНАФТОГАЗ»
- S.Yu. Dmytrovskiy, I.L. Ushchapivskiy,  
V.B. Hrytsai**  
14 FIRE EXTINGUISHING ON JSC  
CONCERN GALNAFTOGAZ  
TERRITORY
- В.В. Ковалишин**  
МОДЕЛЮВАННЯ ВИНИКНЕННЯ І  
РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ В ЗАКРИТИХ  
ОБ'ЄМАХ ВЕЛИКОЇ ПРОТЯЖНОСТІ
- V.V. Kovalyshyn**  
21 MODELLING OF THE START AND  
DEVELOPMENT OF FIRES IN CLOSED  
VOLUMES OF GREAT LENGTH
- О.Ф. Бабаджанова, Ю.Е. Павлюк,  
Ю.Г. Сукач**  
ФАКТОРИ, ЩО ОБУМОВЛЮЮТЬ  
ПОЖЕЖНУ НЕБЕЗПЕКУ ЛІНІЙНОЇ  
ЧАСТИНИ МАГІСТРАЛЬНОГО  
ГАЗОПРОВОДУ
- O.F. Babadzhanova, Yu.E. Pavlyuk,  
Yu.H. Sukach**  
27 FACTORS CAUSED THE FIRE HAZARD  
OF LINEAR PART OF MAIN GAS  
PIPELINE
- О.І. Башинський, Т.В. Боднарчук,  
О.Б. Лоза**  
ОЦІНКА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ  
З'ЄДНАНЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ  
НА МЕТАЛЕВИХ ЗУБЧАСТИХ  
ШАЙБАХ
- O.I. Bashynskiy, T. V. Bodnarchuk,  
O.B. Loza**  
35 ESTIMATION OF BEARING CAPACITY  
OF WOODEN ELEMENTS  
CONNECTIONS ON METALLIC  
TOOTHED PUCKS
- М.М. Гивлюд, О.І. Башинський,  
С.Я. Вовк**  
ТЕМПЕРАТУРОСТІЙКІ СИЛКАТНІ  
ЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ МЕТАЛІВ ТА  
СПЛАВІВ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНОГО  
ПОЛІМЕТИЛФЕНІЛСИЛОКСАНУ
- M.M. Gyvlyud, O.I. Bashynskyy,  
S.Ya. Vovk**  
40 TEMPERATURE-PROOF FILLED  
POLYMETHYLPHENILSILOXANE-  
BASED COATINGS FOR METALLIC  
COMNSTRUCTIONS

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 методику 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 фасонки. 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., Отрепшом А.П., Знаменським Е.М., Алексієвцем В.І., Карлсеном 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].

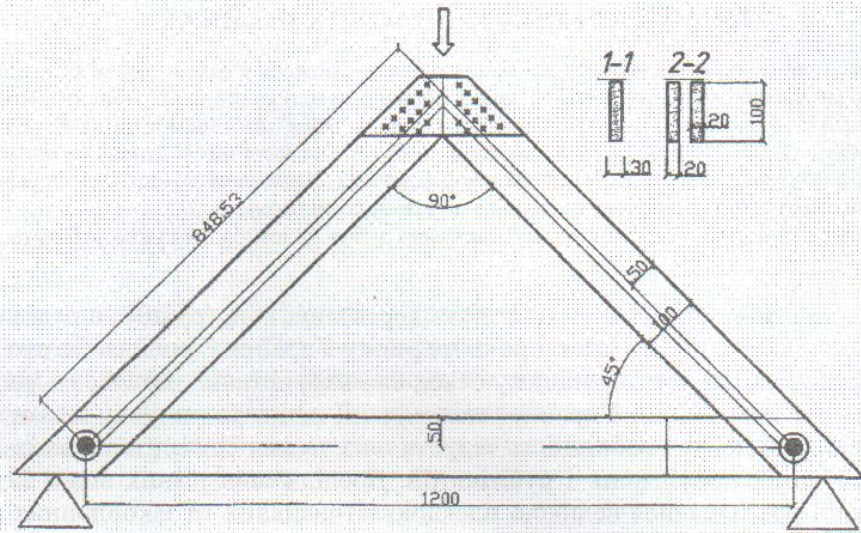
За методикою Сліцкоухова Ю.В. несуча здатність з'єднання на МЗП визначається з умов зминання деревини і згину зубів при розтягу, зміщенні і стиску. За основу береться розрахункова несуча здатність 1 см<sup>2</sup> робочої площі пластини [3].



Рис. 1. Металева зубчаста шайба

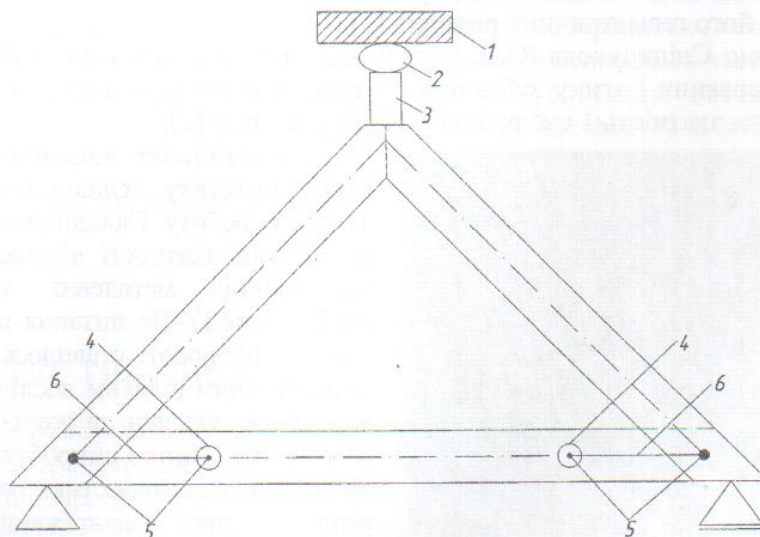
**Постановка завдання.** Існуючі методи розрахунку з'єднань на МЗП добре оцінюють їх роботу. Складнішим є питання оцінки несучої здатності з'єднань з допомогою двосторонніх металевих зубчастих шайб (МЗШ) (рис.1). Це питання ще мало вивчене. Тому в цій роботі ставилось завдання експериментальним шляхом дослідити несучу здатність таких з'єднань та розробити методику 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 100x30 мм, а верхній пояс – із двох дощок 100x25 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  $\varnothing 6$  мм (рис. 2).



**Рис. 2.** Доцiana 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 – шильки

При навантаженнях від 0 до  $0,3 N_{руйін}$  деформацій у вузлах із МЗШ не було зафіксовано. Лише після досягнення зусиль  $0,4 N_{руйін}$  почали з'являтися пружні деформації, які мали еластичний характер. Після зняття навантажень можна було спостерігати редеформацію зразка.

Починаючи з навантажень, що відповідають  $0,7 N_{руйін}$  ріст деформацій у вузлах різко прискорився. З'явилися незворотні пластичні деформації. А при навантаженнях  $0,8 N_{руйін}$  розрив верхнього пояса відносно нижнього досягло граничного значення  $\Delta > 2$  мм, причому подальше збільшення деформацій відбувалося при практично сталому навантаженні.

Експериментально було встановлено, що болт, який встановлювався конструктивно, в певній 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 було 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, починала зминатись. При досягненні верхніми поясами опор, тобто проектного положення, від'ємні переміщення припинились.

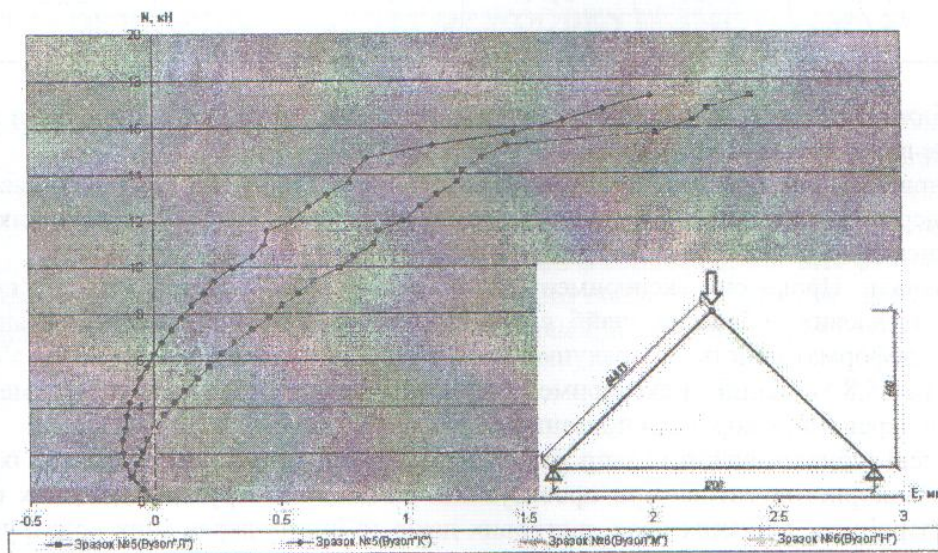


Рис. 4. Графіки деформацій в опорних вузлах дерев'яних арок

**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 – 5 см, висота зуба – 0,5 см, товщина металу шайби – 1,2 мм.

Площа одного зуба:

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

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

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

$$N_{зб.} = S \cdot R_{змс},$$

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

Несучу здатність одного ребра зуба:

$$N_{р.зб.} = S_p \cdot R_{зм.с.}$$

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	$T_{exp}, кН$	$T_{СниП}, кН$	$\delta, \%$	$T_{exp} \times k^*, кН$	$\delta, \%$
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. Деревянные конструкции : СНиП II-25-80. – Москва : Стройиздат, 1983. – 30ст.