

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КЛЕЄМЕТАЛЕВИХ
З'ЄДНАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

**RESEARCH WORK OF THE GLUED SCREW JOINTS OF
ELEMENTS OF WOODEN CONSTRUCTIONS**

**Кислюк Д.Я. к.т.н., доцент, Чапюк О.С., к.т.н., доцент, (Луцький
НТУ, м. Луцьк)**

**Kyslyuk D.Ya. Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Chapiuk
O.S., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, (Lutsk State Technical
University, Lutsk)**

Наведені результати експериментальних досліджень роботи та доцільність застосування клеєгвинтових з'єднань при виготовленні дощатоклеєних елементів. Дослідження клеєгвинтових з'єднань показали, що застосування самонарізів дає змогу проводити запрясування без спеціального обладнання і при додержанні всіх технологічних умов склеювання має достатню міцність клеєвого шва

The expediency of the use glued screw joints in the manufacture of laminated wooden elements at woodworking enterprises or on a construction site in the absence of special press equipment.

The use of wooden elements of a continuous cross-section is limited to the assortment of lumber. To increase the carrying capacity of wooden structures the most progressive is the use of rain-fed elements. But for their manufacture special press equipment is needed, which in most cases is not present at small woodworking enterprises. Therefore, at small volumes of work it is possible to offer glue-screws in a board-packed package.

Experimental studies of glue-screw joints have shown that the use of self-tapping screeds makes it possible to shut off without special equipment and, with all technological conditions of bonding, has a sufficient strength of the glue joint (up to 80% of the strength when bonding on the press). Estimated load of a certain glued joint is much less destructive (2-3 times), which also proves sufficient strength of the

injection of the sample only with the help of self-tapping. In addition, self-screws in such compounds work on bending, and the wood on the crumbling as a connecting rod. They are pliable and bearing capacity much less than glued joints, but prevent the instant destruction of structures at short-term loads, which during tests is greater than the estimated load for a glue joint.

To study the work of such compounds, experimental samples with different types of joints of individual boards were used, namely: adhesive bonding, grinding (using screws) and combined (using screws and glue).

The test is carried out in the laboratory using a hydraulic press. To measure the deformation of the shift of the boards, one with respect to one for the samples of the barrel connection, set an indicator whose head rests in a wooden shelf, which is fixed to the outer boards. On the seam for control, a strip of paper with a millimeter markup is affixed, which, after drying, is cut off by a safety razor blade on a seam of the sample

The proposed method can be used for the production of rain-fed beams with a span of 9 ... 18 m, flat circular arches and other structures with a cross-sectional width of up to 18 cm in woodworking enterprises or on a construction site in the absence of special press equipment.

Ключові слова: з'єднання, дерев'яні конструкції, дощатоклеєні елементи

Keywords: connection, wooden constructions, wood glued elements

З'єднання є одними з найбільш відповідальних частин дерев'яних конструкцій тому, що для їх виготовлення у елементах часто роблять отвори та врізи, які послаблюють поперечні перерізи і при цьому виникає концентрація напружень. Руйнування конструкцій, як правило, відбувається в місцях з'єднання окремих елементів. Тому таким частинам конструкцій потрібно приділити особливу увагу у розрахунку і конструюванні. Особливо це стосується елементів які працюють на розтяг і сколювання. Основними способами з'єднань таких елементів є нагельні та клеєві з'єднання.

Застосування дерев'яних елементів суцільного поперечного перерізу обмежується сортаментом пиломатеріалів. Для збільшення несучої здатності дерев'яних конструкцій найбільш прогресивним є

застосування дощатоклеєних елементів. Але для їх виготовлення необхідне спеціальне пресове обладнання, яке в більшості випадків відсутнє на невеликих деревообробних підприємствах. Тому при невеликих обсягах робіт можна запропонувати клеєгвинтові з'єднання в дощатоклеєному пакеті.

Нагельні з'єднання можна виготовляти як в заводських умовах так і на будівельному майданчику з деревини будь-якої вологості, але недоліком є ослаблення поперечних перерізів та концентрація напружень у місцях безпосереднього з'єднання конструкцій, їх піддатливість.

В клеєних з'єднаннях неможливі і нема ослаблень поперечних перерізів. Такі з'єднання можна вважати монолітними (суцільними), так як вони є не менш міцними ніж реальна деревина. Також перевагою клеєвих з'єднань є те, що вони надають можливість з дошок обмежених розмірами перерізу і довжини виготовляти дощатоклеєні елементи несучих конструкцій практично будь-яких розмірів і форм. Клеєві з'єднання є водостійкими. Недоліком таких з'єднань є те, що їх виготовлення повинно проходити в заводських умовах при наявності пресового обладнання, що впливає на загальну вартість конструкції. Руйнування таких з'єднань проходить миттєво.

Застосування саморізів при виготовленні клеєметалевих з'єднань дає змогу проводити запресовку без спеціального обладнання і запобігає миттєвому руйнуванню з'єднання.

Для дослідження роботи таких з'єднань були використані дослідні зразки з різними типами з'єднань окремих дошок, а саме: клеєве з'єднання, нагельне (за допомогою саморізів) та комбіноване (за допомогою саморізів та клею).

В даних випробуваннях були використані наступні матеріали: дерев'яні зразки, які виготовлені за типорозмірами, які показані на рис.1, з прямошарової деревини сосни без вад. Саморізи виготовлені із сталі, поверхня фотосфатована на чорний колір. Довжина саморіза 90мм, зовнішній діаметр 3,5мм. Використаний дисперсний монтажний клей на основі полівінілацетату (ПВА) для твердої і м'якої деревини.

Зразок на нагелях з'єднується за допомогою 8 самонарізів з обох сторін так як це показано на рис.1. Клеєний зразок з'єднується за допомогою клею ПВА, який наноситься тонким шаром на поверхні дотику дошок, після чого зразок поміщається під прес на

24 години. Клеєметалевий зразок з'єднують за допомогою клею без пресового обладнання, так як роль пресу в цьому випадку виконують самонарізи.

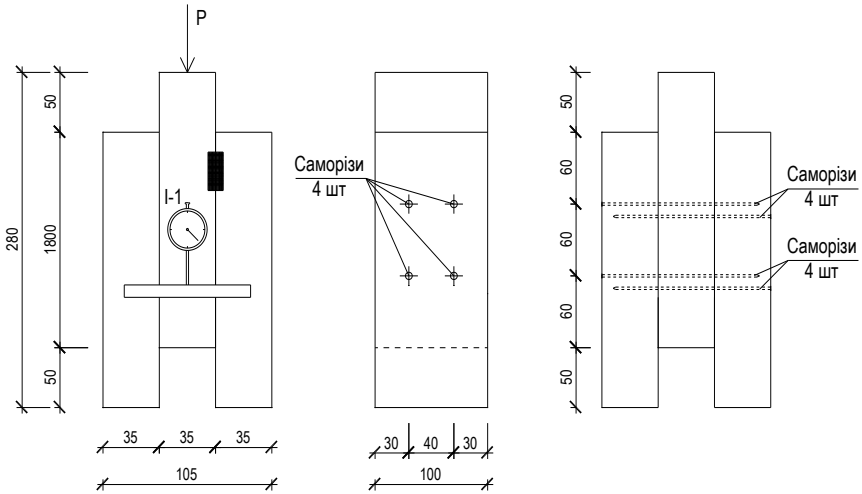


Рис. 1. Схема випробування зразків

Безпосередньо перед початком випробувань з точністю до 0,5мм вимірюються товщини дошок і діаметри нагелів та визначається несуча здатність нагельного і клеєного з'єднання, згідно з [1, 2]:

$$F_{ld} = \min \begin{cases} f_{n.1.d} t_1 d k_a \\ f_{n.2.d} t_2 d k_a \\ f_{n.d} d^2 (1 + \beta_n^2) \sqrt{k_a} \end{cases}$$

1) нагельне з'єднання

$$F_d = F_{ld.min} n_n n_s = 0,45 \cdot 8 \cdot 2 = 5,9 \text{ кН}$$

де F_{min} - мінімальна несуча здатність нагеля на один зріз в кН, що визначається із виразів:

$$F_{ld} = f_{n.1.d} t_1 d k_a = 0,8 \cdot 2,6 \cdot 0,35 = 0,73 \text{ кН}$$

$$F_{ld} = f_{n.2.d} t_2 d k_a = 0,5 \cdot 3,5 \cdot 0,35 = 0,61 \text{ кН}$$

$$F_{ld} = f_{n.d} d^2 (1 + \beta_n^2) \sqrt{k_a} = 2,5 \cdot 0,35^2 (1 + 0,47^2) = 0,37 \text{ кН}$$

a - середнє арифметичне товщини крайніх елементів зразка з врахуванням довжини защемлення цвяха, (см):

$$a = (a_1 + a_2)/2 = (3,5 + 1,8)/2 = 2,6 \text{ см}$$

$$a = l - a_1 - c - 0,1m = 9 - 3,5 - 3,5 - 0,2 = 1,8 \text{ см}$$

c - товщина середнього елемента, $c=3,5$ см;

d - діаметр нагеля; $d = 0,35$ см;

n - кількість нагелів у зразку $n = 8$;

m - кількість зрізів одного нагеля $m = 2$.

2) клеєве з'єднання

$$F_{c,d} = A_v f_{v,m,k} = l_v b f_{v,m,k} = 0,1 \cdot 0,18 \cdot 0,95 = 17 \text{ кН}$$

Тут: $f_{v,m,k} = 0,95$ МПа

Дослід проводиться в лабораторії за допомогою гідравлічного пресу. Для вимірювання деформації зсуву дошок одна відносно одної для зразків нагельного з'єднання встановлюють індикатор, головка якого впирається в дерев'яну полицку, яка закріплена до зовнішніх дошок. На шві для контролю наклеюють смужку паперу з міліметровою розміткою, яку після висихання розрізують лезом безпечної бритви по шву зразка (рис.2).



Рис.2. Випробовування зразка на саморізах
(початкове положення)

Руйнівне навантаження зразка з нагельним з'єднанням $N_{max} = 33$ кН при деформаціях зсуву більше 1 см. Експериментальне

навантаження при нормативній деформації зсуву 2мм становить 13 кН.

Руйнівне навантаження клеєного зразка $N_{max} = 70,5$ кН. Руйнування цього зразка відбулось миттєво.

Таблиця.1. Показники залежності деформацій зсуву від навантаження зразка з нагельним з'єднанням

N, кН	S, мм	N, кН	S, мм	N, кН	S, мм
2	0,01	10	0,93	18	4,33
3	0,03	11	1,16	19	4,57
4	0,07	12	1,52	20	5
5	0,14	13	2	21	5,4
6	0,22	14	2,51	22	5,6
7	0,33	15	3,1	23	5,9
8	0,45	16	3,52	24	6,33
9	0,69	17	3,94	25	6,76

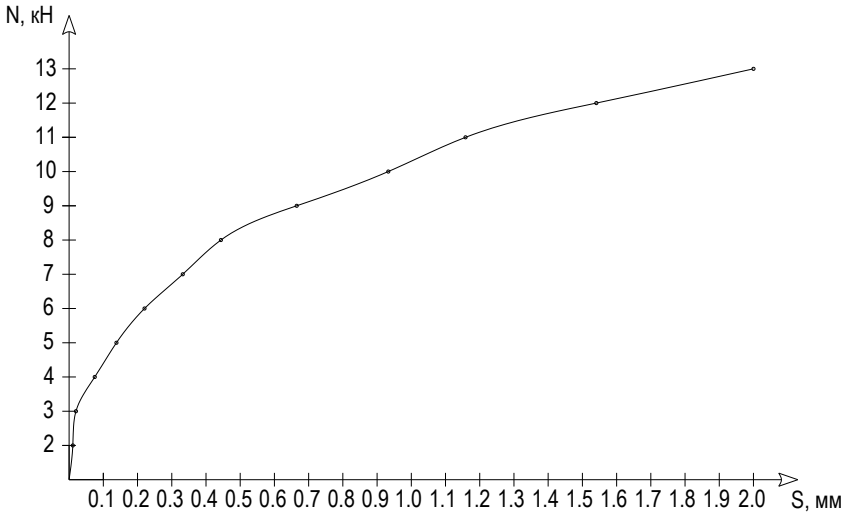


Рис.3. Графік залежності деформацій від навантаження нагельного з'єднання

Випробування клеєметалевого зразка показало наступні результати: руйнування клейового шару наступає при $N = 57$ кН і

зміщення дошок одна відносно другої досягає двох міліметрів, але за рахунок роботи саморізів зразок певний час ще витримує тимчасове навантаження $N = 33 \text{ кН}$, після чого досягає критичних деформацій.

Дані дослідження показали доцільність застосування клеєметалевих з'єднань і ефективність їх полягає у наступному:

- відсутність ослаблень поперечного перерізу, порівняно з клеєболтовим з'єднанням;
- нема миттєвого руйнування конструкцій (порівняно із клеєним з'єднанням);
- відсутність піддатливості з'єднань;
- нема необхідності застосовувати пресове обладнання.

Експериментальні дослідження клеєгвинтових з'єднань показали, що застосування самонарізів дає змогу проводити запресування без спеціального обладнання і при додержанні всіх технологічних умов склеювання має достатню міцність клеєвого шва (до 80% міцності при склеюванні на пресі). Розрахункове навантаження такого клеєного шва значно менше руйнівного (в 2-3 рази), що теж доводить достатню міцність запресування зразка лише за допомогою самонарізів. Крім цього самонарізи в таких з'єднаннях працюють на згинання, а деревина на зминання як нагельні з'єднання. Вони податливі і несуча здатність їх значно менша від клеєвих швів, але запобігають миттєвому руйнуванню конструкцій при короточасних навантаженнях, які при впробовуваннях більші за розрахункове навантаження для клеєвого шва.

Такі з'єднання доцільно застосовувати при виготовленні невеликої кількості дощатоклеєних конструкцій для виготовлення дощатоклеєних балок прольотом 9...18 м, пологих кругових арок та інших конструкцій шириною поперечного перерізу до 18 см на деревообробних підприємствах або на будівельному майданчику при відсутності спеціального пресового обладнання.

1. ДБН В.2.6-161:2017 Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції/ Основні положення. – Мінрегіонбуд України. 2017. 2. ДСТУ-Н Б В.2.6-217:2016. Настанова з проектування будівельних конструкцій з цільної і клеєної деревини. ДП "УкрНДНЦ" 2017. 3. Гомон С.С. «Конструкції з дерева та пластмас» навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2016.