

А. П. Павлюк<sup>1</sup>, Зятюк Ю.Ю.<sup>1</sup>, Супрунюк В.В.<sup>1</sup>, Скрипник М.М.<sup>1</sup>, Р.В. Пасічник<sup>2</sup>, С.В. Ротко<sup>2</sup>

*Національний університет водного господарства та природокористування<sup>1</sup>  
Луцький національний технічний університет<sup>2</sup>*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ І ПОШКОДЖЕНЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ ФЕРМ

*Ідентифікація дефектів і вчасна їх ліквідація на експлуатованих конструкціях є важливою складовою забезпечення довговічності будівель і споруд. Наведені результати досліджень дерев'яних ферм, які знаходяться тривалий час в експлуатації. Розглянуті найбільш поширені дефекти і пошкодження елементів ферм, які виникають в процесі їх експлуатації. В рамках дослідження було проведено аналіз 10 різних об'єктів із різними геометричними схемами ферм. Виконаний статистичний аналіз частоти виникнення зафіксованих дефектів і пошкоджень. Проведене порівняння виявлених дефектів із їх видами, які наведені в нормативних документах.*

*Ключові слова:* Деревина, напружено-деформований стан, несуча здатність, деформативність, дерев'яні конструкції, дерев'яні ферми, дефекти дерев'яних конструкцій.

A. P. Pavluk, Y.Y. Zatiuk, V.V. Supruniuk, M.M. Skrypnyk, R.V. Pasichnyk, S.V. Rotko

## INVESTIGATION OF DEFECTS AND DAMAGE IN TIMBER TRUSSES

*The identification of defects and their timely remediation in structures in service constitute a key factor in ensuring the durability and reliability of buildings and civil engineering structures. This study presents the results of investigations of timber trusses that have been in long-term service. The most common defects and damage affecting truss members during operation are analysed. The research is based on the examination of ten different structures incorporating timber trusses with various geometric configurations. A statistical analysis of the frequency of occurrence of the identified defects and damage was carried out. The detected defects were compared with the defect classifications specified in relevant regulatory documents. The results indicate that almost all defect types listed in the regulatory literature are observed in structures employing timber trusses. In addition to the defects identified in the standards, additional types of damage were detected, including contamination of timber structural elements with bird droppings. Furthermore, a significant deficiency of timber trusses in service is the lack of documentation and the absence of systematic application of protective treatments.*

*Of the defects identified, prolonged and repeated moisture exposure was found to have the most adverse impact on timber truss members, promoting fungal activity and subsequent wood decay. Decay of timber, especially in joint regions, results in a substantial reduction in the service life of timber trusses.*

*The results of the study indicate that the most prevalent defects in timber truss members are longitudinal cracking due to wood shrinkage and corrosion of metal components in joint connections. The next most prevalent defect observed in timber trusses is the lack of information regarding treatment with protective agents (antiseptics and fire retardants). Given the frequent occurrence of timber infestation by wood-boring insects, as well as the necessity to comply with fire safety requirements, maintaining systematic and documented treatment of timber elements with protective substances is of critical importance.*

*Key words:* Wood, stress-strain state, caring capacity, deformation, wooden structures, wooden trusses, defects of wooden structures.

**Постановка проблеми.** Деревина – природний будівельний матеріал [1-3], який найчастіше на території України використовується як несучі конструкції покрівлі [4-7]. Одним із видів несучих конструкцій покрівель є дерев'яні ферми.

Термін експлуатації будівель і споруд залежить від довговічності елементів конструкцій, з яких вони складаються. В свою чергу довговічність будь яких конструкцій залежить від правильності та коректності їх використання (температурно-вологісного режиму, навантажень і впливів, умов експлуатації тощо), а також вчасного виявлення, фіксування та усунення дефектів і пошкоджень. Дерев'яні конструкції не є виключенням. Досвід їх використання показує, що при дотриманні коректних температурно-вологісних режимів їх довговічність значно перевищує проектні прогнозовані дані, наведені в нормативній документації [8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В процесі експлуатації дерев'яних конструкцій виникають дефекти і пошкодження. Кожен із них несе певний вплив на довговічність та несучу здатність. Існуючі дослідження дефектів дерев'яних ферм говорять, що важливим є вчасна ідентифікація пошкодження, визначення причини їх виникнення та ліквідація наслідків [9].

Дослідженням причин виникнення дефектів і пошкоджень дерев'яних конструкцій та їх впливи на експлуатаційну придатність займалися ряд вчених [10,11]. Так, автори [12] досліджували технічний стан дерев'яних ферм, термін експлуатації яких близько ста років. Серед основних дефектів, які були виявлені на елементах ферм, були замокання і розвиток грибків.

В дослідженнях [13] проведено аналіз дефектів і пошкоджень згинальних елементів із деревини. В результаті встановлено, що основним видом пошкоджень, які впливають на цілісність поперечних перерізів, є тріщиноутворення вздовж волокон. Причини таких пошкоджень пов'язані з

© А. П. Павлюк, Зятюк Ю.Ю., Супрунюк В.В., Скрипник М.М., Р.В. Пасічник,  
С.В. Ротко

перевантаженням, частими змінами вологості деревини та напруженнями розтягу перпендикулярно до волокон. Серед основних дефектів виявлених у історичних будівлях, є поздовжні тріщини різного походження, що також наведено в працях [14-18].

Дослідження [14] проводились на прикладі виявлених дефектів та руйнувань 127 різних об'єктів, які були зведені із використанням дерев'яних конструкцій. Результати показали, що найпоширенішою причиною відмов конструктивних елементів є недоліки або відсутність належного розрахунку на міцність. Їх частка у відсотковому відношенні становить 41,5%. Наступною причиною руйнувань дерев'яних конструкцій є помилки при монтажу, частка яких складає 14,1%. Далі йдуть пошкодження та зміни дерев'яних конструкцій безпосередньо на будівельному майданчику (їх частка становить 12,5%), та недостатнє або відсутнє проектування з урахуванням впливів навколишнього середовища (11,4%). Загалом близько половини відмов спричинені проектувальниками, а приблизно чверть — персоналом, який працює на будівельному майданчику. Якість деревини, методи та принципи виробництва зумовлюють лише незначну частину відмов (разом близько 11%).

**Постановка завдання.** Метою роботи є встановлення дефектів і пошкоджень в дерев'яних фермах, які знаходяться тривалий час в експлуатації та проведення статистичного аналізу щодо частоти їх виникнення.

**Виклад основного матеріалу.** В процесі дослідження було проведено обстеження десяти різних об'єктів, які перебували тривалий час в експлуатації. Дерев'яні ферми на даних об'єктах виконували функцію несучих кроквяних конструкцій. В загальному можна виділити чотири типи конструкцій ферм:

1) прямокутні дерев'яні – верхній, нижній пояс та решітка виконані із дерев'яних елементів (рис.1);



Рис.1. Загальний вигляд прямокутних дерев'яних ферм типу 1

2) трикутні металодерев'яні – верхній та нижній пояс виконані із деревини, елементи решітки – із деревини та металу (рис.2);



Рис.2. Загальний вигляд трикутних ферм типу 2

3) трикутні металодерев'яні – верхній пояс виконаний із деревини, нижній пояс із прокатних металевих елементів, елементи решітки із деревини та металу (рис.3);



**Рис.3. Загальний вигляд трикутних ферм типу 3**

4) трикутні дерев'яні ферми – верхній, нижній пояс та решітка виконані із дерев'яних елементів (рис.4).



**Рис.4. Загальний вигляд трикутних ферм типу 4**

Згідно діючих будівельних норм України [19,20], найбільш поширеними дефектами дерев'яних конструкцій є:

- вологий стан (або періодичне зволоження) деревини;
- зміна природнього забарвлення деревини;
- недопустимі деформації конструкцій та їх елементів;
- ураження деревини біошкідниками жуками-деревоточцями;
- технологічні дефекти (наявність нерівностей перерізів, залишків кори, не щільні примикання дерев'яних елементів у вузлах тощо);
- тріщини від усушки деревини;
- ураження деревини гниллю;
- корозія металевих елементів вузлових з'єднань;
- відсутність обробки захисними речовинами;
- обвуглення (при виникненні пожежі).

Враховуючи будівельні норми в частині пожежної безпеки [21], варто відмітити також важливість обробки дерев'яних несучих конструкцій вогнезахисними засобами. Тому при аналізі стану дерев'яних ферм також зверталась увага на наявність або відсутність обробки деревини антипіренами. Досвід обстеження будівель і споруд із дерев'яними несучими конструкціями вказує на недостатню культуру в частині забезпечення необхідної частоти обробки деревини захисними речовинами, в тому числі і антисептиками. Дуже часто власники або утримувачі будівель і споруд нехтують необхідною частотою обробки. Наявність інформації щодо обробки деревини антипіренами була лише на одному із 10 об'єктів дослідження. Проте і там вона була застаріла і потребувала оновлення.

Кожен із наведених вище дефектів і пошкоджень було виявлено на фермах. Проте причини їх виникнення і характер розвитку мали певні особливості. Найбільш поширеним дефектом є поздовжні тріщини від усушки деревини (рис.5). Причини виникнення даних тріщин є зміна

температурно-вологісних режимів протягом експлуатації, порушення вимог щодо вологості дерев'яних елементів, які використовувались при будівництві. Варто відмітити, що величини тріщин на дерев'яних конструкціях із більшим терміном експлуатації були більшими в порівнянні із більш «молодшими» аналогічними елементами.



**Рис.5. Тріщини від усушки деревини на елементах ферм**

Одним із найбільш поширених дефектів також була корозія металевих елементів вузлових з'єднань (рис.6). Із збільшення віку елементів корозія мала більшу площу і глибину відповідно.



**Рис.6. Корозія металевих елементів з'єднань**

На двох із десяти об'єктів були зафіксовані локальні ділянки із протіканням покрівлі. В даних місцях фіксувались зміна забарвлення деревини, розвиток грибків та розпочинались процеси гниття (рис.7). Варто відмітити, що в порівнянні із іншими виявленими дефектами, систематичне зволоження дерев'яних елементів у випадках відсутності ремонтів протікань нестиме найбільш негативний вплив на технічний стан ферм і значно знижуватиме термін експлуатаційної придатності



**Рис.7. Сліди від систематичного зволоження деревини**

Ще одним із найбільш поширених дефектів, який траплявся на кожній другій фермі, був враження деревини жуками-деревоточцями (рис.8). Проте сліди від уражень мали застарілий характер. Ознак продовження враження жуками деревини не було. Об'єми враження буди невеликі. За рахунок масивних елементів ферм локальні враження жуками-деревоточцями мають невеликий вплив на подальшу експлуатацію та несучі здатність ферм. Сприятливим середовищем для даних шкідників є залишки кори на дерев'яних елементах. Імовірно, враховуючи розташування виявлених уражень саме на кутах дерев'яних елементів, в даних місцях раніше знаходились рештки кори.



Рис.8. Ураження деревини жуками-деревоточцями

Додатково можна виділити пошкодження, які виникають внаслідок контакту елементів ферм із пташиним послідом (рис.9). На покрівлях часто трапляються випадки із пошкодженими слуховими вікнами, через які птахи мають доступ до горючого простору. Пташиний послід негативно діє на металеві елементи ферм і пришвидшує їх корозію.



Рис.9. Загальний вигляд трикутних ферм типу 4

Практично всі наведені вище дефекти траплялись в процесі дослідження. Проте їх об'єми та частота були різними. На рис.10 наведена стовпчаста діаграма, на якій вказана частота кожного із виявлених дефектів на 10 різних покрівлях у відсотках.

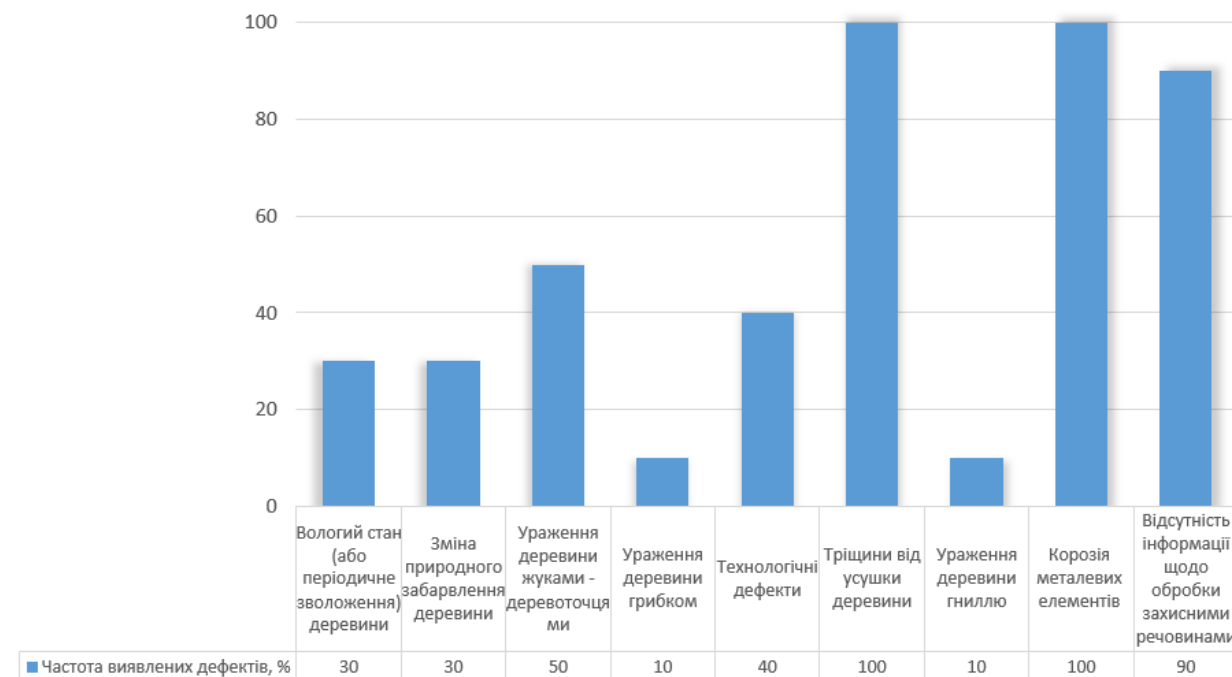


Рис.10. Частота виявлених дефектів і пошкоджень

Такі дефекти, як тріщина від усушки та корозія металевих елементів траплялись на всіх фермах. Відсутність інформації про обробку захисними речовинами була на 90% об'єктів. Ураження

деревини жуками-деревоточцями спостерігалось у 50 % ферм. У 40 % виявлені технологічні дефекти у вигляді нерівностей перерізів, залишків кори, не щільні примикання дерев'яних елементів у вузлах. У 30% об'єктів спостерігались наслідки від систематичного зволоження деревини (зміна забарвлення, гниття).

#### **Висновки.**

1. Найбільш поширеним дефектом дерев'яних елементів ферм є тріщини від усушки деревини та корозія металевих елементів вузлових з'єднань.

2. Наступним за поширенням дефект в дерев'яних фермах є відсутність інформації щодо обробки захисними речовинами (антисептиками та антипіренами). Враховуючи частоту зустрічання враження деревини жуками-деревоточцями, а також необхідність дотримання правил пожежної безпеки дуже важливо слідкувати за систематичністю обробки дерев'яних елементів захисними речовинами.

3. Найбільший негативний вплив із виявлених дефектів на дерев'яні елементи ферм несе систематичне зволоження, яке з часом призводить до розвитку грибків та гниття. В свою чергу гниття деревини, особливо на ділянках влаштування вузлів, значно знижує термін експлуатації дерев'яних ферм.

4. Вчасний ремонт і обслуговування дерев'яних ферм значно підвищує їх термін служби.

#### **Список використаних джерел**

1. Sobczak-Piastka, J., Pavluk, A., Gomon, S.S., Gomon, P., Homon, S., Lynnyk, I. (2023). Changing the position of the neutral line of beams made of glued wood in conditions of oblique bending. *AIP Conference Proceedings* 2928, 080007.

2. Roshchuk M., Homon S., Pavluk A., Gomon S., Drobyshynets S., Romaniuk M., Smal M., Dziubynska O., 2024. Effect of long-term moisture on the mechanical properties of wood: an experimental study. *Procedia Structural Integrity* 59, 718-723.

3. Homon S., Gomon P., Gomon S., Pavluk A., Karavan B., Petrenko O., Homon O., Chapiuk O., 2025. Determination of main strength and deformation parameters of complete diagrams of glue-laminated wood deformation. *Procedia Structural Integrity* 72, 301-307.

4. Gomon P., Gomon S., Pavluk A., Homon S., Chapiuk O., Melnyk Yu. (2023). Innovative method for calculating deflections of wooden beams based on the moment-curvature graph. *Procedia Structural Integrity* 48, Pp. 195-200.

5. Pavluk A., Gomon S., Ziatyuk Y., Gomon P., Homon S., Kulakovskiy L., Iasnii V., Yasniy O., Imbirovych N. (2023). Stiffness of solid wood beams under direct and oblique bending conditions. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 65(2), 109-121.

6. Pavluk A., Gomon S., Khoruzhyi M., Homon S., Dejneka O., Smal M., Dziubynska O., 2024. Peculiarities of calculation of wooden beams for oblique bending using the deformation model. *Procedia Structural Integrity* 59, 566-574.

7. Pavluk A., Gomon S., Gomon P., Homon S., Drobyshynets S., Sunak P., Uzhehov S., Protsiuk V., 2025. Experimental and theoretical studies of the rigidity of gluminun beams under direct and oblique bending. *Procedia Structural Integrity* 72, 330-337.

8. ДБН В.1.2-14:2018 Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. К.: Мінрегіон України, 2018. 36 с.

9. Frese M., Blas H.J., 2011. Statistics of damages to timber structures in Germany. *Engineering Structures* Volume 33, Issue 11, P. 2969-2977.

10. Brol J., Nowak T., 2017. Problems related to renovation of timber roof trusses of an industrial hall dating back to the first half of the 20th century. *Annals of Warsaw University of Life Sciences - SGGW Forestry and Wood Technology* № 100, P. 121-127 .

11. Csilla V. Damage problems in glued laminated timber., 2012. *Drewno* 55(188), P. 115-128.

12. Leandro D. Domenech, Gonzalo P. Cetrangolo, Vanesa Baño., 2010. Inspection, characterization and structural analysis of timber roof trusses: a case study in Uruguay. *Structural Health Assessment of Timber Structures*, P. 1-10.

13. Glišović I., 2024. Structural failures in timber structures: analysis of typical failure modes and their possible causes. Condition assessment, maintenance and rehabilitation of civil engineering facilities Vrnjačka Banja 19-21, P. 25 -40.

14. Eva Frühwald Hansson, 2011. Analysis of structural failures in timber structures: Typical causes

for failure and failure modes. *Engineering Structures* 33, 2978–2982.

15. A. Giuseppe Landi, E. Zamperini, 2022. Technique at the service of a new liturgical model: the timber roof of the church of Saints Marcellino and Pietro in Cremona, *Rivista Tema* 08.

16. Jan Kubica , Janusz Brol , Bernard Kotala , Marek Węglorz, 2025. Influence of damage to a timber truss roof structure on the stress distribution in a 17th century brick masonry vault. *Engineering Failure Analysis* 178, 109740.

17. N. Macchioni, M. Mannucci,, 2018. The assessment of Italian trusses: survey methodology and typical pathologies. *International Journal of Architectural Heritage* 12, 533–544.

18. Hasníková H, Kuklík P. 2014. Various non-destructive methods for investigation of timber members from a historical structure. *Wood Res* 59(3), 411–420.

19. ДБН В.2.6-161:2017. Конструкції будинків і споруд. Дерев'яні конструкції. Основні положення. К.: Мінрегіон України, 2017. 111 с.

20. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. К.: ДП “УкрНДНЦ”, 2024. 74 с.

21. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. К.: Мінрегіон України, 2017. 41 с.