

## РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ СТАЛЕВИХ ЦВЯХІВ ДЛЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Новий стандарт на проектування дерев'яних конструкцій, який був нещодавно введений в практику проектування в Україні, містить оновлені сучасні підходи до розрахунку і конструювання в тому числі й вузлових нагельних з'єднань. Такі підходи пов'язані із використанням більш складних розрахункових виразів, які враховують більшу кількість впливаючих факторів. Серед таких факторів включена й міцність сталевих цвяхів для нагельних з'єднань. Проте наявні дані про міцності та деформативні характеристики цвяхів на тепер у спеціалізованій або довідковій літературі відсутні. До того ж ці характеристики залежать від постачальника продукції.*

*Єдиним надійним шляхом визначення механічних характеристик сталевих цвяхів залишають експериментальні дослідження. Вони були проведені для цвяхів двох діаметрів – 4,2 мм і 5,5 мм. Випробування виконувались на універсальній машині УГ20/2. В ході досліджень автоматично будувалась діаграма роботи сталі під навантаженням, яка виявилась не зовсім характерною для класичної діаграми вуглецевої сталі. За авторським припущенням сталь цвяхів попередньо зазнала механічної обробки у вигляді наклепу.*

*Кількісні значення отриманих механічних характеристик децю залежать від діаметру цвяха, проте в цілому є досить стабільними. Границя текучості знаходиться в діапазоні 560-650 МПа, границя міцності в діапазоні 620-690 МПа, а відносне подовження видовження в діапазоні 35-50 %. Також варто зазначити, що отримані механічні характеристики по результатах випробувань 5 зразків мають доволі невеликий розкид в межах 10 %. Це свідчить про доволі високу якість сталі для виготовлення цвяхів з однієї сторони, а також про високу якість самого процесу виготовлення цвяхів.*

*В якості перспектив подальших досліджень в цьому напрямку рекомендується розширення номенклатури цвяхів для випробувань як в частині діаметрів, так і в частині постачальників цієї продукції в Україні.*

**Ключові слова:** *сталевий цвях, нагельне з'єднання, дерев'яні конструкції, механічні характеристики сталі, ДБН В.2.161:2017.*

**Постановка проблеми.** *Нещодавно введений в будівельну практику новий стандарт [1] містить зовсім нові концептуальні підходи як до проектування будівельних конструкцій з деревини в цілому, так і окремих їх видів зокрема [2]. Особливо значні зміни порівняно із попередніми редакціями цього стандарту пов'язані із вузловими з'єднаннями. Відкориговано класифікаційні підходи до них, набагато менше уваги приділено таким з'єднанням як лобова врубка, проте доволі розвинуті теоретичні підходи до з'єднань на нагельях.*

У вітчизняній практиці для виготовлення дерев'яних конструкцій продовжують широко використовувати цвяхи. В більшості випадків це стропильні системи покриттів – рис. 1. Оскільки вони сприймають навантаження від основних видів природно-кліматичних навантажень, таких як снігове навантаження і вітрове навантаження, то такі елементи конструкції виявляються доволі важливими та відповідальними. Згідно з чинним стандартом на визначення навантажень і впливів на будівельні конструкції [3], порівняно з його попередніми редакціями, характеристичні значення цих навантажень збільшено в рази [4]. Також додаткові зміни до стандарту ще більше підвищують ці значення за рахунок уточнення коефіцієнту сполучення навантажень [5, 6]. Тому особливого значення набуває коректне проєктування елементів покриття і в першу чергу їх вузлових з'єднань, навіть незалежно від матеріалу несучих конструкцій [7].



Рис. 1. Використання цвяхів для дерев'яних конструкцій покриттів

**Аналіз досліджень і публікацій.** Оскільки для будівельних конструкцій з деревини в Україні мають використовуватись цвяхи, які відповідають чинному стандарту [8], то має сенс звернутись до досліджень тільки вітчизняних фахівців, присвячених питанням проєктування таких конструкцій. Всі подібні дослідження на тепер можна умовно поділити на дві групи. До першої групи відносяться дослідження, присвячені визначенню фізичних та механічних характеристик окремих видів виробів з деревини [9-16]. До другої групи відносяться дослідження, присвячені визначенню технічних якостей окремих конструктивних елементів та виробів з деревини [17-22]. При цьому визначаються переважно міцнісні та жорсткісні властивості, а також підіймаються питання щодо визначення динамічних параметрів та характеристик.

Питання оцінки міцності нагельів для з'єднання дерев'яних елементів взагалі залишаються поза уваги досліджень. Проте в чинному стандарті [1] в п.12.5, присвяченому металевим з'єднанням нагельного типу, чітко вказано на необхідність врахування при розрахунку таких з'єднань механічних

характеристик міцності. Зокрема для сталевих цвяхів необхідно використовувати границю текучості матеріалу цвяха (п.12.5.2.2). Надалі це значення використовується для розрахунку значення згинального моменту пластичної деформації (моменту текучості) відповідно до виразів табл.12.4 стандарту [1]. В свою чергу розраховане значення моменту використовується безпосередньо для визначення несучої здатності нагельних з'єднань за таблицями 12.1 і 12.2 стандарту [1].

**Мета статті.** На основі вищезазначеного метою даної статті є експериментальне визначення міцнісних характеристик сталевих цвяхів вітчизняного виробництва для дерев'яних конструкцій.

**Основна частина.** Для проведення експериментальних досліджень були використані цвяхи вітчизняного виробництва двох найбільш розповсюджуваних діаметрів відповідно до стандарту [8] – 4,2 мм і 5,5 мм (рис. 2). Використана сталь для цвяхів невідома, адже в практиці доволі рідко партія виготовлених цвяхів супроводжується спеціальними маркувальними даними. Тому для випробувань на розтяг була використана універсальна випробувальна машина УГ20/2 – рис. 3. Машина пройшла калібрування та має відповідні сертифікаційні документи, які дозволяють її використання для проведення наукових досліджень. Машина оснащена сучасними комп'ютерними засобами вимірів, які мають підвищену чутливість вимірів. При цьому утворюється вимірювальна установка, за допомогою якої і проводились експериментальні випробування цвяхів.

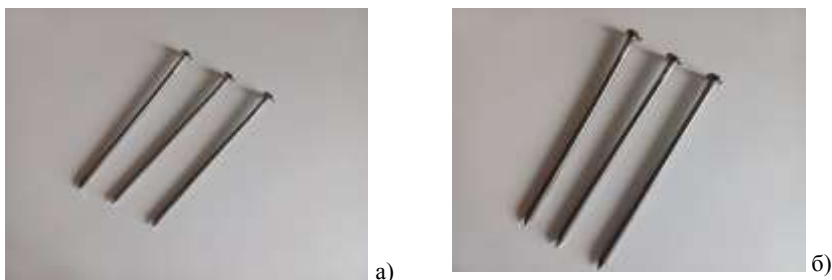


Рис. 2. Цвяхи для випробування:  
а) діаметром 4,2 мм; б) діаметром 5,5 мм

Для забезпечення надійного захвату цвяхів та перешкоджанню їх просуванню при випробуванні під впливом навантаження використовувались спеціальні захвати. Вони також додатково слугували для ізоляції від динамічних впливів під час роботи машини і унеможливлення їх передачі на випробувальні цвяхи.

Для випробувань були відібрані по 5 зразків для цвяхів кожного діаметра. Така кількість мала забезпечити належний рівень точності і достовірності результатів. Також відібрані цвяхи попередньо були очищені від бруду та окалини і для підвищення зчеплення із захватами оброблені спеціальною сумішшю.



Рис. 3. Загальний вигляд випробувальної установки УТ20/2

В ході досліджень навантаження прикладалось рівномірно зі швидкістю 50 Н/с. Це дозволяло контролювати як сам процес деформування, так і оперативно реагувати на можливі відхилення в частині визначення напружень. Діаграма роботи зразків цвяхів під навантаженням будувалась автоматично. Для всіх розглядуваних зразків вона мала доволі типовий вигляд, представлений на рис. 4. По вертикальній осі відкладено напруження в МПа, по горизонтальній осі – відносне видовження у %. Як видно в цілому діаграма нагадує роботу вуглецевих сталей, проте ділянка зміцнення практично відсутня.

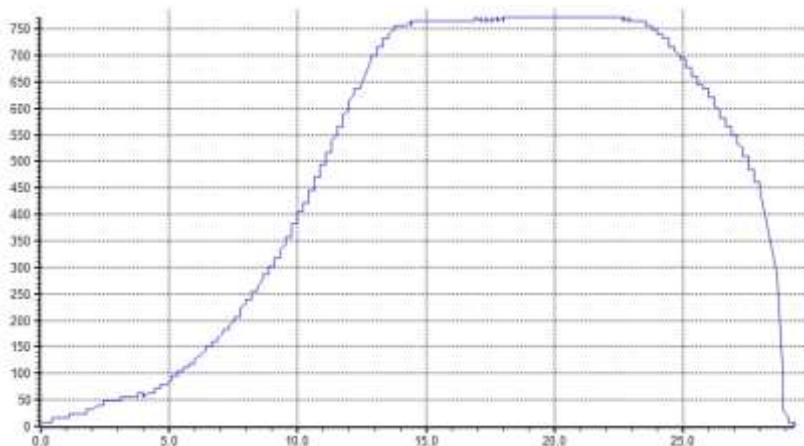


Рис. 4. Діаграма роботи сталевих цвяхів під навантаженням

Форма руйнування цвяхів є пластичною з утворенням чітко вираженої «шийки», що характерно для вуглецевих сталей – рис. 5. Отримані зразки після руйнування представлені на рис. 6. Як видно вони мають певне видовження та зменшення поперечного перерізу в зоні руйнування, що знов таки підтверджує пластичний характер руйнування. На зламі чітко видно деформовані ділянки, а також внутрішню фактуру сталі.



Рис. 5. Зруйнований зразок цвяху в захватах випробувальної машини



а)



б)

Рис. 6. Зразки цвяхів після руйнування:  
а) діаметром 4,2 мм; б) діаметром 5,5 мм

Отримані узагальнені результати випробувань сталевих цвяхів для конструкцій з деревини представлені в табл. 1.

*Таблиця 1*

Зразок (діаметр, мм)	Границя текучості, МПа	Границя текучості (середня), МПа	Границя міцності, МПа	Границя міцності (середня), МПа	Видовження, мм (%)	Видовження (середнє), мм (%)
№ 1 (4,2)	637	642	688	690	7,2 (40)	7,8 (36)
№ 2 (4,2)	637		688		8,4 (41)	
№ 3 (4,2)	637		688		8,2 (34)	
№ 4 (4,2)	637		681		7,3 (35)	
№ 5 (4,2)	666		703		7,8 (29)	
№ 1 (5,5)	579	566	627	620	9,3 (61)	9,5 (47)
№ 2 (5,5)	591		627		10,6 (60)	
№ 3 (5,5)	547		610		8,9 (39)	
№ 4 (5,5)	556		619		9,7 (46)	
№ 5 (5,5)	555		615		9,0 (28)	

Як видно з отриманих результатів для цвяхів обох випробуваних діаметрів границя текучості і границя міцності є доволі близькими. Це може свідчити про те, що дріт для виготовлення цвяхів зазнав попередньої механічної обробки у вигляді наклепу. В кількісному відношенні значення границі міцності є доволі високими – вони перевищують, навіть, значення для високоміцних сталей за стандартом [23]. Значення видовження знаходить в межах, прийнятних для сталей [24, 25].

**Висновки.** Таким чином на основі виконаного проведеного експериментального дослідження сталевих цвяхів для конструкцій з деревини визначено основні особливості їх діаграми роботи під навантаженням, а також основні механічні характеристики:

- 1) середнє значення границі текучості залежить від діаметру цвяха і знаходиться в межах 560-650 МПа;
- 2) середнє значення границі міцності також залежить від діаметра цвяха і знаходиться в межах 620-690 МПа;
- 3) середнє значення поздовжнього видовження також залежить від діаметра цвяха і знаходиться в межах 35-50 %.
- 4) за сукупності механічних характеристик можна припустити, що сталь для цвяхів відносить до вуглецевих, але яка пройшла попередню механічну обробку у вигляді наклепу.

Також в якості подальших перспектив досліджень в розглядуваному напрямку слід зазначити необхідність проведення аналогічних випробувань для сталевих цвяхів інших діаметрів, а також для розширеної номенклатури постачальників.

***Список літератури:***

1. ДБН В.2.6-161:2017. Дерев'яні конструкції. Основні положення. Чинний від 2018-02-01. Київ : Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2017. 111 с.
2. Bannikov D. O. Outlooks of using DBN В.2.6-161:2017 «Wooden Structures» in design practice. Наука та прогрес транспорту. 2019. Вип. 1 (79). С. 167-174. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/158181>.

3. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі змінами № 1 та № 2. Чинний від 2007-01-01. Київ: Мінрегіонбуд України, 2006. 70 с.

4. Банніков Д.О., Радкевич А.В., Косячевська С.М. Зміни щодо нормативного визначення кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції. *Наука та прогрес транспорту*. 2024. Вип. 1 (105). С. 92-104. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2024/301645>.

5. ДБН В.1.2-2:2006. Зміна № 1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Чинна від 2007-01-01. Київ: Мінрегіон розвитку та будівництва, 2007. 2 с.

6. ДБН В.1.2-2:2006. Зміна № 2. Навантаження і впливи. Норми проектування. Чинна від 2020-06-01. Київ: Мінрозв. громад та територій, 2020. 10 с.

7. Krulikova N.G., Bannikov D.O. Rational design of shot-span industrial building roof for reconstruction conditions. *Наука та прогрес транспорту*. 2019. Вип. 2 (80). С. 144-152. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/165853>.

8. ДСТУ EN 10230-1:2005. (EN 10230-1:1999, IDT). Цвяхи зі сталевого дроту. Частина 1. Виробництво цвяхів загального призначення. 2005. Київ: Держспоживстандарт України. 15 с.

9. Гомон С.С., Гомон П.С. Побудова дійсних діаграм механічного стану деревини «σ-ε» суцільного перерізу ялини та берези за жорсткого режиму випробувань. *Ресурсоeconomні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2020. Вип. 38. С. 321-330.

10. Ясній П.В., Гомон С.С. Експериментальні дослідження суцільної деревини конструкційних розмірів з врахуванням фактора вологості. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2020. Т. 28, № 1. С. 49-56. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-1-49-56>.

11. Ясній П.В., Гомон С.С., Дмитрук В.П. Міцність та деформівність деревини модрина з різним показником вологості за жорсткого режиму випробувань. Science, society, education: topical issues and development prospects. *Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua"*. 2020. Pp. 319-322.

12. Шехоркіна С.Є., Махінко М.М., Мислицька А.О. Експериментальне дослідження фізико-механічних характеристик клеєної деревини. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2020, № 79. Pp. 53-62. DOI: <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2020-79-53-62>.

13. Гомон С. Методика досліджень основних механічних та деформативних властивостей суцільної та клеєної деревини. *Праці Міжнародної науково-технічної конференції «Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування і прогнозування»*. 2019. С. 198-200.

14. Гомон С.С., Гомон С.С., Зінчук А.В. Дослідження модифікованої силором клеєної деревини на стиск вздовж волокон. *Вісті Донецького гірничого інституту*. 2017. № 1. С. 134-138.

15. Новицький С.В. Деревознавчі аспекти сухостійної деревини сосни звичайної. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 6. С. 109-112. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280621>.

16. Гомон С.С., Гомон С.С., Сасовський Т.А. Діаграми механічного стану деревини сосни за одноразового короткочасного деформування до повної втрати міцності матеріалу. *Ресурсоeconomні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*.

2012. Вип. 23. С. 166-171.

17. Чичуліна К.В. Підготовка та проведення експериментальних випробувань армованих дерев'яних двотаврових балок. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2022. Т. 33 (72), № 5. С. 359-364. DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/56>.

18. Кислюк Д.Я., Чапюк О.С., Самчук В.П., Залета А.О., Савенко В.І. Дослідження роботи двотаврових дерев'яних балок із OSB стінкою. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2022. Вип. 17. С. 61-67. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7\(17\)-08](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7(17)-08).

19. Демчина Б., Сурмай М., Вознюк Л., Данкевич І., Шидловський Я. Випробування дерев'яних двотаврових балок каркасних будинків. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. 2020. Вип. 21. С. 41-46. DOI: <https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.041>.

20. Михайловський Д., Комар М. Армування конструкцій з деревини композитними матеріалами, стан і перспективи. *Збірник наукових праць «Будівельні конструкції. Теорія і практика»*. (2021). Вип. 9. С. 72-80. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.72-80>.

21. Dmytrenko, A. Dmytrenko, T., Derkach T., Klochko L. (2018). Experimental investigation and computer-generated simulation of reinforced double-tee girders with a wall of oriented standard board. *International Journal of Engineering & Technology*. Vol. 7 (4.8). Pp. 115-119. DOI: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27224>.

22. Васильєв О.Ю. Довговічність плоских та просторових наскрізних дерев'яних конструкцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.23.01. Харків, 2015. 23 с.

23. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. Зі зміною № 1. Чинний від 2015-01-01. Київ: Мінрегіонбуд України, 2014. 220 с.

24. Hezentsvei Yu.I., Bannikov D.O. Use of fine-grained heat-strengthened steels to increase the operation qualities of bunker capacities from thin-walled galvanized profiles. *Наука та прогрес транспорту*. 2021. Вип. 1 (91). С. 84-93. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/227198>.

25. Hezentsvei Yu., Bannikov D. Effectiveness evaluation of steel strength improvement for pyramidal-prismatic bunkers. *Eureka: Physics and Engineering*. 2020. No. 2 (27). P. 30-38. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001146>.

### **References:**

1. DBN V.2.6-161:2017. (2017). *Derevjani konstruktssii. Osnovni pologennja. [Wooden structures. Main provisions]*. Kyiv: Minregionbud ta ZKG Ukraini. 111 p.

2. Bannikov, D.O. (2019). Outlooks of using DBN V.2.6-161:2017 «Wooden Structures» in design practice. *Science and transport progress*, 1 (79). 167-174. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/158181>.

3. DBN V.1.2-2:2006. (2006). *Systema zabezpechennja nadijnosti ta bezpeki budivelnih objektiv. Navantagennja i vplivi. Normi proektuvannja. [System for ensuring the reliability and safety of construction objects. Loads and impacts. Design standard]*. Kyiv: Minregionbud Ukraini. 70 p.

4. Bannikov, D.O., Radkevych, A.V., Kosiachevska, S.M. (2024). *Zmini shodo normativnogo viznachannja klimatichnih navantagen I vpliviv na budivelni konstruktssii. [Changes to the Regulatory Definition of Climatic Loads and Impacts on Building*



Structures]. *Science and transport progress*, 1 (105), 92-104. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2024/301645>.

5. Zmina № 1 do DBN V.1.2-2:2006. (2007). Navantagenja i vplivi. Normi proektuvannja. [Change № 1. Loads and impacts. Design standard]. Kyiv: Minregion rozvitku ta budivnitstva. 2 p.

6. Zmina № 2 do DBN V.1.2-2:2006. (2020). Navantagenja i vplivi. Normi proektuvannja. [Change № 2. Loads and impacts. Design standard]. Kyiv: Minrozvitku gromad ta teritirij. 10 p.

7. Kruhlikova, N.G., Bannikov, D.O. (2019). Rational design of shot-span industrial building roof for reconstruction conditions. *Science and transport progress*, 2 (80), 144-152. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2019/165853>.

8. DSTU EN 10230-1:2005. (EN 10230-1:1999, IDT). (2005). Tsvjahi iz stalevogo drotu. Chastina 1. Virobnitstvo tsvjahiv zagalnogo priznachennja. [Steel wire nails. Part 1. Production of general purpose nails]. Kyiv: Derspogivstandart Ukraini. 15 p.

9. Gomon, S.S., Gomon, P.S. (2020). Pobudova dijsnih diagram mehanichnogo stanu derevini « $\sigma$ -u» sutsilnogo pererixu jalini ta berezi za zorstkogo rezimu viprobuvan. [Construction of valid diagrams of the mechanical state of wood " $\sigma$ -u" of a continuous section of spruce and birch under a strict test regime]. *Resource-saving materials, constructions, buildings and structures*, 38, 321-330.

10. Jasnij, P.V., Gomon, S.S. (2020). Eksperimentalni doslidgennja sutsilnoj derevini konstruksijnih rozmiriv z vrahuvannjam faktora vologosti. [Experimental studies of solid wood of structural dimensions, taking into account the moisture factor]. *Modern technologies, materials and structures in construction*, 28, 1, 49-56. DOI: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2020-1-49-56>.

11. Jasnij, P.V., Gomon, S.S., Dmitruk, V.P. (2020). Mitsnist ta deformativnist derevini modrini z riznim pokaznikom vologosti za zorstkogo regimu viprobuvan. [Strength and deformability of larch wood with different moisture content under severe test conditions]. Science, society, education: topical issues and development prospects. *Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua"*, 319-322.

12. Shekhorkina, S., Makhinko, M., Myslytska, A. (2020). Eksperimentalne doslidgennja phisiko-mekhanichnih karakteristik kleenoi deevini. [Experimental investigation of physical and mechanical characteristics of glued laminated timber]. *Bulletin of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 79, 53-62. DOI: <https://doi.org/10.31650/2415-377X-2020-79-53-62>.

13. Gomon, S. (2019). Metodika doslidgen osnovnih mekhanichnih ta deformativnih vlastivostej sutsilnoj I kleenoi derevini. [Methods of researching the main mechanical and deformable properties of solid and glued wood]. *Proceedings of the International scientific and technical conference "Damage of materials during operation, methods of its diagnosis and forecasting"*, 198-200.

14. Gomon, S.S., Gomon, S.S., Zinchuk, A.V. (2017). Doslidgennja modifikovanoj silorom klejanoj derevini na stisk vzdovg volokon. [Study of modified silor-glued wood for compression along the fibers]. *News of the Donetsk Mining Institute*, 1, 134-138.

15. Novitskiy, S.V. (2018). Derevinoznavchi aspekti suhostijnoj derevini sosni zvichajnoj. [Wood science aspects of dry wood of Scots pine]. *Scientific bulletin of UNFU of Ukraine*, 28, 6, 109-112. DOI: <https://doi.org/10.15421/40280621>.

16. Gomon, S.S., Gomon, S.S., Sasovsky, T.A. (2012). Diagrami mekhanichnogo stanu derevunu sosni za odnorazovogo korotkochasno deformubannja do povnoj vtrati

tnosti material. [Diagrams of the mechanical state of pine wood during a one-time short-term deformation to the complete loss of material strength]. *Resource-saving materials, constructions, buildings and structures*, 23, 166-171.

17. Chichulina, K.V. (2022). Pidgotovka ta provedennja eksperimentalnih viprobuvan armovanih dervjanih dvotavrovih balok. [Preparation and experimental testing of reinforced wooden I-beams]. *Scholarly notes of V. I. Vernadsky Tavri National University. Series: Technical sciences*, 33 (72), 5, 359-364. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/56>.

18. Kisljuk, D.Ja., Chapjuk, O.S., Samchuk, V.P., Zaleta, A.O., Savenko, V.I. (2022). Doslidgennja roboti dvotavrovih dervjanih balok iz OSB stinkoj. [Study of the operation of I-beam wooden beams with an OSB wall]. *Modern technologies and calculation methods in construction*, 17, 61-67. DOI: [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7\(17\)-08](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7(17)-08).

19. Demchyna, B., Surmai, M., Vozniuk, L., Dankevitch, I., Shydlovskiy, Ja. (2020). Viprobuvannja dervjanih dvotavrovih balok karkasnihi budunkiv. [Testing of wooden I-beams of frame houses]. *Bulletin of the Lviv National Agrarian University*, 21, 41-46. DOI: <https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.041>.

20. Mikhailovsky, D., Komar, M. (2021). Armuvannja konstruksij z drevini kompozitnimi materialami, stan I perspektivi. [Reinforcement of wooden structures with composite materials, status and prospects]. *Collection of scientific works "Building structures. Theory and practice"*, 9, 72-80. DOI: <https://doi.org/10.32347/2522-4182.9.2021.72-80>.

21. Dmytrenko, A. Dmytrenko, T., Derkach T., Klochko L. (2018). Experimental investigation and computer-generated simulation of reinforced double-tee girders with a wall of oriented standard board. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.8), 115-119. DOI: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.8.27224>.

22. Vasilev, O. Ju. (2015). Dovgovichist ploskih ta prostorovih naskriznihi dervjanihi konstruksij. [Durability of flat and three-dimensional wooden structures]. Harkiv, 23 p.

23. DBN V.2.6-198:2014. (2014). Stalevi konstruksii. Normi proektuvannja. [Steel structures. Design standard]. Kyiv: Minregionbud Ukraini. 220 p.

24. Hezentsvei, Yu.I., Bannikov, D.O. (2021). Use of fine-grained heat-strengthened steels to increase the operation qualities of bunker capacities from thin-walled galvanized profiles. *Science and transport progress*, 1 (91), 84-93. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2021/227198>.

25. Hezentsvei, Yu., Bannikov, D. (2020). Effectiveness evaluation of steel strength improvement for pyramidal-prismatic bunkers. *Eureka: Physics and Engineering*, 2 (27), 30-38. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001146>.

### **L. Klochko**

#### ***Test results of steel nails for wooden structures***

*The new standard for the design of wooden structures, which was recently introduced into the practice of design in Ukraine, contains updated modern approaches to calculation and design, including nodal nail connections. Such approaches are associated with the use of more complex calculation expressions that take into account a larger number of influencing factors. The strength of steel nails for nailed joints is among such factors. However, there are currently no available data on the strength and deformation characteristics of nails in the specialized or reference literature. In addition, these characteristics depend on the product supplier.*

*Experimental studies remain the only reliable way to determine the mechanical characteristics of steel nails. They were conducted for nails of two diameters - 4.2 mm and 5.5 mm. The tests were performed on the UG20/2 universal machine. In the course of research, a diagram of the operation of steel under load was automatically constructed, which turned out to be not entirely characteristic of the classical diagram of carbon steel. According to the author's assumption, the steel of the nails was previously subjected to mechanical processing in the form of slander.*

*Quantitative values of the obtained mechanical characteristics depend somewhat on the diameter of the nail, but are generally quite stable. The yield strength is in the range of 560-650 MPa, the strength limit is in the range of 620-690 MPa, and the relative longitudinal elongation is in the range of 35-50%. It is also worth noting that the obtained mechanical characteristics based on the test results of 5 samples have a rather small spread within 10 %. This testifies to the rather high quality of steel for the manufacture of nails on the one hand, as well as to the high quality of the nail manufacturing process itself.*

*As prospects for further research in this direction, it is recommended to expand the range of nails for testing both in terms of diameters and in terms of suppliers of these products in Ukraine.*

**Keywords: steel nail, nog joint, wooden structures, mechanical characteristics of steel, DBN B.2.161:2017.**