

## ВІДГУК

офіційного опонента, д.т.н., професора Пашинського В.А.  
на дисертаційну роботу Гомона Святослава Степановича на тему  
**"Напружено-деформований стан і розрахунки за деформаційною методикою елементів з деревини при одноразових та повторних навантаженнях"**,  
подану до спеціалізованої вченої ради Д 35.052.17 на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 "Будівельні конструкції,  
будівлі та споруди"

### 1. Актуальність теми дисертації.

Тисячолітній досвід використання деревини в будівництві підтвердив високі конструктивні та експлуатаційні властивості дерев'яних конструкцій. Зростанню обсягів використання дерев'яних конструкцій протягом останніх десятиліть сприяє також упровадження більш ефективних клеєних конструкцій, естетичність, екологічність та природна відновлюваність деревини.

У практиці будівництва часто використовуються дерев'яні балки та позacentрово стиснуті елементи, в перерізах яких деревина працює на стиск і на розтяг. Існуючі методи розрахунку зазвичай розглядають деревину як пружний матеріал, що не повною мірою враховує усі особливості її роботи під дією навантаження. Це може призводити як до перевитрат матеріалу, так і до недостатньої надійності окремих конструкцій. Окрім того, чинні методи розрахунків не дають змоги аналізувати напружено-деформований стан дерев'яних елементів на усіх стадіях завантаження.

Зростання обсягів використання дерев'яних конструкцій обумовлює необхідність удосконалення проектних рішень. Це можна реалізувати шляхом розроблення методології розрахунку дерев'яних конструкцій на основі деформаційно-силової моделі, яка дозволяє враховувати такі специфічні особливості деревини як анізотропія, відмінності роботи на стиск і розтяг, нелінійність і нерівномірність деформування матеріалу та з'єднань. Такий підхід потребує не лише нових теоретичних рішень, але й експериментального дослідження діаграм стану суцільної та клеєної деревини. Орієнтація на вирішення цієї комплексної наукової проблеми обумовлює актуальність теми представленої дисертаційної роботи.

### 2. Наукова новизна та практичне значення результатів.

До найвагоміших нових наукових результатів представленої дисертаційної роботи слід віднести:

- отримання за розробленою методикою випробувань та аналітичний опис повних діаграм деформування деревини;
- встановлення стадій напружено-деформованого стану елементів з деревини;
- розроблення моделі розрахункового нормального поперечного перерізу дерев'яної балки зі складкою в стиснутій зоні;

- нові уявлення про роботу суцільної та клеєної деревини та з'єднань елементів з деревини за дії малоциклових навантажень різної інтенсивності;
- деформаційну методику розрахунку несучої здатності нормальних перерізів дерев'яних елементів при дії одноразових та малоциклових навантажень.

Практичне значення результатів виконаних досліджень в основному полягає в розробленні на підставі отриманих наукових результатів рекомендацій “Розрахунок несучої здатності дерев'яних балок за поперечного згину з використанням деформаційної моделі”, які є додатком до дисертації, а також оформлені у вигляді окремого видання. Окрім того, результати досліджень прийняті Державним науково-дослідним інститутом будівельних конструкцій для використання при внесенні змін до національних нормативних документів України, використані при проектуванні декількох будівельних об'єктів, включені до навчального посібника “Конструкції з дерева та пластмас”, а також упроваджені в навчальний процес Національного університету водного господарства та природокористування.

### **3. Оцінка основного змісту дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Гомона С.С. складається зі вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 266 найменувань і п'яти додатків. Дисертація викладена на 357 сторінках, у тому числі містить 280 сторінок основного тексту, 134 рисунки та 11 таблиць.

*У вступі* обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовані мета й завдання дослідження, висвітлена наукова новизна й практичне значення отриманих результатів, відображено зв'язок роботи з науковими програмами й темами, наведена інформація про апробацію та публікацію результатів досліджень.

*Перший розділ* присвячено аналізу літературних джерел за темою дисертаційної роботи. Відображена історія розвитку дерев'яних конструкцій та методів їх розрахунку, проаналізовані особливості діючих навантажень та опору деревини цим навантаженням, описані відомі моделі деформування та діаграми механічного стану деревини при стиску й розтягу, методи випробування елементів з деревини та визначення її технічних характеристик. Приділена увага методам розрахунку дерев'яних конструкцій на міцність за чинними нормами проектування України та Європи. За результатами бібліографічного огляду зроблені висновки щодо необхідності отримання та аналітичного опису реальних діаграм деформування деревини на всіх стадіях навантаження, а також використання цих діаграм для розроблення загальної теорії розрахунку конструкцій з деревини, побудованої згідно з основними принципами механіки твердого тіла. Сформульована мета роботи та завдання досліджень, які досить чітко окреслюють шляхи розв'язання наукової проблеми розроблення деформаційної методики розрахунку згинальних елементів з цільної та клеєної деревини при одноразових і повторних навантаженнях.

**У другому розділі** відображена методика й результати експериментальних досліджень діаграм деформування деревини при дії одноразового короточасного повздовжнього стиску та розтягу, при сколюванні, а також діаграми деформування нагельних і клейових з'єднань. На розробленій установці, яка забезпечила жорсткий режим прикладення навантаження, отримані повні діаграми деформування деревини при повздовжньому стиску та запропоновано їх аналітичне подання у формі квадратної параболи з висхідною та низхідною ділянкою. Виявлені характерні ділянки діаграм та стадії роботи деревини при роботі на стиск і розтяг уздовж волокон.

Слід відмітити значний обсяг експериментальних досліджень, перелік яких наведено в додатку Г. Це дозволило зробити достатньо обґрунтовані висновки щодо характеру роботи суцільної та клеєної деревини, вигляду та можливостей аналітичного опису повних діаграм деформування з урахуванням їх низхідних ділянок. Отримані результати стали базою для подальших досліджень напружено-деформованого стану дерев'яних балок та розроблення методики їх розрахунку на основі деформаційної моделі.

**У третьому розділі** подані результати досліджень роботи деревини, клейових і нагельних з'єднань під дією циклічних навантажень різного рівня. За результатами випробувань отримані діаграми деформування при стиску суцільної та клеєної деревини уздовж волокон, суцільної деревини впоперек волокон, шарів, що прилягають до зони зрізу деревини та клейового шва у зразках стандартної форми, а також симетричних нагельних з'єднань в сухому й вологому стані. Випробування проводилися при декількох рівнях навантаження. Десятки та сотні здійснених циклів навантаження дозволили довести зразки до руйнування або до стану пристосовуваності, коли практично припиняється приріст деформацій з ростом кількості циклів навантаження. При високих рівнях навантаження спостерігалось вичерпання несучої здатності деяких зразків.

За результатами випробувань отримані та описані ступеневими функціями залежності між відносним рівнем та кількістю циклів завантаження, які характеризують малоциклову витривалість та пристосовуваність деревини, клейових і нагельних з'єднань.

**Четвертий розділ** містить результати експериментальних досліджень роботи елементів з деревини за прямого та косоного поперечного згину. Автором запропонована методика визначення січного та початкового модуля пружності за результатами випробувань зразків балок конструктивних розмірів. Показано, що при зростанні деформації січний модуль пружності лінійно зменшується. Отримані експериментальні дані про залежність деформацій різних шарів балок з суцільної та клеєної деревини від величини навантаження при прямому та косому згині. За результатами випробувань показано, що при збільшенні навантаження нейтральна вісь зміщується у бік розтягнутих волокон, а при косому згині спостерігається ще й зміна її кута нахилу. При дії циклічного навантаження деформації шарів балки та положення нейтральної осі з ростом кількості циклів стабілізуються внаслідок ефекту пристосовуваності деревини.

Необхідна для стабілізації кількість циклів зростає при збільшенні рівня циклічного навантаження, змінюючись від 5 до 100 циклів. Встановлено критичні значення відносних деформацій при поздовжньому стиску та граничні при розтягу.

*У п'ятому розділі* висунуті робочі гіпотези та сформульовані передумови моделювання напружено-деформованого стану нормального перерізу елементів з суцільної та клеєної деревини. Розрахунковим вважається переріз, у якому перед руйнуванням утворюється складка в стиснутій зоні балки. Показана можливість трансформування діаграм деформування деревини в діаграми механічного стану згинальних елементів, запропоноване поняття стадій роботи дерев'яних конструкцій під навантаженням та виділено чотири стадії: пружна робота усього перерізу, розвиток пластичних деформацій в стиснутій зоні, критична стадія з утворенням складки в стиснутій зоні, подальший розвиток пластичних деформацій стиску та руйнування елемента від розриву розтягнутих волокон. Сформульовані два критерії втрати несучої здатності дерев'яного елемента при згині: розрив деревини розтягнутої зони, або порушення рівноваги між внутрішніми та зовнішніми силами. Результати розділу дозволили перейти до розроблення моделі поперечного перерізу та деформаційної методики розрахунку елементів дерев'яних конструкцій при згині.

*У шостому розділі* побудовані та детально проаналізовані епюри нормальних напружень в елементах з суцільної та клеєної деревини при згині. Розглянуті різні стадії роботи при зростанні навантаження, а також дія короткочасних одноразових та малоциклових навантажень. Епюри побудовані розрахунковим шляхом на основі раніше отриманих діаграм деформування та характеристик суцільної й клеєної деревини. Отримані результати демонструють виражену нелінійність епюри напружень в стиснутій зоні перерізу та якісно співпадають з експериментальними даними з розділу 4.

*У сьомому розділі* викладена методика розрахунку міцності нормальних перерізів елементів з суцільної та клеєної деревини, розроблена на основі деформаційної моделі, зокрема з використанням отриманих у попередніх розділах діаграмах деформування деревини. Розглянута дія одноразових і повторних навантажень при роботі в умовах прямого та косоного згину. Результати оцінювання несучої здатності раніше випробуваних балок вказують на цілком задовільну збіжність з експериментальними даними. Окрім розрахунків міцності, запропонована методика прогнозування довговічності конструкцій з деревини за дії повторних навантажень. Розроблена методика розрахунків оформлена у вигляді відокремленого документа "Розрахунок несучої здатності дерев'яних балок за поперечного згину з використанням деформаційної моделі", який викладено в додатках Д, Е та опубліковано окремим виданням, що дає змогу застосовувати дану методику при практичному проектуванні дерев'яних балок.

#### 4. Зауваження по дисертаційній роботі:

1. Висновки з першого розділу не повністю відображають його зміст. Чотири пункти висновків висвітлюють лише нерозв'язані завдання і не відображають наявні досягнення та результати, на які можна опиратися в подальших дослідженнях.
2. У підрозділі 2.2 не досить повно пояснений принцип роботи випробувальної установки. Неясно, як підключені додаткові домкрати та як забезпечується перерозподіл навантаження. Можливо, причина криється в пропусках тексту на початку сторінок 90 і 91.
3. Коефіцієнти параболи (2.4), яка описує повну діаграму деформування деревини при стиску, автор пропонує визначати за формулами (2.5) і (2.6), тому діаграма деформування повністю визначається лише через одну точку – вершину параболи (2.4). Це досить просте рішення, але, на мій погляд, отримання коефіцієнтів залежності (2.4) методом найменших квадратів дозволило б більш достовірно описати діаграму деформування. Обраний спосіб визначення коефіцієнтів рівняння (2.4) обумовив також вказану на сторінці 112 неправдоподібно високу точність апроксимації (коефіцієнт варіації відхилень дорівнює 0,4%). Урахування усіх точок дослідних діаграм дасть більш реальне значення коефіцієнта варіації відхилень апроксимуючої залежності (2.4) від дослідних даних.
4. В підрозділі 3.3.1 вказано: "Опис здійснювався за допомогою п'яти функцій: гіперболічної, логарифмічної, експоненціальної, поліноміальної, степеневої. Порівняння таких показників, як коефіцієнт варіації та показник точності, показали,...". Не зрозуміло, що вважалось показником точності та коефіцієнт варіації якої величини аналізувався при порівнянні.
5. Розділи 2, 3 і 4 не варто було називати експериментально-теоретичними дослідженнями. По суті тут викладені результати експериментальних досліджень, обробки та аналізу отриманих даних.
6. Одним з недоліків дисертації є недостатнє узагальнення та систематизація отриманих результатів. Зокрема, було б корисно за результатами випробувань, виконаних у розділах 2 і 3, надати в табличній формі узагальнені параметри діаграм механічного стану деревини та нагельних з'єднань при однократних і повторних навантаженнях, або зв'язати ці параметри з встановленими в чинних нормах проектування розрахунковими характеристиками деревини. На такі узагальнені числові дані можна було посилатися в розділах 6, 7, тим самим підкреслюючи реальне використання отриманих експериментальних даних при виконанні розрахунків балок.
7. На рисунку 5.6 наведені повні діаграми деформування деревини при повздовжньому стиску та вказано, що в роботі розглядається лише початкова ділянка спадної вітки діаграми. Було б краще навести цей рисунок у розділі 1 або 2, тим самим давши початкове уявлення про повну діаграму деформування деревини, а вже потім аналізувати дві перші ділянки, які й описуються квадратною параболою (2.4).

8. Урахування перших двох ділянок повної діаграми деформування деревини при проектуванні балок може призвести до надмірно великих залишкових прогинів унаслідок розвитку пластичних деформацій деревини в стиснутій зоні. На мій погляд, необхідно обмежити діаграми деформування (2.4) за величиною деформації та ввести в пункті 3 висновків до розділу 5 третій критерій вичерпання несучої здатності, який обмежить пластичні деформації деревини та залишкові прогини балок.
9. У розділі 6 не вказані вихідні дані для розрахунку кожної з проаналізованих балок, а саме розміри поперечного перерізу, прийняті в розрахунках механічні характеристики деревини, параметри діаграм деформування та інші необхідні характеристики розрахованих балок (наприклад, висоту перерізу можна визначити лише з побудованих епюр напружень).
10. Отримані в розділі 6 розрахунковим шляхом епюри напружень було б доцільно порівняти з результатами експериментальних досліджень відповідних балок з розділу 4.
11. У підрозділі 7.3 здійснене прогнозування довговічності дерев'яних конструкцій при дії повторних навантажень. По суті встановлена середня кількість циклів до руйнування, хоча це й не вказано в тексті. Для практики експлуатації більш важливим є гамма-відсотковий (гарантований) строк служби, який може бути в рази меншим від середнього значення прогнозованої довговічності. Прогнозування гамма-відсоткового наробітку чи строку служби слід виконувати імовірнісними методами теорії надійності з урахуванням випадкової мінливості характеристик деревини.
12. На сторінці 368 не вказана кількість випробуваних балок і наведені лише середні значення експериментально отриманої несучої здатності. Результати теоретичного прогнозування несучої здатності варто було б порівняти з результатами випробувань кожної балки, а не з їх середнім значенням. Таке порівняння відобразило б природний статистичний розкид дослідних даних, а не дуже підозрілу, майже ідеальну збіжність.
13. Окрім висловлених зауважень по суті дисертаційної роботи, слід також вказати на окремі недоліки редакційного характеру, зокрема:
  - формули (4.7)...(4.8) повторюють (1.38)...(1.39), частково з іншими позначеннями одних і тих же величин;
  - на сторінках 271 та 279 викладені передумови розрахунку, які повністю повторюють підрозділ 3.1;
  - додаток Б, який повністю повторює список опублікованих праць за темою дисертації зі сторінок 9...17, не варто було включати до дисертації.
14. В роботі зустрічаються також окремі лексичні недоліки, наприклад:
  - останній абзац с. 70 містить неузгоджену фразу "...через різні **значень** тимчасового опору деревини";
  - перший абзац п. 2.6 на с. 99 містить незрозуміле речення: "Напружений стан деревини за дії повздовжнього розтягу на відміну від стиску, згину та

інших більш складніших напружено-деформованих станів у дослідників склалася відносна ясність поведінки матеріалу";

- пункт 1 загальних висновків має вигляд: "Удосконалена методика та устаткування виконання експериментальних досліджень дозволила отримати...". Мабуть слід написати "Удосконалена методика та устаткування **для** виконання експериментальних досліджень **дозволили** отримати...";
- на с. 33 фраза "...задовільною збіжністю отриманих експериментальних досліджень з теоретичними результатами..." повинна мати вигляд "задовільною збіжністю отриманих **результатів** експериментальних досліджень...";
- на сторінках 39, 40 вжито термін "ствол дерева", хоча там же вживається правильне визначення "стовбур дерева";
- на с. 212 наявна фраза: "Проходить утворення в найбільш віддалених фібрових шарах **утворення** складки";
- на рисунку 7.8 наявне позначення російською мовою.

#### **5. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Висловлені зауваження не мають принципового характеру, а тому не впливають на достовірність основних наукових висновків і практичних рекомендацій та не знижують загальну позитивну оцінку поданої до захисту дисертаційної роботи. Отримані в роботі нові наукові дані та зроблені автором висновки обґрунтовані результатами значної кількості експериментальних досліджень, використанням апробованих методів математичної статистики та положень теорії твердого тіла, а також задовільною збіжністю результатів розрахунків з власними експериментальними даними та даними інших авторів.

#### **6. Повнота викладу основних наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих роботах.**

Результати дисертаційної роботи опубліковані в 53 наукових працях, у тому числі: дві монографії, 8 статей у наукових періодичних виданнях інших держав та у наукових виданнях України, які включені до наукометричних баз Scopus та Index Copernicus, 27 статей у фахових наукових виданнях України, 16 статей в інших наукових виданнях, збірниках тез і праць наукових конференцій. Публікації містять викладення методів та результатів проведених досліджень і загалом досить повно відображають основний зміст дисертаційної роботи.

Автореферат дисертації обсягом 42 сторінки добре оформлений, відповідає змісту дисертації і досить повно висвітлює завдання, методику та результати проведених досліджень.

## **7. Висновок про відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам.**

Дисертація Гомона Святослава Степановича є завершеною науковою працею, у якій за результатами комплексу виконаних експериментальних і теоретичних досліджень отримані нові науково обґрунтовані дані щодо роботи деревини, нагельних з'єднань та елементів дерев'яних конструкцій при дії однократних і малоциклових повторних навантажень. Результати досліджень розв'язують важливу науково-прикладну проблему розрахунку суцільних і клеєних дерев'яних балок за деформаційною моделлю з урахуванням усіх стадій роботи деревини. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту наукової спеціальності 05.23.01 – Будівельні конструкції, будівлі та споруди. Поставлені автором завдання досліджень реалізовані повністю, мета дослідження досягнута, наукова новизна, практичне значення та обґрунтованість отриманих результатів, зроблених висновків і пропозицій не викликають сумнівів.

Дисертація оформлена відповідно до чинних вимог, методи і результати досліджень викладені методично завершено і послідовно, загалом грамотною технічною мовою. Основні положення дисертації досить повно опубліковані у відкритих виданнях; автореферат відображає зміст дисертації.

На підставі викладеного вважаю, що за актуальністю, змістом, науковою новизною та практичним значенням представлена дисертаційна робота на тему “Напружено-деформований стан і розрахунки за деформаційною методикою елементів з деревини при одноразових та повторних навантаженнях” відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, які встановлені пунктами 9, 10, 12 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 р. зі змінами та доповненнями. Автор проаналізованої дисертаційної роботи, Гомон Святослав Степанович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 “Будівельні конструкції, будівлі та споруди”.

Офіційний опонент, доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва  
Центральноукраїнського національного технічного університету

Віктор ПАШИНСЬКИЙ

Проректор з наукової роботи  
Центральноукраїнського національного технічного університету,  
доктор економічних наук, професор

Олександр ЛЕВЧЕНКО

м. Кропивницький, 24 листопада 2020 р.