

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Гомона Святослава Степановича «**Напружено-деформований стан і розрахунки за деформаційною методикою елементів з деревини при одноразових та повторних навантаженнях**», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Актуальність теми дисертаційної роботи

З давніх часів людство використовує конструкції з деревини, бо деревина має багато позитивних властивостей. Це легкість матеріалу, мала теплопровідність, мале температурне розширення, хімічна стійкість в деяких видах агресивних середовищ, низькі капітальні вкладення у виробничу базу тощо.

Розрахунок дерев'яних конструкцій за діючими нормами проводять у пружній постановці, хоча норми допускають використання нелінійних залежностей між деформаціями і напруженнями. Експериментально встановлено, що при стисковій залежності між напруженням і деформаціями деревини має нелінійний характер. Але в розрахунках приймаються лінійні залежності. Тому методика розрахунку, яка враховує нелінійні залежності між напруженнями і деформаціями, може внести уточнення при отриманні кінцевих результатів. Ця методика повинна базуватися на експериментальних дослідженнях з використанням сучасних досягнень.

На сьогодні відсутні прийнятні залежності, які б в достатній мірі описували діаграму деформування деревини. Це стосується роботи деревини і при одноразових, і при повторних навантаженнях.

З огляду на вищесказане, дисертаційна робота Гомона Святослава Степановича, метою якої є встановлення повних діаграм механічного стану деревини при одноразовому та повторному стисканні, виявлення можливих характерних стадій роботи згинальних елементів від початку навантаження до руйнування, формулювання критеріїв досягнення згинальними елементами

граничних станів та на їх основі розроблення деформаційної методики розрахунку згинальних елементів з цільної та клеєної деревини при одноразових та повторних навантаженнях, є **актуальною**.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій обґрунтовується застосуванням сучасного обладнання при експериментальних дослідженнях, результатами експериментальних досліджень, використанням для обробки результатів експериментів та отримання аналітичних залежностей апарату математичної статистики, задовільною збіжністю отриманих результатів експериментальних досліджень з теоретичними результатами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

вперше:

- показана необхідність досліджень роботи деревини за дії малоциклових навантажень та отримані нові експериментальні дані про роботу цільної і клеєної деревини та з'єднань елементів з деревини за дії малоциклових навантажень різної інтенсивності;

- запропонована методика експериментально-графічного способу визначення модуля деформування деревини на основі методики визначення модуля деформування бетону;

- застосовано екстремальний критерій для визначення напружено-деформованого стану нормальних перерізів згинальних елементів з деревини на основі повних діаграм деформування матеріалу та розроблено методику розрахунку згинальних елементів з використанням повної діаграми стиску деревини;

удосконалено:

- методику експериментальних досліджень повних діаграм деформування деревини;

- деформаційну методику прогнозування часу працездатності конструкцій після дії малоциклових навантажень.

Повнота викладу отриманих результатів в опублікованих працях.

Основні результати дисертації опубліковано у 53 працях, в тому числі в двох монографіях, в семи статтях наукових періодичних видань інших держав (три із них входять в наукометричну базу «Scopus», дві – Index Copernicus) та 27 наукових публікаціях у фахових виданнях України.

Автореферат ідентичний до змісту з основними положеннями дисертаційної роботи й достатньо повно відображає основні наукові результати, що були отримані здобувачем.

Оцінка змісту дисертації.

Дисертацію викладено на 383 сторінках. Вона складається із вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел (266 найменувань) та 8 додатків на 44 сторінках; містить 311 сторінок основної частини, в тому числі 11 таблиць та 148 рисунків.

У **вступі** (10 стор.) обґрунтовано вибір теми дослідження, показаний зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, сформульовані мета і задачі досліджень, наведені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок здобувача, а також результати апробації та дані про публікації.

У **першому розділі** (50 стор.) виконана оцінка сучасного стану розвитку теорії розрахунку елементів з суцільної та клеєної деревини. Розглянуті питання структури та складу деревини, особливості навантажень на елементи конструкцій. Показано, що в дерев'яних конструкціях виникає складний напружено-деформований стан навіть при симетричному навантаженні від нерівномірного розподілення температурних деформацій та деформацій від зволоження та висихання. Показано, що не дивлячись на багаточисельні експериментальні і теоретичні дослідження, в яких вказано на нелінійність деформування дерев'яних конструкцій, в діючих нормативних документах прийняті розрахунки за лінійною постановкою. Однак, автор не обґрунтовано робить висновок (с. 60), що «...завдання, що ставляться перед сучасним будівництвом, вимагають нових більш якісних знань про напружено-

деформований стан деревини в елементах конструкцій та розробці сучасних розрахунків в ракурсі їх надійності та економічності». Також не обґрунтовано робиться висновок на с. 63, що «існуючи методи дослідження діаграм стиску та розтягу деревини вздовж волокон, які базуються на використанні пресового обладнання, мають серйозні недоліки і не дозволяють одержати повну діаграму деформування». Не зроблено критичний аналіз аналітичного опису діаграм механічного стану деревини, наведених на с. 66-67 дисертації.

В кінці розділу наведені висновки, сформульовані мета і задачі дослідження. Однак, висновки 2 та 4 обґрунтовані не переконливо.

У **другому розділі** (35 стор.) розглянуті експериментально-теоретичні дослідження діаграм стану деревини за стиску, розтягу, сколювання та згину. Побудована повна діаграма «напруження-деформації» за стиску. Показано, що при стисковій деревина деформується не лінійно і що діаграма має низхідну гілку. Низхідну гілку вдалося отримати завдяки запропонованому способу проведення експерименту.

Досліджено роботу нагельних з'єднань, а також клейових швів, побудовані діаграми зсуву з прогином болтів за дії одноразового статичного навантаження. Але чомусь не зроблено якихось рекомендації до розрахунку нагельних з'єднань і клейових швів. Тому виникає питання, для чого треба було проводити такі експерименти? Крім того, не ясно, для чого наведено п. 2.9.2 на стор.112-113 з аналітичного описання діаграми розтягу, якщо пропонується використовувати діаграму, запропоновану С.В. Тутуріним, а також п. 2.11.2 на стор. 117-118, де розглядається деформування деревини при довготривалому навантаженні за пропозиціями К.П. Пятикрестовського?

Третій розділ (45 стор.) присвячений експериментально-теоретичним дослідженням діаграм механічного стану деревини за дії малоциклових навантажень. Запропоновані залежності малоциклової витривалості деревини на стиск в тангенціальному та радіальному напрямках. Наведено аналітичну залежність для опису криволінійної діаграми за повторного навантаження. Прийнята функція у вигляді поліному другого ступеня. Проаналізовані

експериментальні дані деформування нагельних з'єднань сухої і вологої деревини за дії малоциклових навантажень. Побудовані діаграми стиску деревини в отворах нагельних з'єднань за дії малоциклових навантажень. Запропонована залежність довговічності від початкового верхнього рівня повторних навантажень. Наведено визначення розрахункової кількості циклів навантаження, яке може сприйняти нагельне з'єднання.

У четвертому розділі (38 стор.) наведені результати експериментально-теоретичних досліджень роботи деревини за прямого та косоного поперечного згину. Наведена методика визначення модуля деформування для елементів з цільної та клеєної деревини. Ця методика базується на методиці визначення модуля реформування бетону. Приведені дослідження основних деформативних характеристик цільної та клеєної деревини. Отримані результати пошарового деформування деревини дають можливість встановлювати напружено-деформований стан цього шару по висоті поперечного перерізу згинального елемента в цілому. Наведені графіки деформування нормальних перерізів елементів з цільної та клеєної деревини за косоного згину. Наведено і проаналізовано графіки деформування деревини за дії малоциклових навантажень. Показано, що положення нейтральної лінії згинальних елементів змінюється з ростом навантаження як для елементів за прямого згину, так і елементів за косоного згину. Наведені дані з визначення граничних та критичних деформацій деревини.

У п'ятому розділі (23 стор.) наведені робочі гіпотези та передумови моделювання напружено-деформованого стану нормального перерізу згинальних елементів. Наведена розрахункова модель поперечного перерізу елементів з цільної та клеєної деревини. Наведено критерії руйнування елементів за роботи на згин, критерії втрати стійкості. Наведені і проаналізовані характерні ділянки та параметри розрахункової залежності. Виділено чотири стадії напружено-деформованого стану деревини при згині. Слід, однак, відзначити, що з літературі відомо про те, що згинальний елемент з деревини спочатку працює пружно, потім в стиснутій зоні з'являються

складки, при цьому нейтральна лінія зміщується у бік розтягнутої зони і потім, коли розтягуючи напруження в розтягнутій зоні досягають межі міцності, настає руйнування елемента (див., наприклад, стор. 36 книги Иванов В.Ф. Конструкции из дерева и пластмасс. – Ленинград, Москва, 1966. – 353 с.). По суті, це і є ті самі стадії напружено-деформованого стану. Крім того, не ясно, для чого наведено п. 5.3.2 на стор. 213-215 дисертації, якщо ніяких рекомендацій з розрахунку втрати стійкості не наведено?

Шостий розділ (41 стор.) присвячений дослідженню напружено-деформованого стану елементів з деревини за прямого та косоного згину. Наведені епюри розподілу напружень для експериментальних балок за дії одноразового навантаження. Показано, що при високих рівнях навантаження напруження у верхній стислій фібрі менше максимальних напружень, що підтверджує наявність низхідної гілки діаграми «напруження-деформації». Наведені епюри напружень цільної та клеєної деревини за прямого та косоного згину.

Сьомий розділ (36 стор.) присвячений удосконаленню деформаційної методики розрахунку міцності нормальних перерізів елементів з деревини. Наведена методика розрахунку нормальних перерізів балок з деревини за дії одноразових навантажень при роботі на прямий поперечний згин. Виведені формули для визначення згинальних моментів відносно нейтральної лінії для розтягнутої та стиснутої зон елемента. Наведено алгоритм для визначення максимального згинального моменту з ітераційним корегуванням положення нейтральної лінії. Наведено методику розрахунку нормальних перерізів балок з деревини за дії одноразових навантажень за косоного поперечного згину. Однак при цьому не врахована зміна кута нахилу нейтральної осі, тому використані два рівняння, хоча задача має три невідомих величини, включаючи кут нахилу нейтральної лінії. Наведені рекомендації з розрахунку нормальних перерізів за повторного згину на основі деформаційної моделі. Наведені дані з прогнозування часу працездатності елементів з деревини за дії повторних навантажень.

Загальні висновки по роботі вказують на вирішення задач дослідження та відображають наукову і практичну важливість роботи.

У **додатках** наведені довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи, список опублікованих праць за темою дисертації, відомості про апробацію дисертації, обсяг експериментальних досліджень, рекомендації щодо розрахунку несучої здатності балок з деревини за поперечного згину з використанням деформаційної моделі, приклади розрахунку, блок-схеми розрахунку дерев'яних балок в умовах повторних навантажень за прямого та косоного згину, зведена таблиця випробувань балок з клеєної деревини.

Загальні зауваження до роботи.

1. У першому розділі дисертації і в авторефераті сказано, що зміна положення нейтральної лінії за рахунок нелінійних деформацій в стиснутій зоні досі не враховується. Однак, ще в 1966 р. в своєму підручнику В.Ф. Іванов показував цей фактор. Крім того, в цій же книзі показано виникнення складок в стиснутій зоні зігнутих дерев'яних елементів. Відсутність в нормативній літературі розрахунку з урахуванням нелінійних властивостей деревини не говорить про те, що така нелінійність не враховується. У багатьох роботах, які в тому числі цитував і сам автор, сказано про це.

2. У дисертації не зроблено порівняння результатів розрахунку за запропонованою методикою з методикою, в якій пропонується використовувати діаграму Прандля (с. 57-58 дисертації), з методиками, що використовують епюри напружень в стиснутій зоні у вигляді параболи. Тому не зрозуміло, чому автор в першому абзаці на с. 60 робить висновок, що завдання, поставлені перед сучасним будівництвом, вимагають нових більш якісних знань про напружено-деформований стан дерев'яних елементів. Також не зроблено порівняння розрахунків з використанням своєї діаграми з діаграмами, аналітичні вирази яких наведені на стор. 66-67 дисертації. Крім того, на рис. 1.7 (стор. 63 дисертації) приведена діаграма стиску деревини. Не ясно, чому автор ставить під сумнів цю діаграму, якщо вона не зрівняна з отриманою їм самим?

3. На с. 73 дисертації автор пояснює, що використання малих розмірів зразків із чистої деревини для отримання механічних характеристик є не правомірною. Однак, сам згодом використовує саме такі зразки з малими розмірами для отримання діаграми стиску деревини.

4. У другому розділі дисертації наведені дані експериментальних досліджень при короткочасному стиску деревини в отворах нагельних з'єднань (п. 2.4. та 2.5. на с. 93-98), досліджень сколювання вздовж волокон (п.2.7 на с. 101-106), досліджень роботи клейових швів (п.2.8 на с. 106-110). Однак методика розрахунку нагельних з'єднань, розрахунку на сколювання, розрахунку клейових швів при одноразовому короткочасному навантаженні не приведена. Не ясно, для чого проведені такі дослідження, якщо не зроблено ніяких пропозицій з розрахунку? Тому ці пункти являють собою практичний інтерес для подальших досліджень.

5. У другому розділі дисертації запропонована аналітична залежність «напруження-деформації» при стисканні деревини. Ця залежність отримана з експериментів автора на зразках з вологістю 10%. Однак, не ясно, як буде змінена діаграма при іншій вологості, а також для всіх класів деревини за міцністю? Крім того, для отримання повних діаграм було випробувано 12 призм при жорсткому режимі навантаження і говорити про достовірну статистику при цьому навряд чи доводиться.

6. У третьому розділі наведені досить цікаві і корисні результати експериментальних досліджень діаграм при малоциклових навантаженнях, деформування деревини при сколюванні, деформування клейових швів, нагельних з'єднань. Однак, рекомендації наведені тільки для вигляду діаграми деформування при малоцикловому стиску і для малоциклової витривалості. Виникає питання, а для чого проводились інші експериментальні дослідження? Ці дослідження також представляють практичний інтерес для подальших теоретичних досліджень..

7. У п'ятому розділі на с. 212 на відміну від силової моделі пропонується деформаційний критерій (5.2). Однак де взяти параметричні точки діаграми, тим більше для різних класів деревини і при різній її вологості?

8. На рис. 5.6. (стор. 219) наведені діаграми з низхідною гілкою, отримані в [204], які істотно відрізняються від запропонованих автором. Автор їх аналізує, але не пояснює, в чому відмінність цих діаграм від діаграм, отриманих автором, і з якої причини не можна довіряти діаграмам, наведеним на рис. 5.6?

9. На стор. 279-280 наведені формули (7.15) і (7.16), що виражають умови рівноваги за косою згину. У пружній стадії кут нахилу нейтральної лінії збігається з кутом нахилу площини дії зовнішнього навантаження. Однак, відомо, що якщо з'являються нелінійні деформації в стиснутій зоні, то кут нахилу нейтральної лінії змінюється. І цей кут повинен входити як додаткове невідоме в систему рівнянь. Тим більше, що сам автор цю зміну отримав експериментально в четвертому розділі, що наведено на рис. 4.25 (стор. 197). Крім того, стиснута і розтягнута зони при косому згині можуть мати як форму трапеції, так і форму трикутника. А при виводі розрахункових формул автор використовує тільки трапецієподібну форму з розподілом її на паралелограм і трикутник. Таким чином, виходить, що не всі можливі варіанти напружено-деформованого стану розглядаються. Те ж стосується і розрахунку за малоциклових навантажень (стор. 295).

10. Автор всю свою теорію розрахунку згинальних елементів побудував на статично визначених балках, де складно відчутти якийсь ефект від нелінійності роботи матеріалу. Варто було б показати важливість врахування низхідної гілки діаграми на прикладі розрахунку статично невизначених конструкцій, де ця нелінійність проявилася б в перерозподілі зусиль. Варто було б розглянути також позацентрово стиснуті елементи, де розглядуваний ефект міг бути більш істотним, тим більше, що з назви дисертації не витікає вивчення тільки згинальних елементів. Крім того, можна було б розглянути роботу підсилених дерев'яних елементів, де також ефект не лінійності був би більш значним.

11. У дисертації не приведена методика розрахунку деформативності дерев'яних елементів. Як змінився б розрахунок деформативності із застосуванням пропозицій, зроблених в дисертації? Крім того, бажано було б провести порівняння результатів за запропонованою методикою розрахунку з розрахунками за ДБН, а також за існуючими методами розрахунку. Таке порівняння могло показати важливість розробленої методики.

12. Відомо, що ще в будівельних нормах 1962 року для врахування впливу природних вад деревини на опір при згині був введений коефіцієнт однорідності, рівний 0.4. При розрахунку за методикою діючих норм України В.2.6-161:2017, якщо врахувати коефіцієнт надійності за матеріалом γ_m (рівний, наприклад, для цільної деревини 1.3), а також коефіцієнт k_{mod} (рівний, наприклад, для тривалого навантаження 0.7), то розрахункове значення міцності становитиме лише 0.54 від характеристичного. Подібна картина є в нормативних документах практично всіх країн світу. У такому випадку навіть нелінійні властивості деревини за діаграмами, наведеними в дисертації, не будуть проявлятися, не кажучи вже про низхідну гілку діаграми. Тому не ясно, як автор збирається враховувати вплив природних вад і пошкоджень деревини?

Загальні висновки по дисертаційній роботі.

Представлена дисертація є завершеною науковою працею, яка має важливе наукове значення. Робота має наукову новизну, актуальність і практичне значення. Висловлені зауваження не суттєво знижують загальну позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи. Виконана програма експериментально-теоретичних досліджень науково-технічної проблеми дала можливість розробити основи деформаційного методу розрахунку конструкцій з деревини, який базується на діаграмах повздовжнього деформування деревини з врахуванням низхідної гілки. В роботі наведено багато результатів експериментальних досліджень, які є суттєвими в галузі роботи конструкцій з деревини і важливими в тому числі для подальших теоретичних досліджень.

Дисертаційна робота Гомона Святослава Степановича на тему «Напружено-деформований стан і розрахунки за деформаційною методикою елементів з деревини при одноразових та повторних навантаженнях» за рівнем отриманих наукових результатів, змістом, обсягом та важливістю і кількістю отриманих результатів, є завершеною науковою працею.

Отримані в роботі результати, особливо експериментальні, обґрунтовані, мають важливе значення для будівельної науки. Ці результати, окрім описаних у дисертації, в подальшому можуть дати основу для розроблення методів розрахунку статично невизначених систем, особливо при закритичному стані їх роботи, позацентрово стиснутих елементів, а також елементів з деревини, підсилені металевими або неметалевими затяжками, шпренгелями і т.п.

Робота відповідає кваліфікаційним вимогам щодо докторських дисертацій, а її автор Гомон Святослав Степанович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 «Будівельні конструкції, будівлі та споруди».

Офіційний опонент,
завідувач кафедри техніко-технологічних
дисциплін, охорони праці та безпеки
життєдіяльності Уманського державного
педагогічного університету ім. Павла Тичини,
доктор технічних наук (05.23.01), професор,



Азізов Т.Н.

Підпис доктора технічних наук, професора, Азізова Т.Н. підписано

