

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Гомона Святослава Святославовича на тему: «Поліпшення міцнісних та деформівних властивостей суцільної деревини та композиційних матеріалів на її основі», подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 - механіка деформівного твердого тіла

### **Актуальність теми дисертації**

Використання деревини в різних галузях промисловості з кожним роком збільшується. Насправді такий процес і в подальшому буде спостерігатися, тому що з кожним роком зростає виробництво пов'язане з переробкою різних листяних та хвойних порід деревини. До таких галузей можливо віднести, насамперед, будівельну, деревообробну, гірничо-видобувну, річкову та морську галузі, паливно-енергетичному комплексі, машинобудуванні, суднобудуванні, мостових конструкціях. З іншої сторони застосування деревини в різних галузях народного господарства сприяє збільшенню виготовлення екологічно чистої продукції, зокрема, матеріалів, виробів, елементів, вузлів, деталей машин та механізмів, конструкцій та ін.

Деревина листяних та хвойних порід і в подальшому буде залишатися однією із пріоритетних сировинних баз промисловості. Деревина є природним анізотропним, пружно-пластичним матеріалом. Внутрішня будова деревини є досить складною. Міцність та деформівність деревини залежить від багатьох факторів та впливів. В більшості випадків мало досліджено вплив на такі параметри вологості, віку та швидкості деформування за жорсткого режиму випробувань з побудовою дійсних діаграм деформування. Також взагалі не досліджувалися таким способом клеєна та модифікована деревина. Отже, для вивчення та детального аналізу реального напружено-деформованого стану матеріалів, виробів, елементів, конструкцій з деревини необхідне сучасне найновіше обладнання. Тобто, обладнання, яке б дало змогу випробовувати такі елементи від початку завантаження і аж до їх руйнування (за жорсткого режиму випробувань). А також визначати фізико-механічні характеристики матеріалів та

конструкцій ще з більшою точністю та достовірністю аж до досягнення матеріалами критичних та граничних деформацій, тобто до повного руйнування.

Таким чином дисертаційна робота Гомона Святослава Святославовича, яка присвячена вирішенню проблеми розробки алгоритму та науково-технічних основ системного поліпшення міцнісних та деформівних властивостей суцільної деревини (листяних та хвойних порід) та композиційних матеріалів на її основі із прогнозованими характеристиками для проектування, ремонту, реконструкції, утримання та виготовлення деталей, матеріалів, виробів, конструкцій, які застосовуються в різних галузях народного господарства, від зрубу деревини до процесу сушіння, клеєння та модифікації є **актуальною задачею сьогодення**.

### **Загальна характеристика роботи**

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** обгрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, наведено мету і завдання досліджень, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, загальну характеристику роботи, обсяг та структуру. Також представлено інформацію про впровадження результатів даної роботи, апробацію, особистий внесок здобувача та публікації за тематикою дисертації.

**Перший розділ** дисертаційної роботи присвячено аналізу експериментально-теоретичних досліджень роботи суцільної, клеєної та модифікованої деревини. Виконано детальний огляд літературних джерел вітчизняних та закордонних вчених за тематикою роботи. Після такого аналізу визначено основні недоліки та сформульовано науково-дослідну проблему дисертаційного дослідження - розробка алгоритму та науково-технічних основ системного поліпшення міцнісних та деформівних властивостей суцільної деревини (листяних та хвойних порід) та композиційних матеріалів на її основі із прогнозованими характеристиками для проектування, ремонту, реконструкції, утримання та виготовлення деталей, матеріалів, виробів, конструкцій, які застосовуються в різних галузях народного господарства. Враховуючи детальний огляд за темою

дисертації та визначену науково-прикладну проблему сформульовано мету та завдання досліджень.

*В другому розділі* наведено методику експериментальних та теоретичних досліджень. Детально пророблено та обгрунтовано програму та об'єм експериментальних досліджень, запропоновано сертифіковане сучасне випробувальне обладнання для проведення експерименту, описано виготовлення зразків конструкційних розмірів першого сорту різних порід суцільної, клеєної, модифікованої перерізом 30x30x120 мм та клеєної і модифікованої деревини сосни розмірами 45x45x250 мм. Описано способи поверхневої та глибинної обробки деревини. Було проведено 4 серії випробувань суцільної деревини та композиційних матеріалів на її основі за жорсткого режиму прикладення навантаження з відео фіксацією роботи таких матеріалів на висхідній та спадній вітках повної діаграми. Загальна кількість досліджених зразків становила 410 штук.

Також в даному розділі проаналізовано та запропоновано дійсну (повну) діаграму деформування «напруження-деформації», яка відповідає дійсній роботі суцільної деревини та композиційних матеріалів на її основі, та встановлено залежність (поліном 4-го степеня) для її опису, як на висхідній, так і на спадній вітках. Запропоновано формулу для визначення критичних деформацій суцільної, клеєної та модифікованої деревини, враховуючи пружну та пластичну складові. Вперше розроблено алгоритм визначення граничних деформацій таких матеріалів на основі кривини елемента. Удосконалено методику визначення початкового модуля пружності та модуля деформацій (січного).

*В третьому розділі* проаналізовано результати експериментальних досліджень суцільної деревини листяних (берези, вільхи, ясена) та хвойних (модрини, сосни, ялини) порід за різної вологості (30, 21, 12%) осьовим стиском уздовж волокон одноразовим короткочасним навантаженням за жорсткого режиму прикладення навантаження. Побудовано повні діаграми «напруження  $\sigma_c$  – деформації  $u_c$ » таких матеріалів та визначено основні міцнісні та деформівні показники за методиками викладеними в розділі 2 (критичні та граничні деформації, максимальне напруження, початковий модуль пружності, модуль

деформацій та інші). Встановлено, що сушіння деревини від 30 до 12% збільшує міцність різних порід в 1,85 - 2,33 раза, початковий модуль пружності в 1,18–1,61 раза та зменшує деформівність (критичні деформації в 1,16–1,22 раза та граничні в 1,09–1,30 раза).

*В четвертому розділі* проаналізовано результати експериментальних досліджень суцільної деревини листяних (берези, вільхи, ясена) та хвойних (модрини, сосни, ялини) порід за різного віку (30, 21, 12%) осьовим стиском уздовж волокон одноразовим короткочасним навантаженням за жорсткого режиму прикладення навантаження. Побудовано повні діаграми «напруження  $\sigma_c$  – деформації  $u_c$ » таких матеріалів та визначено основні міцнісні та деформівні показники за методиками викладеними в розділі 2 (критичні та граничні деформації, максимальне напруження, початковий модуль пружності, модуль деформацій та інші). Виявлено, що міцність деревини в межах від 60 до 20 років зменшується на 27–45%; початковий модуль пружності на 12–17%; критичні деформації на 19–49%; граничні – на 8–39%.

*В п'ятому розділі* висвітлено та проаналізовано роботу клеєної та модифікованої деревини (поверхнева та глибинна модифікації) на стиск уздовж волокон одноразовим короткочасним навантаженням, як за м'якого, так і за жорсткого режиму випробувань.

Встановлено, що за поверхневої модифікації суцільної деревини листяних та хвойних порід збільшується міцність на 12–22% в порівнянні із суцільною деревиною вологістю 12% віком 60 років, а клеєної модифікованої деревини збільшується на 19% в порівнянні зі зразками простої клеєної деревини, а деформівність при цьому зменшується на 22%.

На основі проведених експериментальних досліджень виявлено, що міцність глибино модифікованих матеріалів полімерною композицією «силор» збільшується на 17–21%, а критичні деформації падають на 7–20%, початковий модуль пружності зростає на 26–35% в порівнянні з деревиною тих же порід модифікованих поверхнево.

**Шостий розділ** присвячено застосуванню повних діаграм «напруження – деформації» всіх досліджуваних матеріалів. Наведено методику розрахунку

елементів та конструкцій з суцільної, клеєної та модифікованої деревини за різних видів навантажень.

**У висновках** висвітлено отримані основні наукові положення дисертаційної роботи.

**У додатках** наведено апробацію запропонованої формули з визначення критичних деформацій; динаміку зміни складових критичних деформацій в залежності від вологості та віку деревини; діаграми деформування деревини різного віку; значення основних міцнісних та деформівних параметрів досліджуваних листяних та хвойних порід деревини за різної вологості та віку; список наукових публікацій та наукових конференцій та семінарів, в яких здобувач прийняв участь.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані у дисертаційній роботі, їх достовірність**

Здобувачем виконано ґрунтовний аналіз запропонованої проблематики, виконано комплексне теоретичне та практичне обґрунтування шляхів її вирішення.

Достовірність отриманих результатів, висновків та положень, які викладені в дисертації, підтверджується необхідним використанням запропонованих методів досліджень, математичного апарату, широкомасштабних експериментальних та теоретичних досліджень.

Одержані результати в дисертаційній роботі відображені в актах впровадження проектними організаціями, підприємствами деревообробної галузі та в навчальний процес.

Висновки та положення наведені в дисертації є достатньо обґрунтованими та достовірними.

**Наукова новизна отриманих результатів**

У дисертаційній роботі автором отримано нові експериментальні та теоретичні результати, зокрема: вперше розроблено алгоритм поліпшення міцнісних і деформівних властивостей деревини від зрубу до висушування,

склеювання та модифікації; вперше встановлено основні закономірності впливу вологості, віку та швидкості деформування одновісним стиском на дійсні (повні) діаграми деформування та фізико-механічні властивості деревини листяних (берези, вільхи, ясена) та хвойних (модрини, сосни, ялини) порід за жорсткого режиму навантаження; вперше проведено експериментально-теоретичні дослідження композиційних матеріалів на основі суцільної деревини та полімерної композиції «силор» за поверхневої та глибинної модифікацій і обґрунтовано оптимальний час просочення; вперше запропоновано формулу визначення критичних відносних деформацій суцільної, клеєної та модифікованої деревини із урахуванням їх пружної та пластичної складових; вперше запропоновано алгоритм визначення граничних деформацій суцільної деревини за діаграмою «момент – кривина»; удосконалено поверхневі та глибинні способи модифікації деревини; удосконалено методику розрахунку елементів та конструкцій на основі деревини або композиційних матеріалів на її основі з урахуванням дійсних (повних) та оптимізованих (з обмеженням у точці граничних деформацій) діаграм деформування матеріалу; запропоновано апроксимуючу функцію експериментальних діаграм деформування деревини різних порід та композиційних матеріалів на її основі, яка на достовірній основі враховує вплив різних факторів.

### **Значення отриманих результатів**

Запропонований автором алгоритм та науково-технічні основи системного поліпшення міцнісних та деформівних властивостей суцільної деревини (листяних та хвойних порід) та композиційних матеріалів на її основі із прогнозованими характеристиками для проектування, ремонту, реконструкції, утримання та виготовлення деталей, матеріалів, виробів, конструкцій дозволяють більш широко розкрити можливості деревини на певних етапах технологічного процесу її обробки та застосування в народному господарстві. А наведені в роботі повні діаграми деформування та визначені її основні параметри дозволяють визначити дійсний напружено-деформований стан суцільної, клеєної та

модифікованої деревини, а також на їх основі запропоновано розрахунок елементів та конструкцій за так званою «деформаційною методикою».

Окремі результати дисертаційного дослідження були отримані при виконанні наступних наукових тем: «Методологія оцінювання довговічності і продовження ресурсу елементів авіаційних конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями біля кріпильних отворів» (№ держреєстрації №0118U003479) та «Реконструкція та утримання міських територій, будівель та інженерних комунікацій» (№ держреєстрації №0112U008294).

**Повнота викладу результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях та їх апробація.** За темою дисертації опубліковано 43 наукових праці, зокрема 26 у наукових фахових періодичних виданнях України та виданнях іноземних держав, 13 – тези конференцій, 4 - інші видання. Дві наукові публікації індексується у наукометричній базі – Scopus та Web of Science, 5 – Index Copernicus.

Рівень та повнота публікацій відповідають вимогам МОН України.

Основні результати роботи доповідались та обговорювались на вітчизняних та закордонних наукових конференціях та семінарах.

### **Оформлення дисертації та автореферату**

Автореферат дисертації за змістом повністю відповідає дисертаційній роботі. Дисертація написана на високому науковому рівні.

Автореферат та дисертація оформлені згідно вимог МОН України.

Наукові положення та результати докторської дисертації Гомона Святослава Святославовича, які виносяться на захист, не містять результатів кандидатської дисертації на тему: «Робота та несуча здатність косостиснутих залізобетонних елементів за дії малоциклових навантажень».

## Зауваження до дисертаційної роботи та автореферату

1. На стор. 29-30 сформульовано 9 поставлених завдань дисертаційної роботи. На с. 307- 309 наведено 12 висновків. Має бути чітка відповідність: кожен висновок дає відповідь на поставлене завдання. Тут це не витримано.

2. На стор. 30 дисертації у методах дослідження наведено серед іншого:

- аналіз літературних джерел... ;
- впровадження результатів дослідження у різні галузі народного господарства...

У методах дослідження наводять теоретичні, чисельні та експериментальні методи, які використані у роботі. Наведена інформація не є методами дослідження.

3. На стор. 118 наведено формулу (2.9) для визначення величин критичних відносних деформацій деревини, у яку входить  $C_1$  – коефіцієнт, який враховує вологість, вік деревини, модифікатор та спосіб модифікації. Дані значення  $C_1$  для трьох значень вологості(12%, 21%, 30%), стор.143, табл. 3.3 стор.160, табл. 3.9. Незрозуміло яка методика визначення  $C_1$ . Яким чином отримані наведені значення  $C_1=6,55 \cdot 10^{-7}$  (12%),  $C_1=2,69 \cdot 10^{-6}$  (21%),  $C_1=8,70 \cdot 10^{-6}$  (30%). Відсутні пояснення, чому цей комплексний коефіцієнт є сталою величиною при повній вологості для різного віку та порід деревини.

4. На рис. 3.23-3.26. стор. 182-185 наведено залежності максимальних напружень, початкового модуля пружності, усереднених критичних деформацій, граничних деформацій суцільної деревини від вологості. При цьому зміни відбуваються у діапазоні вологості 12-30%, у діапазоні 30-50% змін немає, на всіх графіках горизонтальні полиці. Це узгоджується з даними літератури наведеними автором у розділі 1. Було б доречно пояснити цей важливий практичний результат, але в дисертації немає такого пояснення та аналізу.

5. У табл. 4.3, стор. 200 автором наведено відхилення від експериментальних значень, даних отриманих чисельно за формулою (2.9) для деревини віком 40 років. Максимальна розбіжність склала 15,27%. У табл. 4.9, стор.214 аналогічна максимальна розбіжність для деревини віком 20 років склала 20,52%. Автором зроблено висновок, що це є задовільним. Незрозуміло, на



основі яких критеріїв, порівняльних чисел зроблено такий висновок. Не проаналізовано, чому отримано різну точність для різного віку деревини?

6. На стор. 244 наведено динаміку змін основних параметрів клеєної деревини у порівнянні з не клеєною вологістю 12% та віком 60 років. Силві характеристики суттєво ( до 25%-31%) зростають, а деформаційні практично не змінюються. Відсутнє пояснення такого досить цікавого отриманого експериментального результату.

7. На стор. 30 автореферату зроблено висновок, що глибинна модифікація «силором» деревини у порівнянні з поверхневою, дає більш вагомий ефект у поліпшенні фізико-механічних властивостей деревини. Механічні властивості автором досліджувались. Незрозуміло, які фізичні параметри покращилися і яким експериментом чи розрахунком це доведено?

8. Автором не досліджувався вплив на міцнісні та деформативні властивості деревини та композиційні матеріали на її основі, можливої наявності мікротріщин, як на поверхні деревини так і для композитних матеріалів, які виникли після просочування деревини «силором» як у матриці («силорі» ) у волокнах (деревині), та у зоні склеювання «силор» - деревина.

Доцільно було би вказати, при яких умовах, виходячи з яких критеріїв такими підходами механіки руйнування можна нехтувати, або яким чином вони інтегрально враховані при розрахунках?

Так при дослідженні залежності момент-кривина, виникають коефіцієнти інтенсивності (КІН) моментів, а наявність мікротріщин у зоні залишкових технологічних напружень («силор» - деревина) наявність КІН, що можуть викликати руйнування.

**Наведені зауваження не змінюють загальну позитивну оцінку дисертації.**

### **Загальна оцінка роботи**

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, в якій здобувач ґрунтовно розв'язує актуальну наукову проблему - розробки алгоритму та науково-технічних основ системного поліпшення міцнісних та деформівних

властивостей суцільної деревини (листяних та хвойних порід) та композиційних матеріалів на її основі із прогнозованими характеристиками для проектування, ремонту, реконструкції, утримання та виготовлення деталей, матеріалів, виробів, конструкцій, які застосовуються в різних галузях народного господарства

Вважаю, що за науковим рівнем, повнотою опублікування та апробації викладених наукових результатів дисертаційна робота Гомона Святослава Святославовича відповідає вимогам, які встановлені пунктами 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України» №567 від 24 липня 2013р. зі змінами та доповненнями, на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла (технічні науки).

Офіційний опонент

доктор технічних наук, доцент,  
завідувач кафедри медичної фізики  
діагностичного та лікувального обладнання  
Тернопільського національного медичного  
університету ім. І.Я. Горбачевського  
МОЗ України

Ю.А. Рудяк

Особистий підпис

Підпис доц. Ю.А. Рудяка засвідчую

Заступник ректора з кадрових питань  
Тернопільського національного  
медичного університету

