

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук,  
професора Грабара Івана Григоровича  
на дисертаційну роботу **Гомона Святослава Святославовича**  
**«Поліпшення міцнісних та деформівних властивостей суцільної деревини та  
композиційних матеріалів на її основі»**, представленої на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук  
за спеціальністю 01.02.04 - механіка деформівного твердого тіла

Представлена дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 341 найменування та 7 додатків. Робота викладена на 387 сторінках, у тому числі 296 сторінок основного тексту, містить 89 рисунків, 54 таблиць, 34 сторінок списку використаних джерел та 40 сторінок додатків. Структура та обсяг дисертації задовольняють вимогам, що висуваються до докторських дисертацій.

### **1. Актуальність вибраної теми дисертаційної роботи**

Подальший розвиток промисловості відкрив нові можливості і напрямки створення нових матеріалів, виробів, деталей, конструкцій з досить високим рівнем міцності та малою деформівністю. У першу чергу це стосується композиційних матеріалів на полімерній основі, які відносять до в'язкопружних матеріалів, зокрема, склопластиків, вуглепластиків, боропластиків, органопластиків, композитів з полімерною матрицею і металевим наповнювачем та інших. Проте на даний час ще не повністю досліджені та використані можливості одного з найбільш поширеного традиційного матеріалу природного походження – деревини. Все ширше і ширше використання деревини в будівельній, деревообробній, гірничо-видобувній, річковій та морській галузях, паливно-енергетичному комплексі, машинобудуванні, суднобудуванні, мостових конструкціях та інших потребує і більш досконалих знань про цей дорогоцінний матеріал. На наш погляд, суцільна та клеєна деревина є матеріалом, потенціал якого не в повній мірі вивчений. Модифікована ж деревина має ще перспективніші характеристики.

В умовах здорожчання енергозатратних матеріалів, винайдення та використання нових хімічних засобів та способів модифікації, дають можливість матеріалам, виробам, деталям, елементам та конструкціям на основі деревини конкурувати у практичному застосуванні з аналогами на основі бетону, металу та композитів з полімерною матрицею.

Більшість відомих наукових праць вітчизняних та закордонних вчених стосується роботи деревини за стандартної вологості, яка вивчалася за м'якого режиму випробувань на зразках чистої деревини перерізом 20x20x30 мм, що не давало змоги встановити дійсний напружено-деформований стан матеріалу, побудувати повну діаграму деформування на стиск вздовж волокон та встановити істинні значення критичних та граничних деформацій. А детальне вивчення впливу вологості, віку та швидкості деформування на міцнісні та деформівні властивості листяних та хвойних порід деревини за жорсткого прикладення навантажень поки що не проведено, як і не проведено експериментальні дослідження клеєної та модифікованої деревини. Тобто таке вивчення можливе тільки при побудові повних діаграм деформування «напруження – деформації» від початку завантаження і до повного руйнування (висхідна та спадна вітки діаграми), а також вдосконалення способів модифікації, як суцільної, так і клеєної деревини берези, вільхи, ясеня, модрини, сосни та ялини.

Тому одним із важливих завдань постає питання розробки алгоритму поліпшення міцнісних та деформівних властивостей та створення наукових основ системного поліпшення



міцнісних та деформівних властивостей суцільної деревини (листяних та хвойних порід) а також композиційних матеріалів на її основі від зрубу деревини до процесу сушіння, клеєння та модифікації.

Аналізуючи наведене, можна прийти до висновку, що неодноразово поставало і постає питання подальшого практичного використання отриманих результатів, яке залежить, головним чином, від успішного об'єднання механіки суцільного середовища з базисними положеннями про властивості матеріалів, основами руйнування конкретних матеріалів, в даному випадку деревини з існуючими методами їх розрахунку. З цих принципових позицій тема дисертаційної роботи є актуальною.

Тому представлена до захисту дисертаційна робота актуальна і направлена на вирішення важливої науково-технічної проблеми: **розробка алгоритму та науково-технічних основ системного поліпшення міцнісних і деформівних властивостей суцільної деревини (листяних та хвойних порід) та композиційних матеріалів на її основі із прогнозованими характеристиками для проектування, ремонту, реконструкції, утримання та виготовлення конструкційних деталей, матеріалів, виробів, конструкцій, які застосовуються в різних галузях народного господарства.** Відповідно до мети сформульована низка задач для вирішення.

## **2. Зв'язок досліджень з науковими програмами, темами**

Дисертаційна робота пов'язана з тематиками кафедри будівельної механіки Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя за науковим напрямком «Методологія оцінювання довговічності і продовження ресурсу елементів авіаційних конструкцій з експлуатаційними пошкодженнями біля кріпильних отворів» (Державна реєстрація №0118U003479) та кафедри міського будівництва і господарства Національного університету водного господарства та природокористування по комплексній темі «Реконструкція та утримання міських територій, будівель та інженерних комунікацій» (Державна реєстрація №0112U008294).

Участь у всіх зазначених вище науково-дослідних напрямках досліджень стали основою для розробки дисертаційної роботи.

Об'єкт дослідження роботи відповідає пріоритетному напрямку, який відповідає Закону України «Про пріоритетні напрямки інноваційної діяльності в Україні» на 2011 – 2020 роки (стаття 4, пункт 6).

## **3. Мета роботи, методи, предмет та об'єкт досліджень**

**Мета роботи** – розроблення алгоритму та науково-технічних основ системного поліпшення міцнісних і деформівних властивостей суцільної деревини (листяних і 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.

**Об'єкт дослідження** – поліпшення міцнісних і деформівних властивостей деревини та композиційних матеріалів на її основі.

**Предмет дослідження** – напружено-деформований стан, міцність, деформівність, критичні та граничні деформації суцільної деревини й композиційних матеріалів на її основі.

**Методи дослідження** – аналіз літературних джерел за тематикою дисертації; експериментальні дослідження зразків з суцільної деревини та композиційних матеріалів на її



основі за короткочасного стиску вздовж волокон від початку завантаження до повного руйнування на сучасному випробувальному обладнанні, а також встановлення основних міцнісних і деформівних властивостей; числові та математичні методи моделювання; методи теорії деформівного твердого тіла; методи математичної статистики та системного аналізу; впровадження результатів досліджень у різні галузі народного господарства.

#### **4. Наукова новизна результатів дисертаційної роботи**

Дисертація є завершеною науковою працею, в якій вирішено актуальну наукову проблему з розроблення алгоритму та науково-технічних основ системного поліпшення міцнісних і деформівних властивостей суцільної деревини (листяних та хвойних порід) та композиційних матеріалів на її основі із прогнозованими характеристиками для проектування, ремонту, реконструкції, утримання та виготовлення конструкційних деталей, матеріалів, виробів, конструкцій, які застосовуються в різних галузях народного господарства.

##### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше розроблено алгоритм поліпшення міцнісних і деформівних властивостей деревини від зрубу до висушування, склеювання та модифікації;
- вперше встановлено основні узагальнені 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 (модрина, 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 в широкому діапазоні керуючих параметрів 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»;
- обґрунтовано та 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.

#### **5. Короткий аналіз основного змісту дисертації**

*В першому розділі* дисертації (49 сторінок) виконано критичний огляд існуючих результатів експериментально-теоретичних досліджень роботи суцільної деревини та композиційних матеріалів на її основі. Коротко описано вклад багатьох вчених в розробку даної проблеми. Автор дисертації відмічає, що практично всі відомі методи вивчення впливу різних факторів (вологості, температури, віку, швидкості деформування) на міцнісні і деформівні властивості деревини та конструкцій на її основі за різних видів навантаження проводилися при м'якому режимі випробувань. Вивченням параметрів повних діаграм за жорсткого режиму прикладання навантаження деревини практично не проводився. Не враховуються також ефекти, які виникають у елементах з деревини після порушення його суцільності, а врахування цього ефекту



дозволяє не тільки досягти уточнення розрахунків, але і пояснити фізичний зміст багатьох явищ, які спостерігаються при проведенні експериментів. Проведено аналіз існуючих методів та способів модифікації деревини та існуючих проблем, що виникають при цьому. Показано велику різноманітність функцій, зокрема степеневих, показникових, тригонометричних поліноміальних та інших, що використовують дослідники для опису діаграм «напруження  $\sigma_c$  - деформації  $u_c$ » різних матеріалів. В кінці розділу сформульовані задачі досліджень.

**Другий розділ** дисертації (47 сторінок) присвячено методиці експериментальних та теоретичних досліджень та можливості вдосконалення існуючих методик та використання їх побудові моделей деформування. Програма досліджень включала лабораторні випробування чотирьох серій зразків з першого сорту різних порід суцільної, клеєної, модифікованої перерізом 30x30x120 мм та клеєної і модифікованої деревини сосни розмірами 45x45x250 мм.

*Перша серія випробувань* - це дослідження суцільної деревини перерізом (30x30x120 мм різної вологості (30, 21, 12%) та віку (60, 40, 20 років) проводили за жорсткого режиму випробувань. Для випробувань вибрана деревина наступних порід: хвойні – модрина, сосна, ялина; листяні – береза, вільха, ясен.

*Друга серія* - дослідження клеєної деревини різних листяних та хвойних порід перерізом 30x30x120 мм стандартної вологості 12% віком 60 років проводили за жорсткого режиму прикладання навантаження.

*Третя серія випробувань* - дослідження клеєної та клеєної модифікованої деревини сосни перерізом 45x45x250 мм за стандартної вологості 12% віком 85 років, які були просочені полімерною композицією «силор» проводили за м'якого режиму випробувань.

*Четверта серія випробувань* - це дослідження модифікованої суцільної деревини різних листяних та хвойних порід перерізом 30x30x120 мм проводилися за жорсткого режиму випробувань. Просочення дослідних зразків полімерною композицією «силор» виконували двома способами: природним шляхом без додаткової стимуляції (поверхнева модифікація) та з допомогою автоклава (глибинна модифікація) під тиском 2,5 атмосфери. Випробування проводили за жорсткого режиму прикладання навантажень.

В цьому розділі розроблена структурно-логічна схема виконання досліджень. Загальна кількість досліджених зразків становила 410 штук.

В розділі докладно розглядається та зроблено критичний аналіз визначення критичних та граничних деформацій пружно-пластичних матеріалів. Запропоновано нову методику визначення величини критичних відносних деформацій деревини за сумою відносних пружних та пластичних деформацій та відносних граничних деформацій.

Для створення деформаційної моделі розрахунку, запропоновано опис повної діаграми деформування матеріалу деревини або композиційного матеріалу та з обмеженням в точці граничних деформацій осьовим стиском вздовж волокон, з врахуванням їх пружно-пластичних складових, поліноміальною функцією четвертого степеня.

**Третій розділ** дисертації (61 сторінка) присвячено аналізу отриманих результатів експериментально-теоретичних досліджень діаграм механічного стану 60-ти річної деревини хвойних та листяних порід та впливу вологості на міцнісні та деформівні властивості за дією осьового стиску вздовж волокон одноразовим короткочасним навантаженням. Визначено основні ділянки та параметри механічного стану деревини за стиску, а також критичні і граничні відносні деформації за вологості 12%, 21% та 30%. В розділі докладно розглядається встановлений взаємозв'язок вологості з основними міцнісними та деформівними параметрами діаграми «напруження  $\sigma_c$  - деформації  $u_c$ ». Визначено основні напрямки поліпшення міцнісних та деформівних властивостей суцільної деревини листяних та хвойних порід внаслідок її сушіння. Процес сушіння деревини (від 30 до 12%) сприяє поліпшенню основних міцнісних та



деформівних властивостей, зокрема збільшує міцність різних порід в 1,85 - 2,33 рази, початковий модуль пружності в 1,18–1,61 рази та зменшує деформівність (критичні деформації в 1,16–1,22 рази та граничні в 1,09–1,30 рази).

**В четвертому розділі** дисертації (37 сторінок) висвітлено питання експериментально-теоретичних досліджень впливу віку на діаграми механічного стану, на міцнісні та деформівні властивості деревини хвойних та листяних порід за одноразових осьових навантажень стиску вздовж волокон за жорсткого режиму завантаження. Встановлено взаємозв'язок віком деревини з основними міцнісними та деформівними параметрами повної діаграми деформування. Було встановлено, що основні міцнісні та деформівні параметри діаграми деформування незначно зменшуються від 60 до 40 років та суттєво зменшуються від 40 до 20 років.

Розробці розрахункових моделей деформування клеєної та модифікованої деревини полімерною композицією «силор» за природного поверхневого та вимушеного глибинного просочення присвячено **п'ятий розділ** дисертації (50 сторінок).

Показано динаміку зміни міцності, відносних критичних деформацій  $u_{c,0,d,exp}$  та граничних деформацій  $u_{c,u}$  композиційних матеріалів на основі суцільної деревини та полімерної композиції «силор»

Поверхнева модифікації суцільної деревини листяних та хвойних порід збільшує межу міцності на 12–22% в порівнянні із суцільною деревиною вологістю 12% віком 60 років. Межа міцності за поверхневої модифікації клеєної деревини хвойних та листяних порід збільшується на 19% в порівнянні зі зразками простої клеєної деревини, а деформівність зменшуються вздовж волокон на 22%. Встановлено, що міцність глибино модифікованих матеріалів полімерною композицією «силор» збільшується в межах 17%–21%, а деформівність (критичні відносні деформації) при цьому стають меншими на 7–20%, при цьому початковий модуль пружності суттєво зростає на 26–35% в порівнянні з деревиною тих же порід модифікованих поверхнево.

**В шостому розділі** дисертації ( 27 сторінок) описано область застосування дійсних (повних) та оптимізованих (з обмеженням в точці граничних деформацій) діаграм «напруження – деформації» суцільної, клеєної та модифікованої деревини. Використовуючи діаграми деформування, удосконалено математичний апарат розрахунку різних елементів та конструкцій на основі суцільної, клеєної та модифікованої деревини.

**У додатках** дисертант наводить апробацію запропонованої формули з визначення критичних деформацій на 150 випадках листяних та хвойних порід як з території України, так і закордонними; динаміку зміни складових критичних деформацій в залежності від вологості та віку деревини; діаграми деформування деревини різного віку з обмеженням в точці граничних деформацій; значення основних міцнісних та деформівних параметрів досліджуваних листяних та хвойних порід деревини за різної вологості та віку; список наукових публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію.

**6. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірність. Ідентичність змісту автореферату та основних положень дисертації**

**Достовірність отриманих результатів забезпечується:**

- при розробці моделей деформування деревини використано закономірності механіки деформівного твердого тіла та основних перевірених положень теорії руйнування;
- результатами досконало виконаних автором експериментальних досліджень, в яких вивчено особливості деформування деревини та композитів на її основі, які підтвердили запропоновані моделі та методи розрахунків утворення та розвитку складок;



- виконаним порівняльним аналізом, який підтверджує ефективність запропонованих моделей деформування і впровадженням у практику проектування;
- задовільною збіжністю отриманих експериментальних досліджень з теоретичними результатами та з результатами інших авторів;
- апробацією результатів роботи на міжнародних, всеукраїнських науково-технічних конференціях, симпозіумах, конгресах.

**Практичне значення роботи.** Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що запропоновані моделі деформування деревини на засадах механіки руйнування, завдяки повному врахуванню параметрів і особливостей деформування, дозволяють отримати більш достовірні рішення і виявити резерви для ефективного використання матеріалів.

Результати дисертаційної роботи використані при виробництві продукції будівельних матеріалів та конструкцій на основі деревини, а також при проектуванні та реконструкції окремих будівельних об'єктів та в навчальному процесі, що підтверджено відповідними довідками.

**Повнота викладу основних положень в опублікованих працях.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковані у 43 наукових працях, у тому числі в 26 наукових статтях у фахових професійних виданнях, внесених до переліку МОН України (17 – статті у наукових фахових періодичних виданнях України, 9 – статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав та у фахових виданнях України, які внесені до наукометричних міжнародних баз. Зокрема 2 наукові публікації – Scopus та Web of Science, 5 – Index Copernicus); 13 публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації; в інших виданнях – 4.

Основні положення дисертації викладені в опублікованих працях в повній мірі.

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертації доповідалися на багатьох науково-технічних конференціях різних рівнів, які відбувалися в різних містах України та за кордоном.

**Зміст автореферату** ідентичний основним положенням дисертації.

Здобувач захистив кандидатську дисертацію на тему: «Робота та несуча здатність косостиснутих залізобетонних елементів за малоциклових навантажень». В докторській дисертації матеріали кандидатської дисертації не використовувалися.

**Зауваження за змістом дисертації.**

1. В першому розділі (п.1.2) детально вказуються на дефекти та пошкодження суцільності деревини, які безпосередньо можуть вплинути на міцність та деформівність. Проте в подальшому в роботі на ці особливості залишаються поза увагою, а бажано їх враховувати.

2. З фотографій, які зроблено з великої відстані і приведено на рис. 2.4, важко розрізнити породу деревини.

3. На сторінці 104 стверджується, що «перевагою даної речовини є те, що деталі, елементи та конструкції модифіковані «силором» є екологічно безпечними при експлуатації в закритих приміщеннях», проте обґрунтування цього твердження є недостатнє.

4. В пункті 6 висновків до третього розділу говориться, що для опису дійсних (повних) діаграм деформування суцільної деревини за різних показників вологості використовується функція поліному 4-го ступеня, однак обґрунтування цього рішення недостатнє.

5. З рисунку 5.1 не зрозуміло, де ж знаходився клейовий шов в зразку, що досліджувався, за випробувань на сколювання клейових швів уздовж волокон. На рисунку приведено лише загальний вигляд та розміри.

6. Для кращого сприйняття та подальшого використання було б доцільно результати досліджень звести в одну чи декілька загальних таблиць, де вказувалося, як абсолютні, так і відсоткові зміни міцності та деформівності деревини різних порід за проведення запропонованих

технологічних та конструктивних процесів і міроприємств з поліпшення фізико-механічних властивостей матеріалу.

**Висновок про відповідність дисертації вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника.**

Наведені зауваження більше мають, в основному, методичний характер і не знижують наукову і практичну цінність дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Гомона Святослава Святославовича відповідає вимогам пунктам 9 і 10 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника». В дисертації отримано нові науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, які полягають в подальшому розвитку теорії механіки деформівного твердого тіла **стосовно деревини, що в сукупності є значним досягненням для розвитку теорії.**

На мою думку, **Гомон Святослав Святославович** заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
завідувач кафедри процесів, машин і обладнання  
Поліського національного університету

І.Г. Грабар

ПІДПИС ЗА ВІДПОВІДЬ  
Начальник відділу діловодства та контролю виконання Поліського національного університету  
*І.Г. Грабар*  
« 04 » 04 2024 р.

