

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента на дисертаційну роботу**

**Бідакова Андрія Миколайовича**

**на тему: «Методологія розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини та їх вузлів»**

представленої до спеціалізованої вченої ради Д 26.056.04

на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю  
05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди

**Актуальність теми дисертації.** Будівельні конструкції з деревини, зокрема з клеєної та поперечно-клеєної деревини, набувають все більшого розповсюдження в усьому світі. Світовий досвід проектування та експлуатації цих конструкцій різноманітного функціонального призначення підтверджує доцільність їх використання. Особливого розповсюдження, останнім часом, набули конструкції: з клеєної деревини для перекриття середніх, великих і навіть дуже великих прольотів; панелей з поперечно-клеєної деревини для зведення висотних будівель.

Будівництво дерев'яних багатоповерхових будинків обходиться на 5-20% дешевше за аналогічні будинки з застосуванням металу чи залізобетону, в тому числі зі збірних залізобетонних панелей. Це тому, що використовуються більш прості інструменти, а самі панелі мають меншу вагу, що впливає на більш економічну конструкцію фундаментів та зменшує витрати при монтажі та транспортуванні. Також слід відмітити, що завдяки особливостям будови матеріалу, багатоповерхові будинки з клеєної деревини та поперечно-клеєної деревини рекомендують зводити в сейсмонебезпечних районах.

Важливою і актуальною науково-технічною проблемою є узагальнення, виявлення нових закономірностей напружено-деформованого стану на основі сучасних підходів моделювання панелей з поперечно-клеєної деревини, в

тому числі, комбінованих класів міцності та удосконалення методики їх розрахунку.

Також важливим питанням є розрахунок та проектування з'єднань панелей з поперечно-клеєної деревини на вкесених стержнях, які можуть стати пріоритетним вирішенням вузлових з'єднань різних типів не лише у вітчизняній практиці і потребують проведення ґрунтовних досліджень та розробки практичних рекомендацій щодо впровадження. Введення в практику проектування таких уніфікованих вузлових з'єднань дозволить значно підвищити ергономічність будівель з панелей із поперечно-клеєної деревини та прискорить їх монтаж, що в цілому сприятиме зниженню вартості конструкцій та широкому впровадженню панелей з поперечно-клеєної деревини у сучасне будівництво.

Слід відмітити, слова професора В. Єрмоліна, який вважає, що за показником споживання продукції з деревини на душу населення можна судити про рівень цивілізованості країни.

Таким чином тема дисертаційної роботи, націлена на розв'язання відмічених задач та проблем, є надзвичайно актуальною і дозволить зробити ще один суттєвий крок до масового впровадження в Україні будівництва висотних будівель з застосуванням клеєної та поперечно-клеєної деревини.

**Структура і зміст роботи.** Дисертація складається із анотації, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних літературних джерел і шести додатків. Загальний обсяг дисертації становить 360 сторінок, у тому числі 249 сторінок основного тексту, 138 рисунків, 32 таблиці, 45 сторінок списку використаних джерел з 432 найменувань та 42 сторінки додатків.

**Публікації.** Результати отриманих досліджень опубліковані у 30 наукових працях, серед них: 17 наукових публікацій у фахових виданнях включених до переліку МОН України, 5 публікацій у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз, 6 публікацій - матеріали науково-практичних конференцій, 2 державні будівельні норми.

## **Щодо основного змісту роботи.**

У вступі обґрунтована актуальність роботи, викладені мета та задачі досліджень, наукова новизна, практична цінність та сформульовано мету і задачі дослідження, наведені основні отримані наукові результати та показане їх практичне значення.

В першому розділі зроблено огляд літературних джерел щодо сучасного стану досліджень напружено-деформованого стану та методів розрахунку перерізів панелей з поперечно-клеєної деревини, які використовуються при проектуванні багатопверхових будівель. Також розглянуто особливості проектування та розрахунку з'єднань на вклеєних стержнях з урахуванням багаторічної практики їх використання у різних країнах в елементах конструкцій з цільної та клеєної деревини.

За проведеним аналізом робіт присвячених вивченню напружено-деформованого стану та методам розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини та їх вузлів, виявлено задачі, які потребують подальшого дослідження та вирішення, а саме: розробка та удосконалення методики розрахунку поперечних перерізів панелей з поперечно-клеєної деревини комбінованих класів міцності за різних схем з урахуванням національних особливостей проектування дерев'яних конструкцій і їх з'єднань; дослідження технологічних особливостей виробництва панелей з поперечно-клеєної деревини комбінованих класів міцності та структурних варіацій геометричних параметрів складових поперечного перерізу і їх вплив на характеристики міцності та пружності; встановлення розмірів зразків панелей з поперечно-клеєної деревини для проведення випробувань для визначення міцності на розтяг поперек волокон, з урахуванням об'ємного характеру роботи деревини; експериментально дослідити одиночні вклеєні стержні у панелях з поперечно-клеєної деревини при осьовому висмикуванні при різних локаціях розташування стержнів у поперечному перерізі панелі та розробити методику їх розрахунку з урахуванням структурної неоднорідності

панелей; на підставі аналізу експериментальних даних та чисельних досліджень розробити рекомендації щодо конструювання з'єднань панелей з поперечно-клеєної деревини на вклеєних стержнях з урахуванням групового ефекту розташування стержнів.

У **другому розділі** розглядаються технологічні особливості виробництва панелей з поперечно-клеєної деревини в тому числі і комбінованої поперечно-клеєної деревини, які суттєво впливають на їх показники міцності та жорсткості. Панель з поперечно-клеєної деревини, як і фанера, має непарну кількість шарів дошок. З'єднання окремих дошок в єдиний масив виконується шляхом склеювання по пласті та/або по граням дошок. По довжині дошки зрощуються на зубчастий стик який має розташовуватись в масиві панелі з розбіжкою з заданим мінімальним кроком.

Запропоновано схему компоновки перерізу панелі з комбінованої поперечно-клеєної деревини зі зміною класів міцності дошок окремих шарів. Особливо привабливою ця схема є для панелей, що працюють на згин та стиск зі згином. Вперше запропоновано величини міцності та жорсткості для панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини. Наявність дошок високих класів міцності у зовнішніх шарах панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини є ефективним конструктивним рішенням і для механічних з'єднань, оскільки підвищується не тільки несуча здатність з'єднання, але і його деформативність. Встановлено, що характер неоднорідності та параметрів міцності панелі залежать від товщини дошок зовнішніх шарів та загальної кількості шарів комбінованої поперечно-клеєної деревини.

У **третьому розділі** викладені питання анізотропії пружних та механічних характеристик деревини і панелей з поперечно-клеєної деревини в тому числі комбінованої поперечно-клеєної деревини. При розгляді малих деформацій слід вважати, що деревина - суцільне тіло, яке підпорядковується

узагальненому закону Гука в залежності від обраної моделі. Прийнятним для деревини запропоновано визнати дві моделі: ортотропного (ортогонально-анізотропного) тіла, що має 3 взаємно перпендикулярні площини пружної симетрії, з дев'ятьма невідомими характеристиками, а також трансверсально-ізотропного тіла (транстропна модель) з віссю симетрії обертання, з п'ятьма невідомими характеристиками. Інакше кажучи, у кожній точці є один головний напрямок і безліч головних напрямків в площині, нормальної до першої. При цьому величина пружного потенціалу є константою незалежно від орієнтації осей.

Зауважено, що при визначенні деформації панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини, при згині, слід використовувати теорію балок Тимошенко, яка враховує деформацію зсуву та низький модуль зсуву, через той факт, що співвідношення модуля зсуву до модуля пружності  $G/E$ , становить  $1/16$  для деревини хвойних порід, а частка зсувної деформації становить приблизно 25% від загальної деформації, що потребує обов'язкового її врахування.

Для панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини при визначенні енергії деформації балки при згині пропонується вводити додаткову складову (аналогічно до робіт Слівкера В.І.), де дотичні напруження визначаються для різних значень класів міцності відповідних шарів із заданими характеристиками.

Розглянуте питання крихкого руйнування деревини при розтягу поперек волокон з використанням теорії Вейбула В. для пояснення впливу об'єму тіла на його крихку міцність, згідно до якої крихке руйнування залежить від локального напруження у точці, з найбільшим дефектом структури.

Теоретично доведена важливість врахування розміру зразків для визначення значень міцності поперечно-клеєної деревини та комбінованої поперечно-клеєної деревини на розтяг поперек волокон. Вплив об'ємного

фактору на мінімальну міцність не значний, але показники середніх меж міцності суттєво відрізняються.

Експериментально встановлено та теоретично підтверджено закон розподілу напружень на розтяг поперек волокон для панелей з поперечно-клеєної деревини комбінованих класів міцності.

**В четвертому розділі** запропоновано модифікований метод розрахунку перерізів панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини за різних комбінацій напружень. Розрахунок панелей з поперечно-клеєної деревини при згині значно відрізняється від розрахунку балок з клеєної деревини не тільки через взаємо ортогональну структуру дошок кожного шару, але й через граничні умови за яких працюють ці панелі.

В дисертації розглянуто три методики розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини при згині, кожна з яких базується на певній схемі апроксимації: гамма-метод, метод Тимошенко та метод зсувної аналогії.

Гамм-метод розрахунку міцності панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини є адаптованим варіантом гамма методу.

Методика Тимошенко передбачає визначення деформації стержня по зсувній моделі, згідно до якої поперечний переріз після деформації лишається плоским та перпендикулярним до осі стержня, але змінює форму. Для того, щоб проаналізувати жорсткість зсуву в теорії стержнів Тимошенко, використовується коефіцієнт корекції зсуву. У контексті рівнянь визначення згинального моменту та поперечної сили слід врахувати два показника жорсткості панелі з поперечно-клеєної деревини, жорсткість при згині та жорсткість при зсуві. Жорсткість зсуву є величиною неточною і потребує корегування за допомогою коефіцієнта регулювання зсуву при розрахунках панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини.

Методика зсувної аналогії для панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини розглядає напруження, які виникають у повздовжніх шарах дошок.

Методику зсувної аналогії дає точні результати порівняно з симетричним поперечним перерізом, і на відміну від  $\gamma$ -методу, він враховує довільні розрахункові схеми.

Запропоновано модифіковану методику розрахунку панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини при згині, стиску зі згином, зсуві, розтягу і стиску вздовж та поперек волокон деревини.

**П'ятий розділ** присвячено роботі вузлових з'єднань панелей з поперечно-клеєної деревини на вклеєних стержнях. Наведено результати експериментальних випробувань на висмикування вклеєних стрижнів, встановлених в торцевій поверхні панелей з поперечно-клеєної деревини в різних варіантах розміщення.

Наведено розроблений вузол на вклеєних стрижнях, який дозволить швидко виконувати збірку панельних будинків з поперечно-клеєної деревини та комбінованої поперечно-клеєної деревини.

Представлено результати чисельних досліджень, методом скінчених елементів у програмному комплексі ANSYS, напружень і деформацій експериментально досліджених зразків вклеєних стержнів в поперечно-клеєну деревину. Встановлено, що різниця між результатами, отриманими при випробуваннях зразків вклеєних стержнів в панелі з поперечно-клеєної деревини, і результатами отриманими в програмному комплексі ANSYS, не перевищує 13%.

Наведено розроблену методику розрахунку міцності з'єднань на вклеєних стержнях на висмикування при осьовому навантаженні у поперечному перерізі панелі з поперечно-клеєної деревини. Отримано коефіцієнти, які враховують місце розташування вклеєного стержня у поперечному перерізі панелі з поперечно-клеєної деревини. Розроблено

правила розміщення вклеєних стержнів вздовж волокон та/або поперек волокон у дошках в поперечному перерізі панелі з поперечно-клеєної деревини.

Встановлено, що: мінімальна товщина панелі з поперечно-клеєної деревини для вклеєних стержнів встановлених у бічну грань повинна становити  $6d$ , а мінімальна товщина дошки та мінімальна глибина встановлення вклеєного стержня  $10d$ .

**Шостий розділ** присвячено розробці методики розрахунку міцності панелей з поперечно-клеєної деревини при розтягу поперек волокон. Характеристичне значення міцності з цільної і клеєної деревини при розтягу поперек волокон має найменше значення за різних комбінацій напружень.

В розділі наведено результати експериментальних випробувань зразків на розтяг поперек волокон. Встановлено, що руйнування зразків спостерігалось переважно по деревині та в місцях, близьких до лінії склеювання зразка і проміжної деревини (блок з клеєної деревини) або сталеві пластини із зразком.

Величини міцності, отримані при випробуваннях зразків панелей з поперечно-клеєної деревини, показали менші значення, ніж традиційні малі зразки, що характерно для великих зразків. Лінія руйнування, як правило, проходила по дошках одного шару, або охоплювала дошки двох суміжних шарів.

На основі проведених експериментальних досліджень панелей з поперечно-клеєної деревини при розтягу поперек волокон встановлено характеристичне значення міцності згідно до вимог стандарту EN14358.

**Сьомий розділ** присвячений перевірці запропонованих методик розрахунку міцності та деформативності панелей з поперечно-клеєної деревини перекриття і стінових панелей з отворами різних розмірів. Наведені



результати натурних статичних випробувань панелей з поперечно-клеєної деревини при різних видах напружених станів і різних схемах навантаження.

Порівняльний аналіз результатів статичних лабораторних випробувань панелей з поперечно-клеєної деревини при згині по пласті та грані з результатами чисельних аналітичних обчислень дозволив встановити різницю у деформаціях, де результати випробувань на 22% менше за результати теоретичних обчислень через різницю величин модуля пружності. При випробуваннях спостерігалось значне статистичне розсіювання величини руйнуючого навантаження.

**У загальних висновках** сформульовано основні результати, отримані при вирішенні наукових задач даної дисертаційної роботи.

**Список використаних джерел** включає 432 позицій, в тому числі 377 робіт іноземних авторів.

**В додатках** наведено: підтвердження про використання ліцензійного розрахункового комплексу ANSYS, рекомендації по використанню панелей з поперечно-клеєної деревини для внесення доповнень в ДБН В.2.6-161; рекомендації методів дослідження панелей з поперечно-клеєної деревини при розтягу поперек волокон; ізополя розподілу нормальних і дотичних напружень у зразках для різних схем розташування; акти впровадження; список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів.

#### **Зауваження по роботі:**

1. В дисертації застосовується поняття поперечно-клеєна деревина комбінованих класів міцності, що потребує додаткових пояснень. Більш правильним було б застосовувати поняття комбінована поперечно-клеєна деревина, яка фактично є новим будівельним матеріалом. Відповідно до цього матеріалу було б доцільно скоригувати і назву дисертації.

2. Наведені в п. 3.1 дослідження міцності деревини і бруса з клеєного шпону під кутами до волокон не мають відношення до роботи. Як і не зрозуміло де в подальшому використовуються формули одержані в п.3.2?
3. Потребує додаткового пояснення розписана в п.3.4 теорія крихкого руйнування Вейбула стосовно теми дисертаційного дослідження.
4. В формулі (4.9) при визначенні напружень від згину введено співвідношення модулів пружності, що є зайвим через факт врахування таким чином різних класів міцності деревини при визначенні геометричних характеристик поперечного перерізу.
5. Деякі абзаци 4-го і 6-го розділів фактично містять прямий переклад іноземних джерел і потребують суттєвого редагування.
6. З тексту 4 розділу не зрозуміло який з коефіцієнтів варіації слід приймати для якого випадку при визначенні характеристичних значень міцності панелей з поперечно-клеєної деревини.
7. Розділ 4 бажано було б доповнити конкретними формулами, щодо визначення міцності панелей з поперечно-клеєної деревини при розтязі поперек волокон.
8. В різних параграфах четвертого розділу застосовуються різні позначення для товщин окремих шарів, що потребує редагування.
9. Четвертий розділ бажано було б доповнити чисельними дослідженнями різних методів розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини (гамма-метод, метод зсувної аналогії та метод Тимошенко) з чітким аналізом діапазону застосування конкретного методу.
10. Всі існуючі методи розрахунку засновані на балочних теоріях, однак при певних розмірах та спираннях панелей з поперечно-клеєної деревини, варто розглядати теорії розрахунку пластин.
11. Випробування вклеєних стержнів стосувались стержнів класу міцності 5.8. З тексту дисертації не розуміло, чим обумовлено вибір саме такого класу міцності і чи можна в якості вклеєних стержнів застосовувати гладку сталь чи арматурний прокат.

12. Експериментально досліджувались клеєні стержні середніх діаметрів (10-14 мм). Таким чином, наведені висновки потребують уточнення в діапазоні застосування діаметрів клеєних стержнів.

13. Експериментальні дослідження клеєних стержнів стосувались одиночних стержнів, при практичному застосуванні скоріше за все будуть застосовуватись з'єднання з більшою кількістю клеєних стержнів, що може суттєво впливати на роботу з'єднання.

14. Розроблена методика розрахунку міцності клеєних стержнів на висмикування при осьовому навантаженні у поперечному перерізі панелі з поперечно-клеєної деревини потребує уточнення при застосування групи стержнів, з позиції інших діаметрів та класів міцності стержнів та класів міцності цільної деревини кожного шару.

15. Наведені мінімальні відстані між клеєними стержнями для розстановки в з'єднанні потребують додаткового обґрунтування і досліджень.

16. Не зрозуміло яким чином приведені в кінці п. 6.4 дослідження брусу с клеєного шпону на міцність розтягу поперек волокон стосується тематиці досліджень. Да і відсутні конкретні результати цих досліджень.

17. В кінці 6 розділу наведене характеристичне значення міцності поперечно-клеєної деревини на розтяг поперек волокон, яке становить  $0,6 \text{ Н/мм}^2$ , при тому, що в табл. 6.5 наведені характеристичні значення міцності одержані за результатами запропонованих випробувань, які дещо відрізняються.

18. Проведені експериментальні дослідження стосувались поперечно-клеєної однорідної деревини, а запропонована методика стосується комбінованої поперечно-клеєної деревини.

19. З тексту сьомого розділу, в частині опису експериментальних даних відсутня інформація щодо вологості зразків та вологісного і температурного режиму при якому проводились дослідження, що є дуже важливим фактором.

20. З тексту сьомого розділу не зрозуміло, чи відбувалась витримка зразків під навантаженням і на який час, через необхідність врахування реологічних властивостей деревини і притаманну деревині релаксацію напружень.
21. Цікавим би було одержання реальних напружень в різних шарах і розрахункових перерізах панелей з поперечно-клеєної деревини шляхом тензометрії.
22. В додатку Б містяться рекомендації по використанню панелей з поперечно-клеєної деревини для включення в ДБН В.2.6-161 а в додатку В містяться рекомендації методів дослідження панелей з поперечно-клеєної деревини при розтягу поперек волокон до EN16351. Всі ці рекомендації мають узагальнений характер і можуть бути використані і в інших нормативних документах різних країн світу. Да і акцент на конкретний нормативний документ для наукової роботи є зайвим.
23. В додатку Г є зауваження, щодо назви, застосування поняття схеми до напружень виглядає трошки дивно, бажано замінити на ізополя, і в кінці прибрати номери схем розміщення вклеєних стержнів, а от сам зміст додатку бажано було б доповнити схемами розміщення вклеєних стержнів результати чисельних досліджень яких наводяться.
24. Також є ряд зауважень редакційного та методологічного характеру, про що було вказано автору при особистій зустрічі.

Висловлені зауваження відносяться до окремих фрагментів досліджень і не є принциповими, тому не знижують як теоретичного, так і практичного значення роботи і в цілому позитивної оцінки дисертаційної роботи Бідакова А.М.

**Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації.** В роботі виконано значний обсяг експериментальних досліджень зразків з поперечно-клеєної деревини та їх з'єднань за допомогою вклеєних стержнів. В експериментальних дослідженнях використані традиційні методи дослідження напружено-деформованого стану з використанням індикаторів,

прогиномірів, тензодатчиків в атестованій науково-дослідній лабораторії. Для чисельних досліджень застосовано метод скінчених елементів, реалізований в програмному комплексі «ANSYS». Порівняння теоретичних результатів розрахунків, виконаних за методиками автора дисертації та чисельних досліджень методом скінчених елементів, з експериментальними даними свідчить про їх гарну збіжність.

Основні наукові положення і висновки дисертації апробовані і пройшли обговорення на восьми міжнародних наукових конференціях.

### **Наукову новизну в роботі становлять:**

- розроблено нову методологію розрахунку панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини з урахуванням зміни геометричних та механічних параметрів складових поперечного перерізу;
- отримано функцію зміни міцності і жорсткості поперечного перерізу панелі з поперечно-клеєної деревини від зміни класу міцності її складових (окремих дошок) та параметрів їх поперечного перерізу;
- встановлено вплив розміщення вклеєного стержня у поперечному перерізі панелі з поперечно-клеєної деревини на величину міцності з'єднання при випробуваннях на висмикування;
- розроблена методика розрахунку міцності вклеєних стержнів у панелях з поперечно-клеєної деревини, у тому числі комбінованих класів міцності;
- розроблені практичні рекомендації щодо правил конструювання вузлів, включаючи мінімальні відстані між стержнями та до граней перерізу на основі випробувань і аналізу характеру руйнування з'єднань на вклеєних стержнях у поперечному перерізі панелі з поперечно-клеєної деревини;
- запропоновано методику випробувань панелей з поперечно-клеєної деревини для визначення міцності при розтягу поперек волокон, яка відсутня у вітчизняних та європейських стандартах (EN16351);
- експериментально отримано характеристичну величину міцності поперечно-клеєної деревини при розтягу поперек волокон на основі

статистичного аналізу отриманих даних на зразках різних розмірів, що враховують вплив масштабного фактору та об'ємний характер роботи деревини;

- удосконалено типологію класів міцності панелей з поперечно-клеєної деревини з урахуванням неоднорідності міцності шарів дошок;
- удосконалено методика розрахунку міцності з'єднань на вклеєних стержнях панелей з поперечно-клеєної деревини при осьовому навантаженні.

### **Практичне та наукове значення роботи.**

Основні наукові результати роботи: розроблено нову методологію розрахунку поперечних перерізів панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини з урахуванням зміни геометричних параметрів складових поперечного перерізу, а також вперше запропоновані вимоги до зразків з поперечно-клеєної деревини та методика випробувань для визначення міцності при розтягу поперек волокон, яка відсутня у стандарті EN16351 та визначено характеристичну величину міцності поперечно-клеєної деревини при розтягу поперек волокон на основі статистичного аналізу отриманих експериментальних даних на зразках різних розмірів з урахуванням впливу масштабного фактору.

На основі випробувань вклеєних стержнів, встановлено вплив розміщення вклеєного стержня у поперечному перерізі панелі з поперечно-клеєної деревини на величину міцності при висмикуванні, що дозволило розробити методика розрахунку міцності вклеєних стержнів у панелях з поперечно-клеєної деревини та практичні рекомендації щодо правил конструювання вузлів на вклеєних стержнях.

Впровадження результатів досліджень здійснено при проектуванні низки об'єктів, а саме: каркаси швидкокомтованих модульно-каркасних будівель для потреб Збройних Сил України у рамках розробок державного підприємства Міністерства оборони України «Центральний проектний інститут», п'ятиповерховий гараж для колекційних машин Car Castle

розташований в передмісті м. Цюриха (Швейцарія) та чотириповерхового кампусу Ve-Camps у м. Оллон (Швейцарія), які були розроблені архітектурним бюро «Дроздов та партнери» у м. Харків. Також результати дисертаційної роботи було впроваджено в програму «Декор» розрахункового комплексу СКАД Софт та при виробництві панелей з поперечно-клеєної деревини вітчизняного виробника ТОВ «Резалт Хауз» у м. Коростень та використовуються в навчальному процесі Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова при викладанні курсу «Дерев'яні конструкції», а також при підготовці здобувачів освітніх рівнів бакалавра та магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». при викладанні спеціальних курсів «Конструкції з дерева та пластмас» та «Сучасні архітектурно-конструктивні рішення будівель і споруд».

Отримані автором наукові та практичні результати досліджень рекомендовано використовувати: науково-дослідними проектними інститутами та спеціалізованими організаціями при розробці проектів будівель різноманітного призначення з застосуванням панелей з поперечно-клеєної деревини в тому числі комбінованих класів міцності; вищими навчальними закладами будівельного напрямку при впровадженні у навчальний процес спецкурсів зі спеціальних будівельних конструкцій та споруд для студентів за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

**Особистий внесок здобувача.** В дисертаційній роботі результати наукових досліджень, аналітичні залежності та чисельні моделі, результати експериментальних досліджень і практичні результати отримані автором самостійно та виносяться до захисту вперше. Здобувачеві належить розроблено методологію розрахунку поперечних перерізів панелей з комбінованої поперечно-клеєної деревини з урахуванням зміни геометричних та механічних параметрів складових поперечного перерізу;

обґрунтовано та запропоновано зразки поперечно-клеєної деревини та методика експериментального визначення міцності при розтягу поперек волокон; експериментально визначено характеристичне значення міцності панелей з поперечно-клеєної деревини при розтягу поперек волокон; розроблено методику розрахунку міцності вклеєних стержнів у з'єднаннях панелей з поперечно-клеєної деревини; розроблено рекомендації щодо правил конструювання вузлів на вклеєних стержнях у панелях з поперечно-клеєної деревини на основі аналізу характеру руйнування при випробуваннях.

**Повнота відображення наукових положень в опублікованих роботах.** Основні положення дисертації в достатньому обсязі викладені у 30 наукових працях, серед них: 17 наукових публікацій у фахових виданнях включених до переліку МОН України, 5 публікацій у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз, 6 публікацій - матеріали науково-практичних конференцій, 2 державні будівельні норми.

В публікаціях у співавторстві здобувачеві належать: розроблена методологія розрахунку поперечних перерізів панелей з поперечно-клеєної деревини комбінованих класів міцності з урахуванням зміни геометричних та механічних параметрів окремих дошок складових поперечного перерізу; обґрунтування та пропозиції щодо параметрів зразків поперечно-клеєної деревини та методика випробувань для визначення міцності при розтягу поперек волокон, яка відсутня у стандарті EN16351 та вітчизняній нормативній базі; визначення характеристичного значення міцності поперечно-клеєної деревини при розтягу поперек волокон; розроблена методика розрахунку міцності вклеєних стержнів у вузлових з'єднаннях панелей з поперечно-клеєної деревини; розроблені практичні рекомендації щодо правил конструювання вузлів на вклеєних стержнях панелей з поперечно-клеєної деревини на основі аналізу характеру руйнування при випробуваннях; розроблений уніфікований вузол на вклеєних стержнях панелей з поперечно-клеєної деревини.



**В авторефераті дисертації** достатньо повно викладені основні положення та результати роботи. Які є ідентичними змісту дисертації.

Текст і графічні матеріали дисертації та автореферату оформлені відповідно вимог, що пред'являються до дисертацій Міністерством освіти і науки України.

**Висновки про відповідність роботи вимогам Міністерства освіти і науки України.**

Дисертаційна робота Бідакова Андрія Миколайовича на тему: «Методологія розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини та їх вузлів» є завершеною науковою працею, в ній отримані достатньо теоретично обґрунтовані і експериментально підтвержені нові наукові результати, вона має теоретичне та практичне значення і відповідає вимогам пунктів 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 656 від 19.08.2015р., № 1159 від 30.12.2015р., № 567 від 27.07.2016.

Автор дисертації Бідаков Андрій Миколайович заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, доцент,  
професор кафедри металевих  
та дерев'яних конструкцій  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури

Д.В. Михайловський

Підпис засвідчую:

Вчений секретар Київського  
національного університету  
будівництва і архітектури,  
кандидат технічних наук, доцент



О.С. Петренко