

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Михайловського Дениса Віталійовича

«Врахування дійсного напружено-деформованого стану у вузлах та елементах
конструкцій з клеєної деревини»

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 дерев'яні конструкції в багатьох країнах Європи та і всього світу давно набули широкого застосування. Це стосується не тільки традиційних малоповерхових будівель каркасного типу житлового та іншого призначення, а і офісних будівель, аудиторських корпусів навчальних закладів заввишки більше дев'яти поверхів, великопрольотних покриттів громадських і спортивних будівель різноманітного призначення.

В останній час все ширшого розповсюдження набувають конструкції з клеєної деревини, яка ефективно акумулює в собі позитивні властивості деревини як конструкційного матеріалу, насамперед, відносно високу міцність і дозволяє в значній мірі нівелювати недоліки цільної деревини.

Важливою і актуальною науково-технічною проблемою є узагальнення, виявлення нових закономірностей напружено-деформованого стану на основі сучасних підходів моделювання конструкцій з клеєної деревини та панелей з поперечно-клеєної деревини та удосконалення методики їх розрахунку з врахуванням дійсного напруженого стану матеріалу.

Також важливою і актуальною науково-технічною проблемою є розробка методології розрахунку багатоповерхових будинків із панелей з поперечно-клеєної деревини.

Структура і зміст роботи. Дисертація складається із анотації, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел і чотирьох додатків. Загальний обсяг дисертації становить 412 сторінок, у тому числі 328 сторінок основного тексту, 205 рисунків, 43 таблиці, 21 сторінка списку використаних джерел з 205 найменувань та 36 сторінок додатків.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 52 роботи. Основні результати досліджень викладені: в 16-ти статтях у друкованих виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, у 10-ти наукових виданнях інших держав та фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, 13-ти публікаціях в інших виданнях. За темою дисертації отримано 11 патентів на корисну модель. Частково результати дослідження включені в два нормативні документи України.

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 теорій міцності різних матеріалів. Ці дослідження велись для матеріалів, що використовувались в різних галузях науки і техніки, включаючи і будівництво. Історичний шлях розвитку теорій міцності досить детально описано в роботах А. Надаї, С.П. Тимошенка та інших. Найбільш ґрунтовний аналіз класичних теорій міцності виконано М.М. Філоненко-Бородич.

Розглянуто умови міцності анізотропних матеріалів. Особливу увагу приділено роботам О.К. Ашкеназі, А.А. Позднякова, Г.О. Генієва, А.Н. Флаксермана, Б.А. Освенского, Е.І. Світозарової, Р.Б. Орловича, Г.Г. Езєпова, А.Я. Найчука, В.В. Фурсова, В.З. Кліменка в яких містяться умови міцності деревини як анізотропного матеріалу.

У другому розділі за допомогою енергетичної теорії міцності, з передумови, що деревина задовольняє загальній умові існування пружного потенціалу, одержані розрахункові умови міцності деревини при складному напруженому стані для різних комбінацій тензору напружень:

- при дії нормальних напружень від згину (σ_m), сколюючих (τ) та напружень розтягу поперек волокон ($\sigma_{t.90}$),

- при дії нормальних напружень від згину (σ_m), сколюючих (τ) та напружень стиску поперек волокон ($\sigma_{c.90}$),

- при дії нормальних напружень від стиску (σ_c), сколюючих (τ) та напружень розтягу поперек волокон ($\sigma_{t.90}$),

- при дії нормальних напружень від стиску (σ_c), сколюючих (τ) та напружень стиску поперек волокон ($\sigma_{c.90}$),

- при дії нормальних напружень від розтягу (σ_t), сколюючих (τ) та напружень розтягу поперек волокон ($\sigma_{t.90}$),

- при дії нормальних напружень від розтягу (σ_t), сколюючих (τ) та напружень стиску поперек волокон ($\sigma_{c.90}$).

Визначено за допомогою чисельних досліджень з порівнянням з експериментальними даними параметри $A_{m,t}$, $C_{m,t}$, $B_{m,t}$, $A_{m,c}$, $C_{m,c}$, $B_{m,c}$, $A_{c,t}$, $C_{c,t}$, $B_{c,t}$, $A_{c,c}$, $C_{c,c}$, $B_{c,c}$, $A_{t,t}$, $C_{t,t}$, $B_{t,t}$, $A_{t,c}$, $C_{t,c}$, $B_{t,c}$ умов міцності, з врахуванням анізотропії фізико-механічних властивостей та початкового рівня нормальних напружень вздовж волокон, для застосування в практичних розрахунках елементів і вузлів конструкцій з цільної та клеєної деревини.

У третьому розділі досліджено криволінійні, односкілі та двоскілі балки з цільної та клеєної деревини, що працюють на згин з позиції особливості їх напружено-деформованого стану.

Підтверджена наявність в гребневому перерізі гнотоклеєних балок окрім нормальних напружень вздовж волокон значних за величиною, в порівнянні з розрахунковим значенням міцності, напружень впоперек волокон (радіальних). Проведені чисельні дослідження напружено-деформованого стану гнотоклеєних балок з застосуванням розрахункових умов міцності. Визначені небезпечні місця з позиції складного напруженого стану і надано практичні рекомендації щодо їх інженерного розрахунку.

Чисельно досліджено напружено-деформований стан двоскілих та односкілих балок. Підтверджена наявність в гребневому перерізі двоскілих та в зоні скату для односкілих балок окрім нормальних напружень вздовж волокон, значних за величиною, в порівнянні з розрахунковим значенням міцності, напружень впоперек волокон та дотичних (сколюючих)

Доведено суттєву розбіжність як характеру розподілу дотичних напружень так і конкретних їх величини. Встановлено, що дотичні напруження збільшуються від центру до крайніх волокон перерізу балки і набувають максимальних значень на похилих гранях.

Для аналітичного визначення дотичних напружень в елементах змінної висоти поперечного перерізу найбільш прийнятною і рекомендованою для подальшого практичного використання визнано формулу одержану Біликом С.І.

Також в третьому розділі розглянуто та чисельно досліджено напружений стан опорних вузлів всіх типів балок. Доведено, що величина окремих напружень в приопорних зонах напряму залежить від конструкції вузла та зовнішнього навантаження. Встановлено небезпечні місця в приопорних зонах балок з позиції складного напруженого стану.

В четвертому розділі чисельно досліджено напружено-деформований стан великопрольотних конструкцій з клеєної деревини (рам та арок) за допомогою методу скінчених елементів.

За результатами проведених чисельних досліджень гнотоклеєних рам в зоні карнизних вузлів спостерігається наявність напружень нормальних вздовж волокон σ_m , сколюючих τ , та напружень поперек волокон σ_{90} , що свідчить про необхідність перевірки міцності за розрахунковими умовами міцності при складному напруженому стані. Визначено конкретні небезпечні зони в яких слід виконувати таку перевірку.

За результатами проведених чисельних досліджень двошарнірних арок встановлено, що небезпечна з позиції складного напруженого стану концентрація

нормальних напружень вздовж волокон σ_x , сколюючих τ_{xy} , та напружень впоперек волокон σ_y спостерігається в приопорних зонах.

Проведено дослідження роботи конструкцій з комбінованої клеєної деревини. Запропоновано методику розрахунку таких елементів шляхом визначення приведених геометричних характеристик перерізу та приведених модулів пружності в залежності від товщини окремих шарів та їх класу міцності.

Одержані нові аналітичні залежності підтверджено чисельними дослідженнями за допомогою методу скінчених елементів великопрольотних балок з комбінованої клеєної деревини з восьми шарів – дошок (ламельей). Таким чином, підтверджена можливість застосування запропонованої методики для розрахунку елементів з комбінованої клеєної деревини, в тому числі і моделювання методом скінчених елементів стержньових систем.

В п'ятому розділі проведено чисельні дослідження великопрольотних конструкцій (рам і арок) з клеєної деревини з врахуванням конструкції фундаментів та ґрунтової основи як системи «основа–фундамент–споруда».

В результаті проведених чисельних досліджень рам з ґрунтовою основою встановлено, що при відносній різниці осідань $(\Delta S / L)=0,0005$ стовбчастих фундаментів будівель з несучим каркасом з гнукотклеєних рам, значної зміни напружено-деформованого стану в рамах від нерівномірних осідань фундаментів не відбувається.

За результатами проведених чисельних досліджень арок визначено граничну абсолютну різницю осідань опор, при якій вичерпується несуча здатність клеєної деревини. Для уніфікації з рамними конструкціями рекомендовано обмежувати відносну різницю осідань $(\Delta S / L)=0,0005$. Допустима різниця осідань опор досліджуваних рам та арок орієнтовно знаходиться в межах 15–18 мм.

Встановлено додаткові вимоги до мінімального об'єму інженерно-геологічних вишукувань, що для великопрольотних конструкцій мають відрізнятись від наведених в ДБН А.2.11-2008 «Інженерні вишукування для будівництва». Для будівель такого типу, раціональним є виконання інженерно-геологічних вишукувань лише під зовнішніми рядами фундаментів з кроком не більше ніж два кроки несучих конструкцій.

В шостому розділі наведено загальні відомості про поперечно-клеєну деревину та проведено аналіз існуючих методик їх розрахунку. Значний внесок в методику проектування та розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини внесли відомі Європейські вчені: Blass H.J., Hofstetter K., Schickhofer G., Feltrin G., Reinhard B.

Для оцінки існуючих методик розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини та можливості застосування до їх розрахунку методу скінчених елементів реалізованому в ПК ЛПА – САПР проведено аналіз експериментальних даних. Чисельні дослідження експериментальної панелі проведено методом скінчених елементів в ПК ЛПА - САПР з застосуванням об'ємних СЕ №36 з наданням їм фізико-механічних властивостей для деревини хвойних порід класу міцності С14, що повністю відповідає експериментальній панелі з поперечно-клеєної деревини, також експериментальна плита була порахована за відомими методиками розрахунку: γ - методом та теорією Крейзінгера при максимальному навантаженні 8 кН/м^2 . Встановлено, що теорія Крейзінгера дає найбільш наближені результати як до експериментальних даних, так і до результатів чисельного дослідження в ПК ЛПА - САПР.

Приведено аналіз чисельних досліджень 3-х, 5-ти та 7-ми шарових панелей з поперечно-клеєної деревини, прольотами 3, 6 і 9 м, з рівномірно розподіленим по площі навантаженням $1,5 \text{ кН/м}^2$ та $5,0 \text{ кН/м}^2$, методом скінчених елементів в ПК ЛПА - САПР та аналітичною теорією Крейзінгера.

Як бачимо зі зменшення кількості шарів різниця в одержаних результатах за теорією Крейзінгера та МСЕ при моделюванні об'ємними СЕ сильно зменшується. Відносно ж висока різниця в одержаних значеннях нормальних напружень пояснюється особливістю розрахунку за допомогою об'ємних скінчених елементів.

Підтверджена можливість розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини методом скінчених елементів з моделюванням об'ємними скінченими елементами, з врахуванням ортотропії фізико-механічних властивостей деревини.

В сьомому розділі дисертаційної роботи присвячений розробці методології розрахунку висотних панельних будинків з поперечно-клеєної деревини як системи «основа–фундамент–споруда» за допомогою методу скінчених елементів в ПК ЛПА–САПР.

Для удосконалення аналітичної методики запропоновано визначати приведені геометричні характеристики поперечного перерізу панелей: приведені площі поперечного перерізу поперек осей x та y , приведені моменти опору поперечного перерізу перпендикулярному осям x та y , приведені моменти інерції поперечного перерізу перпендикулярно осям x та y .

Для розрахунку панелі як цільного елемента та для застосування методу скінчених елементів при розрахунку як одиночних панелей так і панельних будинків з поперечно-клеєної деревини в цілому введено поняття приведених модулів пружності.

Запропоновано формули для визначення приведених модулів пружності панелей з поперечно-клеєної деревини вздовж осі x та y .

Для обґрунтування можливості розрахунку методом скінчених елементів в ПК ЛІРА - САПР панелей із поперечно-клеєної деревини плоскими скінченими елементами, було проведено чисельні дослідження 3-х, 5-ти та 7-ми шарових панелей, прольотами 3, 6 і 9 м, з рівномірно розподіленим по площі навантаженням.

Застосування плоских СЕ №41 з використанням приведених фізико-механічних характеристик за запропонованою методикою дає високу збіжність результатів як по деформаціям так і по напруженням з теорією Крейзінгера (до 5%), і дещо завищені значення за розрахунок об'ємними скінченими елементами. Таким чином підтверджено можливість застосування плоских скінчених елементів при моделюванні конструкцій будівель та споруд, що значно спростить інженерні розрахунки будинків з поперечно-клеєної деревини.

Розроблено алгоритм та наведено приклад розрахунку висотного панельного будинку з поперечно-клеєної деревини як системи «основа-фундамент-споруда» методом скінчених елементів в ПК ЛІРА - САПР змодельованого плоскими скінченими елементами з наданням їм приведених ортотропних характеристик за запропонованою методикою та коригуванням коефіцієнтів Пуассона таким чином, щоб зберігалась умова існування в деревині пружного потенціалу.

Доведено необхідність розрахунку багатоповерхових будинків з панелей із поперечно-клеєної деревини з використанням плоских СЕ №41 з використанням приведених модулів пружності за запропонованою методикою як системи «основа-фундамент-споруда» через можливість врахування деформованої схеми будинку в цілому.

Розроблений удосконалений підхід послідовності створення розрахункових схем з застосуванням плоских СЕ №41 з наданням їм приведених модулів пружності для розрахунку складних систем з поперечно-клеєної деревини є цілком прийнятним і удосконалює методику створення більш точних розрахункових моделей «основа-фундамент-споруда», а також дає змогу більш детально аналізувати результати розрахунку та виконувати підбір перерізів панелей з поперечно-клеєної деревини за рахунок встановлення закономірностей НДС. Такий підхід дозволяє створювати уточнені розрахункові моделі багатоповерхових будинків з поперечно-клеєної деревини як система «основа-фундамент-споруда».

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

Список використаних джерел включає 215 позицій, в тому числі 38 робіт іноземних авторів.

В додатках наведено довідки впровадження результатів дослідження, рекомендації щодо проектування елементів та вузлів конструкцій з цільної та клеєної деревини з врахуванням складного напруженого стану, рекомендації щодо

проектування конструкцій з клеєної деревини, як системи ґрунтова основа-фундамент-споруда, рекомендації щодо розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини.

Зауваження по роботі:

1. В дисертації значна увага приділена розрахунку системи «основа-фундамент-споруда», що потребує додаткового пояснення, через те, що основи і фундаменти відносяться до іншої наукової спеціальності 05.23.02 – Основи і фундаменти.
2. В науковій новизні та загальних висновках мають міститись посилання на 11 патентів України на корисну модель, одержані автором дисертації.
3. Дисертацію бажано було б доповнити інформацією, чим запропоновані методики та методологія автора відрізняються від наявних в чинних нормах проектування: ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції. Основні положення» та ДСТУ-Н Б В.2.6-184:2012 «Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування».
4. Пояснення потребує пошук небезпечних місць з позиції складного напруженого стану в елементах та вузлах конструкцій з клеєної деревини.
5. Додаткового пояснення в розділі 5 потребує питання врахування зусилля розпору при розрахунку рам та арок, як системи «основа-фундамент-споруда».
6. Яким чином в п'ятому розділі визначені вимоги щодо інженерно-геологічних вишукувань при зведенні великопрольотних рам та арок?
7. Загальні висновки до роботи бажано було б доповнити економічним ефектом від цієї роботи: зменшенням матеріаломісткості, енерго- і ресурсозбереження та в цілому народногосподарського значення.
8. З загальних висновків не зрозуміло, яке практичне значення роботи і чи можуть бути впроваджені результати роботи в чинні норми проектування дерев'яних конструкцій, чи при проектуванні реконструкції чи нового будівництва.
9. 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 Михайловського Д.В.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертації підтверджується строгістю використання основних положень будівельної механіки; коректністю формулювання механічних моделей досліджуваного класу конструкцій; застосуванням на окремих етапах розроблених алгоритмів відомих і добре апробованих чисельних методів аналізу

стержневих систем; апробацією підходу на тестових задачах з подальшим математичним обґрунтуванням розроблених методів та запропонованих аналітичних методик; порівняльним аналізом та узгодженням отриманих результатів досліджень із опублікованими результатами; практикою застосування окремих досліджень.

Наукову новизну в роботі становлять: виявлені закономірності та одержані аналітичні розрахункові умови міцності деревини при складному напруженому стані для всіх можливих комбінацій напружень з урахуванням анізотропії фізико-механічних властивостей; одержані узагальнені аналітичні положення та рекомендації і методика розрахунку елементів конструкцій з комбінованої клеєної деревини; проведений аналіз та виявлені нові закономірності зміни напружено-деформованого стану великопрольотних конструкцій з клеєної деревини з врахуванням відносних деформацій при розрахунку як системи «основа–фундамент–споруда»; встановлені нові закономірності зміни напружено-деформованого стану та розроблено рекомендації щодо врахування нерівномірних осідань фундаментів великопрольотних конструкцій з клеєної деревини при розрахунку як системи «основа–фундамент–споруда» при визначенні напружено-деформованого стану в їх вузлах та елементах; одержані нові аналітичні формули для визначення приведених характеристик поперечного перерізу та приведених модулів пружності панелей з поперечно-клеєної деревини, які дозволяють враховувати різну товщину та клас міцності деревини кожного шару панелі; встановлені нові закономірності напружено-деформованого стану та розроблено методику розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини методом скінчених елементів з урахуванням приведених модулів пружності; одержані нові положення та методика розрахунку багатоповерхових панельних будинків з поперечно-клеєної деревини методом скінчених елементів як системи «основа–фундамент–споруда»; вдосконалені аналітичні підходи та методика розрахунку гнукотклеєних, двосхилих, односхилих та прямолінійних балок постійного поперечного перерізу при складному напруженому стані з рекомендаціями по пошуку і визначенню небезпечного місця для кожного типу згинальних елементів.

Одержано патенти України на корисні моделі: нових конструктивних форм, таких як: трикутні розпірні системи змінного перерізу з клеєної деревини; рама з багатшарового клеєного шпону змінної жорсткості з криволінійними накладками; п'ятикутні металодерев'яні ферми з верхнім поясом змінного перерізу з клеєної деревини; рама з клеєної деревини змінної жорсткості з криволінійними карнизними вставками; стрілчасті арки з прямолінійних елементів змінного перерізу з клеєної деревини; положиста арка з клеєної деревини змінної висоти поперечного перерізу; рама з клеєної деревини змінної

жорсткості з шпренгельною системою; нових типів вузлів конструкцій: вузли стикування елементів верхнього пояса трикутних металодерев'яних ферм; шарнірний вузол положистих арок з клеєної деревини; опорний вузол балок з клеєної деревини; спосіб армування опорного вузла балок з клеєної деревини базальтовою арматурою.

Практичне та наукове значення роботи.

Теоретична цінність роботи полягає у подальшому розвитку математично коректного, ефективного і перспективного підходу до оцінки міцності конструкцій з клеєної деревини та їх вузлів при складному напруженому стані, а також розробці методології що базується на використанні методу скінчених елементів розрахунку висотних будівель з панелей із поперечно-клеєної деревини.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості безпосереднього використання запропонованої методики розрахунку конструкцій з клеєної деревини та їх вузлів при складному напруженому стані, що підвищить їх надійність, а також застосуванні методології розрахунку висотних будівель з панелей із поперечно-клеєної деревини при їх розрахунку і проектуванні.

Результати дисертаційної роботи були використані під час проектування конструкцій поперечних рам прольотом 12 м пансіонату сімейного типу з об'єктами стаціонарної рекреації по вул. 11-та лінія, м. Ірпінь в Київській області. Участь здобувача у розробці підтверджена довідкою про впровадження.

Результати дисертаційної роботи використані при розробці нормативних документів ДБН В.2.6-161:2017 «Дерев'яні конструкції. Основні положення» (затверджено наказом Мінрегіонбуду України від 06.06.2017р. № 140) і ДСТУ-Н Б В.2.6-184:2012 «Конструкції з цільної і клеєної деревини. Настанова з проектування» (затверджено наказом Мінрегіонбуду України від 21.12.2012 р. № 655). Участь здобувача у розробках зазначених нормативних документів зафіксована у офіційних виданнях цих документів.

Окремі результати роботи впроваджено в навчальний процес на кафедрі металевих та дерев'яних конструкцій Київського національного університету будівництва та архітектури у вигляді спеціалізованого курсу лекцій, а також при виконанні дипломних та магістерських робіт студентів спеціальності «Промислове та цивільне будівництво».

Особистий внесок здобувача полягає в наступному:

- виявлено закономірності та одержано аналітичні розрахункові умови міцності деревини при складному напруженому стані для всіх можливих комбінацій напружень з урахуванням анізотропії фізико-механічних властивостей;
- розроблено інженерну методику врахування дійсного напруженого

стану у вузлах і елементах конструкцій з клеєної деревини з врахуванням анізотропії фізико-механічних властивостей;

- запропоновано алгоритм та вдосконалено методику розрахунку вузлів та елементів великопрольотних конструкцій з клеєної деревини з врахуванням складного напружено-деформованого стану з наведенням практичних рекомендацій по визначенню небезпечних зон;

- одержано узагальнені аналітичні положення та розроблено рекомендації і методика розрахунку елементів конструкцій з комбінованої клеєної деревини;

- проведено аналіз та виявлено нові закономірності зміни напружено-деформованого стану великопрольотних конструкцій з клеєної деревини з врахуванням відносних деформацій при розрахунку системи «основа–фундамент–споруда»;

- встановлено нові закономірності зміни напружено-деформованого стану у вузлах та елементах, а також розроблено інженерні рекомендації щодо врахування нерівномірних осідань фундаментів великопрольотних конструкцій з клеєної деревини при розрахунку як системи «основа–фундамент–споруда»;

- удосконалено аналітичну методику розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини, одержано нові аналітичні формули для визначення приведених геометричних характеристик поперечного перерізу та приведених модулів пружності панелей, які дозволяють враховувати різну товщину та клас міцності деревини кожного шару панелі;

- встановлено нові закономірності напружено-деформованого стану та розроблено методику розрахунку панелей з поперечно-клеєної деревини методом скінчених елементів з урахуванням приведених модулів пружності;

- одержано нові положення та розроблено нові практичні підходи, та методику розрахунку багатопверхових панельних будинків з поперечно-клеєної деревини методом скінчених елементів як системи «основа-фундамент-споруда».

Повнота відображення наукових положень в опублікованих роботах.

Основні положення дисертації опубліковано в 52-х роботах, з яких: 16–ть статей у друкованих виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, у 10–ти наукових виданнях інших держав та фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз. За темою дисертації отримано 11 патентів на корисну модель. Також результати дисертаційного дослідження, частково, знайшли відображення включені в двох нормативних документах України.

В публікаціях у співавторстві здобувачеві належать: одержані розрахункові умови міцності деревини при складному напруженому стані та проведені чисельні дослідження, сформульовано основні задачі і особливості розрахунку арочних конструкцій з клеєної деревини, розроблена методологія проведення чисельних

досліджень впливу нерівномірних осідань опор фундаментів на напружено-деформований стан карнизних вузлів гнотоклеєних рам, загальна методологія щодо практичних рекомендацій розрахунку карнизних вузлів гнотоклеєних рам з врахуванням дійсного напруженого стану, запропонована методика визначення раціональної конструктивної схеми арок, методика визначення напружень в приопорних зонах балок, запропоновано принципово новий вид опорних вузлів балок, описані теоретичні методики розрахунку 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.

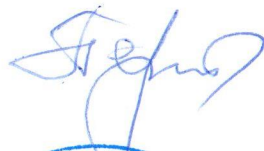
Висновки про відповідність роботи вимогам Міністерства освіти і науки України.

Дисертаційна робота Михайловського Дениса Віталійовича на тему «Врахування дійсного напружено-деформованого стану у вузлах та елементах конструкцій з клеєної деревини» є завершеною науковою працею у вигляді підготовленого рукопису, в якій отримані теоретично обґрунтовані та чисельно підтверджені нові наукові результати, яким характерна наукова новизна, теоретичне та практичне значення, і відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12, 13, 14 "Порядку присудження наукових ступенів", затвердженого Постановою Кабінету міністрів України №567 від 24 липня 2013 року в редакції від 06.09.2016 року.

Автор дисертації Михайловський Денис Віталійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри реконструкції аеропортів
та автошляхів Національного авіаційного
університету МОН України



В.М. Першаков



г. Тернопіль І.М.
св і д ч у ю
Вчений секретар
Національного авіаційного університету
