

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Шехоркіної Світлани Євгеніївни на тему: «Наукові основи і методи розрахунку гібридних деревозалізобетонних багатоповерхових будівель», представлену на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01-будівельні конструкції, будівлі та споруди; 19 – Будівництво та архітектура

Актуальність теми дисертації. Незважаючи на значні успіхи в розвитку будівельних конструкцій і систем, виконаних із різноманітних матеріалів, особливий клас складала, складають і, безсумнівно, будуть складати дерев'яні конструкції. Будучи найбільш «людяними», ці конструкції, як відомо, мають унікальні якості такі як висока теплоізолююча здатність, економічність, екологічна позитивність (кожен кубічний метр будівельної деревини економить 0,8 тон викидів вуглецю), міцність, легкість, довговічність, водостійкість. До сказаного слід додати невисоку трудомісткість обробки та монтажу елементів із деревини, відносну простоту трансформацій в процесі експлуатації, можливість проведення будівельно-монтажних робіт цілий рік. Також неможна не відмітити, що при правильному балансі вирубаних і насаджених дерев найбільш популярні сорти будівельної сосни (наприклад, *pinus radiata*) можуть відновлюватися протягом шести (!) років. Підтвердженням перерахованому є багата кількість зведених в різних країнах цивільних та житлових об'єктів, притому, як простих так і унікальних з точки зору архітектурної виразності та конструктивної оригінальності. Враховуючи область інтересів автора в рамках розгляданої дисертації, не можна також не відмітити ще одну позитивну якість дерев'яних конструкцій – відносну простоту технологічних принципів з'єднання їх з конструкціями із інших матеріалів. Істотне відставання (в силу різних причин та порушення історичних традицій?!) в процесі зведення будівель та споруд із позначених конструкцій, в сукупності з відсутністю за останній час скільки завгодно значних вітчизняних результатів наукових досліджень, зумовлює необхідність виправлення положення, яке склалося. Як наслідок, підсумовуючі наведену вище інформацію, з урахуванням логічної направленості дисертації, яка рецензується, можна зробити висновок про своєчасність і придатність її для

*Віде. N.87 - 05/142*

*23.04.2021*

потреб теорії і практики будівельної науки та застосуванні отриманих результатів у виробництві.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Робота виконувалася відповідно до: Плану дій Європейського Союзу щодо циркулярної економіки від 2 грудня 2015 р., Указу Президента України № 722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», Розпорядження Кабінету Міністрів України від 7 грудня 2016 рр. № 932-р «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року», а також у відповідності до науково-дослідних робіт на замовлення Міністерства освіти і науки України (МОН України) «Високоєфективні конструкції малоповерхових будівель для будівництва доступного соціального житла» (№ держреєстрації (ДР) 0109U001396, 2009-2010рр.), «Створення методології раціонального проектування ресурсозберігаючих архітектурно-конструктивно-технологічних систем для будівництва доступного житла» (№ ДР 0111U000455, 2011-2012 рр.), «Розробка наукових засад створення високотехнологічних соціоєкокомплексів в Україні на основі концепції стійкого розвитку» (№ ДР 0113U00129, 2013-2014 рр.), «Розробка наукових засад трансформації будівель та житлових комплексів сучасних великих міст України на основі інноваційних екотехнологій» (№ ДР 0115U000218, 2015-2016 рр.), «Наукові основи створення будівельно-аграрних кластерів із замкнутим циклом матеріальних та енергетичних потоків» (№ ДР 0117U000367, 2017-2018 рр.), «Розробка наукових основ інноваційної архітектурно-конструктивно-технологічної системи будівництва методом 3D-друку» (№ ДР 0119U00608, 2019-2020 рр.) у яких здобувач брав участь як відповідальний виконавець. В науково-технічній розробці молодих вчених на замовлення МОН України «Науково-практичні засади проектування автономних екобудівель за концепцією «Потрійний Нуль» (№ ДР 0117U006728, 2017-2020 рр.), а також міжнародному науково-освітньому проєкті за фінансування Вишеградського фонду (Visegrad Fund) “InStep Project. International Sustainable Engineering Practices” Horizon 2020 “PRECEPT. A novel decentralized edge-enabled PREsCriptivE and ProacTive framework for increased energy efficiency and well-being in residential buildings” здобувач брав участь як виконавець.



Якщо з авторським формулюванням «об'єкта досліджень» і «предмету досліджень» можна буди згодним, то навряд можна враховувати «науковою новизною»: вибір конструктивної схеми (а не класифікацію сформованої розрахункової моделі) і нові конструктивні рішення основних вузлів (це - інноваційна складова).

**Публікації** відображені в 35 наукових працях, у тому числі 15 статтях у наукових фахових виданнях України, 4 статтях у наукових виданнях інших держав та фахових виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз SCOPUS на Web of Science, 2 колективних монографіях, 10 публікаціях, які додатково відображають наукові результати дисертації (1 державному стандарті України, 8 колективних монографіях, 1 статті у науковому фаховому виданні України) та 4 публікаціях, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Окрім того, основні положення дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на міжнародних і вітчизняних науково-технічних конференціях і семінарах: 6-ій міжнародній науково-практичній конференції «Створення високотехнологічних соціоекокомплексів в Україні на основі концепції збалансованого (стійкого) розвитку», Львів, 2017 р.; Міжнародній науково-практичній конференції “Sustainable housing and human settlement”, Братислава (Словаччина), 2018 р.; XVI міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні технології життєвого циклу об'єктів житлово-цивільного, промислового- і транспортного призначення», Львів, 2018 р.; 14-ій Міжнародній конференції enviBUILD 2019, Братислава (Словаччина), 2019 р.; Всеукраїнській 79-ій науково-практичній конференції студентів та молодих вчених «Проблеми будівництва, водокористування та екології», Дніпро, 2019 р.; VII міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми інженерної механіки», Одеса, 2020 р.; 6-ому міжнародному конгресі «Сталий розвиток: Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», Львів, 2020 р.; 18<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Construction, Civil Engineering and Architecture”, Дніпро, 2020.

Розглянута дисертація представляє собою оформлену науково-дослідну роботу. **Ступінь обґрунтування** наукового базису роботи зумовлена, в основному, кореспондуванням її положень з відповідними атрибутами

одномірної моделі механіки деформованого твердого тіла – **опору матеріалів**, а також із загальними тенденціями розвитку сучасної теорії будівельних конструкцій. Окрім того, відмічається цілком допустимий рівень узгодженості отриманих результатів і відсутність принципових протиріч із фундаментальними основами реології, будівельної екології, теорії дерев'яних конструкцій.

**Достовірність досліджень** підтверджена отриманими в їх рамках результатами власних експериментів і зіставленням їх з теоретичними аналогами, що складені на базі сформованих розрахункових моделей.

**Збіжність результатів порівняння** досить репрезентативно проілюстровано з позицій постульованого в дисертації підходу. Перераховане, на наш погляд, підтверджує **допустиме представлення інформації**, прийняте в роботі.

**Оцінка змісту дисертації.** Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації становить 383 сторінки, в тому числі, 288 сторінок основного тексту, список джерел із 324 найменувань, 4 додатки на 37 сторінках, 127 рисунків і 73 таблиці.

**У вступі** позначена актуальність теми дисертації, сформульована робоча гіпотеза, приведені мета і задачі дослідження, обговорені наукова новизна і прикладна значимість результатів роботи, а також застосовані методи дослідження. Інформація, яка тут має місце, включає відомості про особистий внесок автора, апробацію роботи, її структуру, об'єм та публікації за темою.

**Перший розділ** присвячено огляду сучасних методів дослідження, методів розрахунку, принципів конструювання і, певною мірою надійності багатопверхових будівель, зведених із дерев'яних конструкцій. Вельми важливою (зазвичай погано представлено в трактатах подібного виду) є детально проаналізована в цій роботі проблема оцінки екологічної позитивності різних конструктивів і матеріалів і, перш за все, в порівнянні з їх дерев'яними аналогами. Поруч з достатньо переконливою демонстрацією



можливостей дерев'яного будівництва і, насамперед, зарубіжного (що, нажаль, майже відсутнє в Україні) зачеплено реологічний аспект, що є пріоритетним для таких матеріалів як деревина і бетон, а також конструкцій, зведених з їх застосуванням. Мабуть, для ще більш переконливого показу впливу екологічних факторів на основоположні принципи, які фундують створення комфортної для людини середовища, цікавим було би доповнити наведений матеріал основними положеннями будівельної екології (наприклад, в дусі робіт професора О.Н.Тетіора).

**В другому розділі** представлено авторське бачення проблеми формування позначених конструкцій та будмеханічна класифікація розглянутих гібридних систем. Викликає деякий подив відсутність посилання на відому роботу Х. Енгеля – загальноновизнаного фахівця в області класифікації практично будь-яких несучих систем, у тому числі, і розглянутих в дисертації. Окрім того, до будівель, плани яких показані на рисунку 2.3 виникають наступні питання:

- як забезпечується рамність вузлів бетонної і дерев'яної частин каркасу в будівлі, яка не має діафрагм?
- яким чином сприймається кручення в будівлі із Z-образною діафрагмою? Як відомо, тонкостінні профілі відкритого перерізу не сприймають кручення (див. роботи В.З. Власова, П.Ф. Дроздова, В.В. Ханджи, В.С. Шмуклера та ін.);

Слід було б обґрунтувати раціональність конструкції перекриття (рис. 2.12, 2.13), що працює практично *за балковою схемою*. Також вимагає пояснення процедура організації шпонок в залізобетонній частині перекриття, а також підтвердження розрахунком або експериментом рамності вузлів, які показані на рисунках 2.17 і 2.19. Докладного обґрунтування вимагають принципи опору пропонувані гібридних конструкцій і зокрема:

- дії відкритого вогню;
- прогресуючого обвалення;
- сейсмічного обурення;
- різності осадок опор.

І, в особливості, в порівнянні з виключно дерев'яними каркасами.

**Третій розділ**, в певному сенсі, є продовженням попереднього і містить розрахункові обґрунтування особливостей деформування розглянутих систем (на конкретних прикладах різноповерхових будівель).

Ознайомлення з приведеною інформацією, на наш погляд вимагає пояснень до наступного:

- як можуть існувати системи, які зображені в 1, 2, 3 рядках і яка логіка в 5 рядку таблиці 3.1? (див. раніше зроблені ремарки);
- як в розрахунках врахована анізотропія властивостей деревини і який її тип: монотропія, ортотропія, трансверсальна ізотропія і т.ін.?
- що з себе представляють SE-моделі (особливості моделювання елементів, вузлів та ін.), результати розрахунків по яким наведено на графіках і в таблицях (наприклад, рис. 3.3÷3.6, табл. 3.3÷3.7 і др.)? Чому модель на рисунку 3.15 плоска?
- за рахунок чого рамна система (безвідносно до розглянутих гібридних конструкцій) при  $n \geq 9$  (де 9 – кількість ярусів) може конкурувати (а в більшості випадків і існувати) зі в'язевою системою?
- чим обґрунтовується прийняття діаграм Прандтля для бетону і деревини?

Є деякі неточності в оформленні і, зокрема:

- відсутність скобок в знаменнику формули (3.35);
- яке відношення має формула (3.30) до закону Гука?
- розмірність в формулі (3.37).

**Четвертий розділ** присвячено експериментальним дослідженням. Цей розділ виконано на високому рівні та він відрізняється ретельністю та чистотою проведення експериментів. Особливу зацікавленість викликає адаптована система вимірювання у вигляді лазерної голографічної інтерферометричної установки реєстрації даних, яка реалізується методом Лейта-Упатнієкса, а також система навантаження – у вигляді установки для випробування зразків на розтяг. Проведені випробування дозволили вивчити особливості деформування дерев'яних елементів і вузлів їх з'єднання.

По змістовній частині інформації, яка наведена в цьому розділі є низка питань:



- яким чином обґрунтовується схема випробувань балки, яка показана на рисунку 4.5 і схемі 4.4? Який тоді тут критерій вичерпання несучої здатності, що має враховувати нормальні та дотичні напруження, а також анізотропію міцнісних властивостей деревини? Тут, на наш погляд доречно було би звернутися до узагальненого критерія міцності для анізотропних матеріалів типу критерія І.І. Гольденблата, В.О. Копнова;
- чи виконувалося порівняння результатів інтерферометрії з результатами СЕ-моделювання?
- за рахунок чого має місце неспадаюча гілка на графіку «сила-переміщення» (рис.4.23)?
- який підхід і, як наслідок, критерій оцінки руйнування прийнято для зразків (рис. 4.19, 4.24), на інтерферограмах яких простежується концентрація напружень? К.Є. Інґліса? Р. Гріфітса?
- чи можливий обґрунтований комплексний висновок про пріоритети ефективності нагельних, болтових або зубчато-пластинчатих з'єднань?
- чи мала місце статистична обробка результатів випробувань?

**Розділ п'ять** містить інформацію про запропоновані методи розрахунку окремих гібридних конструкцій та їх з'єднань.

Оцінюючи в цілому позитивно запропоновані алгоритми розрахунку указаних вище елементів, які враховують, при цьому, нелінійний характер опору розгляданих в'язей зсуву, враховується за потрібне для додаткової переконливості і актуалізації, відповідь на деякі питання. А саме:

- що таке «шарнір пластичності» для позначеного з'єднання (стор.231)?
- як може бути відносною величиною деформації, якщо вона сама відносна (стор.243)?
- чим відрізняються системи (5.16) і (5.23) і як оцінювалася збіжність і швидкість збіжності методу Ньютона при стартовій ітерації  $u_1=0$ ;  $u_2=0$ ;  $\varphi_2=0$  (стор.246)?!
- яка розмірність змінних в формулах (5.39) і (5.40)?
- яким чином забезпечується і обґрунтовується «рамність» (жорсткість) вузла, що зображено на рисунку 5.16-б при короткочасному та довготривалому деформуванні?

Сучасність та затребуваність постульованого в дисертації загального підходу особливо підкреслена в матеріалах розділу шість. Побудуванню алгоритмів оцінки взаємовпливу об'єкта, що зводиться, на зовнішнє середовище й навпаки, притому, з прогнозом на весь життєвий цикл об'єкту будівництва, присвячений достатньо обмежений круг досліджень, вміст національних нормативних баз, введених конкретних обмежень і рекомендацій в діючих директивних документах.

У зв'язку з чим, представлені тут результати у вигляді придатному для безпосереднього використання в практиці будівництва, мають необхідний «ваговий» вплив в науковому та прикладному планах. Оговорена інформація гідно доповнює позитивні сторони розглянутої роботи.

Оформлена дисертація відповідає вимогам «Положення про порядок присудження наукових ступенів та присудження вченого звання старшого наукового співробітника». Автореферат також оформлено відповідно з позначеними вимогами і він повністю відповідає та розкриває зміст дисертаційної роботи. Автореферат утримує 41 сторінку, у тому числі 21 рисунок і 2 таблиці.

**За змістом дисертації є запитання і зауваження:**

- слід було б з позицій процедури «класичного» порівняння обґрунтувати ефективність з'єднання залізобетону і дерева і, зокрема, зіставляючи наступне:
    - об'ємна вага:  $\gamma_c=2,5\text{т/м}^3$ ;  $\gamma_w\approx(0,6\div 0,9)\text{т/м}^3$ ;
    - коефіцієнти температурної деформації:  $\alpha_c\in[(7\div 10)\cdot 10^{-6}]$ ;  $\alpha_w\in[(28\div 33)\cdot 10^{-6}]$ ;
    - модулі деформації (навіть без урахування анізотропії властивостей деревини):  $E_c\in[(2\cdot 10^4\div 3,5\cdot 10^4)\text{МПа}]$ ;  $E_w\approx 1,3\cdot 10^4\text{МПа}$ ;
    - характеристики повзучості та міри повзучості:  $\varphi_c\in(1,0\div 4,0)$ ;  $\varphi_w\in(0,0\div 1,1)$  – при цьому, відмічається істотна відмінність цієї характеристики при стиску та вигині для малих і середніх рівнів напруженого стану;
    - теплозвукопроводність;
- Окрім того, слід указати на:



- можливість для дерев'яних конструкцій і неможливість для залізобетонних проводити будівельно-монтажні роботи цілий рік;
- різноманітну трудомісткість зведення;
- необхідність набору міцності бетоном в часі;
- різні витрати на експлуатацію;
- можливе тріщиноутворення;
- складність трансформацій бетонної частини;
- принципово різний рівень екологічної позитивності.

З урахуванням ще й того, що залізобетонна частина конструктиву вимагає застосування будь-якої опалубки (у тому числі й дерев'яної!?!), мимоволі виникає питання про доцільність використання взаємовиключаючих процесів;

- для пропонованих конструкцій вважалося би репрезентативним і переконливим виконання теоретичних досліджень з використанням динамічних моделей, з метою проведення порівняльного аналізу з результатами досліджень інших систем у вигляді спектрів власних частот коливань, демпфуючих властивостей конструкцій та їх вузлів, формуванням динамічного критерію, при цьому, з урахуванням «швидкого» і «повільного» часу;
- враховуючі сучасні тенденції розвитку будівельної механіки конструкцій і факт можливого утворення тріщин в процесі деформування в дерев'яній та залізобетонній (місцевий вигин) частинах конструктиву, вважалося би доцільним оцінити їх особливості деформування з позицій механіки руйнувань, а також врахувати крім фізичної і геометричної нелінійності – конструкційну. На користь сказаного доцільно тут навести дані Дж. Гордона про виключну ефективність деревини, для якої енергія руйнування, що прийнята на одиницю ваги, більша ніж для більшості сортів сталі;
- враховуючі запропоновану в роботі ідеологію, вважалося би доцільним застосувати для розрахунку розгляданого конструктиву модель у вигляді складового стрижня А.Р. Ржаніцина і порівняти результати з результатами, отриманими з використанням скінченно-елементної моделі;
- враховуючі, що має сенс використання тонких залізобетонних плит, мабуть товщиною, яка не перевищує 80 мм (а не як указано на 102 сторінці - 150 мм, що сильно обважнює конструкцію), виникає

питання про забезпечення опору повітряному шуму, що досягається, як відомо, за рахунок забезпечення власної ваги перекриття не менше  $300\text{кг/м}^2$  (нормативне обмеження);

- вельми доречним вважався би аналіз розподілення парціальних часток несучої здатності, пропонованих елементів, які йдуть на сприйняття власної ваги і корисного навантаження, що дозволило би судити з цієї позиції про їх раціональність;
- в дисертації пропоновані каркасні багатоповерхові системи, перекриття яких виконані комбінованими (залізобетонна плита і дерев'яні балки), а колони дерев'яні. Виникає питання про коректність скінченно-елементного моделювання, що пов'язане із забезпеченням відображення сумісного деформування різномодульних елементів, які зазнають різні види НДС (одномірні, двомірні), включаючи облік особливостей поведінки бетону при двовісному напруженому стані (в основному, стиску);
- в рамках обліку реологічних особливостей деформування (оскільки мова йде про багатоповерхові будівлі з класами наслідків СС2 і СС3) слід було б, щонайменше, на якісному рівні, позначити вплив віброповзучості і, в основному, на вузли з'єднання конструктивів;
- враховуючі інноваційну складову конструкторського розділу роботи, вважалось би позитивним позначити особливості деформування і встановити наявність або відсутність поліморфізму при вичерпанні несучої здатності розглянутих систем при віртуальному прогресуючому обваленні;
- нажалі в роботі відсутня інформація про натурні або лабораторні випробування пропонованого біелемента;

Надані зауваження є приводом для дискусії, що притаманна процедурі обговорення дисертацій докторського рівня. Вони (зауваження) можуть бути приводом (у разі прийняття!) розвитку, вдосконаленню і, за необхідністю, коригуванню представленого підходу. Тим не менш, оцінюючи роботу цілком очевидно судження про те, що дисертація Шехоркіної Світлани Євгеніївни є завершеною науковою працею, в рамках якої досягнута мета: розробки наукових основ та методів розрахунку гібридних деревозалізобетонних багатоповерхових будівель з урахуванням діаграм деформування, повзучості



матеріалів та показників екологічного впливу на навколишнє середовище протягом життєвого циклу. Характер наукових і практичних результатів розглянутого дослідження дозволяє зробити висновок про те, що робота «Наукові основи і методи розрахунку гібридних деревозалізобетонних багатоповерхових будівель» **відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання старшого наукового робітника», зі змінами та доповненнями, затвердженого Постановою кабінету Міністрів України від 24.07.2013р. №567, а її автор – Шехоркіна Світлана Євгенівна, заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди; 19 – будівництво та архітектура.**

Офіційний опонент,  
завідувач кафедри будівельних конструкцій  
Харківського національного університету  
міського господарства імені О.М. Бекетова,  
Заслужений діяч науки і техніки України,  
Лауреат Державної премії України  
в галузі науки і техніки,  
Лауреат Державної премії України  
в галузі архітектури,  
доктор технічних наук, професор

Валерій ШМУКЛЕР

Підпис Валерія Шмуклера затверджую:

Перший проректор  
ХНУМГ ім.О.М.Бекетова



Григорій СТАДНИК