

## ВІДГУК

### офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Гасія Григорія Михайловича**

**«Просторові структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції»**,  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
зі спеціальності 05.23.01 — будівельні конструкції, будівлі та споруди.

**1. Актуальність теми дисертації.** Один з напрямків розробки ресурсоекономних конструктивних рішень великопролітних покриттів є поєднання переваг сталобетонних і структурних конструкцій. Створенню і дослідженню саме таких ефективних просторових комбінованих сталезалізобетонних конструкцій покриття, що поєднують несучу і захисну функції присвячена дана дисертаційна робота. Серед різноманіття конструктивних форм структурних плит запропоноване просторове покриття, враховуючи економічну доцільність та естетичне сприйняття, має переваги в порівнянні з відомими системами «Спейс ДЕК», пластинчато-стрижневими та іншими, в тому числі, за рахунок надійних конструктивних елементів підвищеної живучості. Запропоновані винесені вузли верхнього поясу з болтовими з'єднаннями на фасонках можуть, на наш погляд, забезпечити роботу конструкції при прогресуючому руйнуванні за рахунок передачі навантаження від одного елемента сусіднім. До позитивних характеристик слід віднести зменшення товщини залізобетонної плити верхнього поясу, зручність і простоту монтажу, зниження деформативності конструкції. Сталезалізобетонні структурно-вантові конструкції запропоновані у формі плоских, аркових, купольних конструкцій, оболонки з використанням відповідних балкових, аркових елементів структури, елементів висячої системи.

Отже, дисертаційна робота присвячена розв'язанню **актуальної** науково-технічної проблеми — створенню та дослідженню нових видів просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій покриттів з високими техніко-економічними показниками.

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

Дисертація виконувалася в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка як наукова робота молодих учених за темою «Нові універсальні ресурсоекономні конструктивні рішення покриттів великопролітних будівель і споруд та енергоощадна технологія їх зведення» (державний реєстраційний номер 0117U003907). Окрім цього, робота виконувалася у межах наукової програми дослідних тем кафедри конструкцій з металу, дерева та пластмас «Високоєфективні сталезалізобетонні несучі конструкції каркасів багатопверхових будівель» (державний реєстраційний номер 0115U002418) та «Високоєфективні сталезалізобетонні каркаси одноповерхових будівель універсального призначення» (державний реєстраційний номер 0117U003085).

Відповідно до теми дисертації визначені об'єкт і предмет дослідження:

**Об'єкт дослідження** — просторові структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції.

**Предмет дослідження** — напружено-деформований стан та несуча здатність просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій.

**2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність і новизна.**

**Обґрунтованість** наукових положень і висновків забезпечується використанням методів дослідження, заснованих на загальноприйнятих положеннях і фундаментальних закономірностях опору матеріалів та будівельної механіки; практичною збіжністю теоретичних, експериментальних і чисельних даних.

**Достовірність** отриманих результатів підтверджується комплексними експериментальними випробуваннями створених конструкцій із застосуванням апробованих механічних і оптичних методів заміру переміщень та тензометричного методу виміру деформацій, регламентованою національними стандартами методики щодо

експериментального визначення фізико-механічних властивостей використаних матеріалів, чисельними розрахунками із застосуванням апробованого для наукових досліджень програмного забезпечення, верифікацією отриманих даних, а також упровадженням при проектуванні низки реальних об'єктів, про що свідчать акти упровадження, зокрема проекти несучої конструкції покриття літньої сцени для масових культурно-мистецьких заходів та покриття закритої експозиції Національного музею заповідника українського гончарства в смт. Опішне, Полтавської області.

**Наукова новизна** отриманих автором результатів полягає: у створенні нових просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій та їх складових елементів для покриття будівель і споруд різного призначення, встановленні особливостей роботи, напружено-деформованого стану та несучої здатності вказаних конструкцій при дії статичного навантаження, впливі місця прикладення зовнішнього навантаження на їх деформативність та несучу здатність, встановленні техніко-економічної доцільності застосування створених конструкцій у будівництві просторових покриттів будівель і споруд.

**3. Повнота викладу в опублікованих працях результатів дослідження та відповідність автореферату змісту дисертації.**

**Повнота викладу результатів дисертаційної роботи**, її змісту та основних положень підтверджена 66-ма друкованими працями, зокрема в монографіях та рекомендаціях, періодичних фахових виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України, виданнях інших держав із напрямку, з якого підготовлено дисертацію та виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних, зокрема Scopus та WoS, а також патентом на винахід.

**В авторефераті дисертації** містяться основні результати роботи, а його зміст розкриває мету та задачі дослідження. Стиль викладення дослідження і тексту виконано на належному рівні технічною мовою, що свідчить про професійну підготовку здобувача. Автореферат оформлений

державною мовою згідно з вимогами, що висуваються до нього, та є ідентичний за змістом, основними положеннями, висновками і рекомендаціями, що містяться у дисертації.

**Назва дисертаційної роботи** відповідає поставленій меті, основним результатам та змісту дисертації.

**Апробація результатів** дослідження підтверджена шляхом їх презентації й обговорення на міжнародних конференціях, зокрема за кордоном, а саме в м. Братислава, Словаччина.

**4. Практичне значення результатів дисертаційної роботи** полягає у створенні несучих систем покриття, що об'єднують огорожувальну та несучу функції; розробленні рекомендацій щодо проектування створених конструкцій покриттів та їх складових елементів для використання інженерно-технічними працівниками; визначенні раціональної сфери застосування та оптимальних співвідношень геометричних розмірів створених конструкцій та їх складових елементів; розроблені низки різноманітних конструктивних рішень створених конструкцій.

Результати дисертаційної роботи використані при розробленні проектів низки об'єктів будівництва.

**5. Оцінка змісту дисертаційної роботи.** Робота, стосовно її обсягу та структури, у цілому, задовольняє вимоги Міністерства освіти і науки України щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук і складається з анотації, вступу, семи розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Дисертація має 484 сторінки, у тому числі 383 сторінки основного тексту, 23 таблиці, 355 рисунків, а також список використаних джерел із 416 найменувань та 4 додатків на 28 сторінках.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі, наведено методи дослідження, аргументовано наукову новизну та практичне значення роботи, зазначено відомості про апробацію матеріалів дисертації та представлено її загальну характеристику.

**Перший розділ** присвячено ґрунтовному дослідженню сучасного стану будівельних конструкцій покриття. Вивчено світовий досвід проектування та будівництва різноманітних просторових конструкцій, зокрема вантових систем, структурних конструкцій та оболонок, у тому числі сталезалізобетонних конструкцій. Виконано аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень існуючих конструкцій покриття. Представлено залежності між параметрами структурних конструкцій: висотою і розміром модуля, прольотом і висотою. Виконано огляд існуючих конструктивних рішень просторових конструкцій, вузлових з'єднань. На підставі отриманих даних сформульовано висновки і основні задачі дослідження.

У **другому розділі** представлено новий тип покриття - просторова структурно-вантова сталезалізобетонна конструкція, основна її ідея, сутність, призначення, конструктивні особливості. Основний конструктивний елемент запропонованої конструкції — сталезалізобетонний модуль у вигляді просторового плитно-стрижневого наскрізного елемента пірамідальної форми з залізобетонною або армоцементною плитою квадратної форми в якості верхнього поясу конструкції. Стрижні виготовлені з сталевих труб з рекомендованим кутом нахилу  $45^\circ$ . Зі сталезалізобетонних модулів запропоновано три типи структурно-вантових елементів: вигнутий, висячий і балковий. Варіанти нижнього поясу представлено із круглої сталі, сталевих каната, сталевих смуг з отворами в наконечниках для болтових з'єднань. При розрахунку структурно-вантових елементів на дію вертикальних навантажень просторові плитно-стрижневі модулі замінено рамними трикутними жорсткими елементами, а гнучкі елементи нижнього поясу — стрижнями, що дозволило отримати статично визначену систему. Визначення напружено-деформованого стану просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції виконано з урахуванням її просторової роботи із застосуванням основних положень технічної теорії розрахунку тонких оболонок і використання гіпотези прямих нормалей для виразу деформації в точці

оболонки через деформації її серединної поверхні і зведення рішення тривимірної задачі теорії пружності до двомірної з визначенням згинальних моментів  $M_x$  і  $M_y$ , нормальних зусиль стиску  $N_x$  і  $N_y$ , зусилля зсуву  $S_x$  і  $S_y$ . На основі вказаних передумов наведено модель напружено-деформованого стану просторових структурно-вантових сталезалізобетонних конструкцій і формули для визначення необхідної площі арматури в плиті.

У **третьому розділі** представлено методику та результати експериментальних досліджень моделей запропонованих конструкцій. Моделі першої групи — вигнуті структурно-вантові конструкції прольотом 990 мм і балкові прольотом 1050 мм. Моделі другої групи — циліндричне покриття 725×750 мм, що складаються з просторових модулів розмірами в плані 110×110 мм і висотою 50 мм. Приведена схема навантаження моделей конструкцій. У результаті проведених випробувань підтверджено сумісну роботу складових елементів створених конструкцій та встановлено особливості їх деформування.

**Четвертий розділ** присвячений експериментальному дослідженню напружено-деформованого стану просторових сталезалізобетонних модулів та їх частин (плит) при дії статичного навантаження. Приведена конструкція дослідних зразків у вигляді: залізобетонних плит розміром 1000×1000×50 мм, армованих двома сітками з дроту Ø 3В500С з чарункою 50×50 мм; армоцементних плит, товщиною 20 мм, армованих 5 сітками зі сталевого дроту Ø 0,9 мм з чарункою 12×12 мм, просторових модулів із структурної решітки і плити. Наведено данні про фізико-механічні властивості матеріалів, методику проведення експерименту, результати досліджень у вигляді залежностей деформацій в залізобетонних і армоцементних плитах просторових модулів від рівня завантаження.

У **п'ятому розділі** представлено експериментальні дослідження просторової структурно-вантової сталезалізобетонної конструкції прольотом 5,3 м, що складається з 7 модулів, розмірами в плані 0,8×0,8 м, висотою 0,5 м, з'єднаних гнучкими стрижневими елементами, довжиною 0,728 м. Наведені

креслення експериментального зразка конструкції з вигином  $f/L=1/7$ , розрахунки верхнього поясу (залізобетонної плити), стрижнів решітки (позацентрово-розтягнутих, позацентрово-стиснутих), вузлів з'єднання. Представлена методика проведення експерименту, схема навантаження. Приведені результати експериментальних досліджень у вигляді залежностей деформацій верхнього поясу від рівня навантаження, епюр нормальних напружень і зусиль в поперечних перерізах елементів конструкції.

У **шостому розділі** наведено чисельні розрахунки вигнутої і балкової конструкції структурно-вантового сталезалізобетонного покриття, конструкції просторового циліндричного структурно-вантового сталезалізобетонного покриття з використанням пружної моделі матеріалу при рівномірному навантаженні і навантаженні в вузли. Окремо виконані чисельні дослідження залізобетонних і армоцементних плит просторових сталезалізобетонних модулів, дослідження вказаних модулів при різних схемах завантаження, чисельні дослідження вузлових з'єднань нижнього поясу. Наведено результати розрахунків експериментальних зразків на аналогічні експерименту навантаження, розрахунки створених конструкцій на дію несиметричного навантаження. Результати розрахунків представлені у вигляді графіків та розподілу ізополей напружень. Приведено порівняння чисельних та експериментальних даних.

У **сьомому розділі** наведено проектні пропозиції щодо будівництва покриттів будівель і споруд; структурно-вантового покриття 72x48 м в м. Охтирка Сумської обл., будівлі літньої сцени, прольотом 13,84 м в смт. Опішне Полтавської обл., покриття виробничого корпусу адміністративної будівлі в м. Києві та інших. Приведено техніко-економічне обґрунтування ефективності створених конструкцій.

**Основні результати та загальні висновки** розкривають зміст та мету проведених досліджень.

**Список використаних джерел** налічує 416 найменувань, з яких 41 % — це праці закордонних вчених та 51 % — праці, опубліковані протягом

останніх десяти років. Оформлення списку використаних джерел виконано в алфавітному порядку прізвищ перших авторів заголовків з дотриманням єдиного стилю та вимог до оформлення.

У **додатках** наведено список опублікованих праць, відомості про апробацію, акти про впровадження результатів дисертаційної роботи.

Оформлення тексту дисертаційної роботи виконано на належному рівні, котрий відповідає кваліфікаційній науковій роботі, викладення тексту здійснено державною мовою, лаконічно та чітко.

**Рекомендації щодо використання та апробації результатів дослідження** полягають у впровадженні у практику проектування та будівництва, а також в освітній процес для студентів спеціальності 192 — будівництво та цивільна інженерія.

#### **6. Зауваження по роботі:**

1. В підрозділі 1.1.3, слід було додати, що відсутність анкерування сталевих профнастилу в прольоті призводить до завищення розрахункової несучої здатності за методикою НДІЗБ більш ніж на 40% в порівнянні з дослідними даними, навіть при наявності анкерів на опорах.

2. Висновок щодо підвищення несучої здатності сталобетонних балок з порожнинами, заповненими бетоном в порівнянні зі сталевими балками (стор. 48) слід було привести на основі питомих величин з урахуванням власної ваги конструкції.

3. В підрозділі 1.3.4 Основи теорії розрахунку структурних конструкцій слід було більш детально представити основні передумови наближених розрахунків: диференціальне рівняння напружено-деформованого стану розрахункової моделі, визначення характеристик жорсткості плити, розрахункові параметри, тощо.

4. Для сталезалізобетонних просторових конструкцій, наведених на рис. 1.39 і 1.41, слід було привести порівняння повної величини навантаження від ваги покриття і структури в перерахунку на метр квадратний.



5. На рис. 1.42 б, рис.1.44 і за текстом на стор. 86 слід було показати, де використовували арматурні стрижні  $\varnothing 10$  А400С і  $\varnothing 6$  А400С для кожної з трьох груп зразків структурних сталезалізобетонних елементів.

6. За формулами (2.104–2.123) п.п. 2.6.4 бажано було б привести в додатках приклад розрахунку з визначенням площі арматури в перерізі плити, або представити доцільність армування за конструктивними вимогами.

7. У розділі 2 необхідно було показати відмінності і обмеження при визначенні напружено-деформованого стану структурно-вантової висячої конструкції, особливо при визначенні зусиль, розрахунку плити, підборі арматури.

8. У другому розділі не наведено, як використовувати дані, що визначають граничне співвідношення стріли підйому  $f$  до прольоту конструкції  $L$  при проектуванні покриттів.

9. Для створених конструкцій, де стрижні решітки працюють сумісно з плитою, необхідним є встановлення конструктивних вимог та обмежень щодо товщини плити, а також визначення її впливу на несучу здатність структурних модулів.

10. Враховуючи, що конструкції є новими, а розроблена методика їх розрахунку, приведена у п. 2.6, має свої особливості, для скорішого впровадження в проектування варто було б сформулювати практичні рекомендації щодо інженерної методики розрахунку просторових сталезалізобетонних модулів покриття з використанням відомих програмних комплексів.

11. На рис. 3.7–3.9 слід було привести геометричні розміри моделей.

12. У висновках за четвертим розділом слід було відмітити, що виявлені пружні деформації в плитах просторового модулю дозволяють знизити відсоток армування плит.

13. У розділі п'ять не показано армування плити структурного модуля і, якщо воно відповідало приведеному в розд. 4 (дві сітки з дроту  $\varnothing 3B500C$  з

чарункою 50x50 мм, армування, на наш погляд, слід було включити в розрахунок плити в якості розрахункового.

14. В розділі 6 можна було б обмежитись чисельними дослідженнями вигнутої, балкової, циліндричної конструкцій структурно-вантового сталезалізобетонного покриття, просторових сталезалізобетонних модулів покриття при різних схемах завантаження, дослідженнями вузлових з'єднань нижнього поясу.

15. В чисельних дослідженнях розділу 6 слід було розкрити, як використовувались залежності «напруження — деформації» для бетону і арматури, наведених в додатку Г.

16. В підрозділах 6.4.4 і 6.5, наряду з розподілом переміщень і напружень, слід було додати мозаїки розподілу армування в плитах по верхній і нижній граням при різних схемах навантаження, включаючи розподілене навантаження по плиті.

17. В чисельних розрахунках розділу 6 досліджені лише ті вузли і їх деталі, які були використані для експериментального зразка. Доцільно було б чисельно дослідити й інші вузли створених автором конструкцій, наприклад, висячих структурно-вантових сталезалізобетонних модулів.

**7. Висновок про відповідність роботи вимогам Міністерства освіти і науки України.** Дисертаційна робота Гасія Григорія Михайловича «Просторові структурно-вантові сталезалізобетонні конструкції» за рівнем отриманих наукових результатів, змістом і обсягом є завершеною науковою працею, в якій отримані нові науково обґрунтовані теоретичні й експериментальні дані, що у сукупності розв'язують важливу та актуальну проблему — створення та дослідження нових ефективних просторових сталезалізобетонних конструкцій покриття.

Наведені зауваження за змістом дисертації не носять принципового характеру і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи й особисті здобутки автора. Деякі з них представлені в формі побажань і можуть бути враховані у подальших дослідженнях.

Враховуючи вищевикладене, вважаю, що за актуальністю теми, науковою новизною, ступенем обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірністю, апробацією та практичною значущістю, дисертаційна робота Гасія Григорія Михайловича відповідає вимогам ДАК Міністерства освіти і науки України щодо докторських дисертацій та паспорту спеціальності 05.23.01 — будівельні конструкції, будівлі та споруди, а її автор Гасій Григорій Михайлович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.23.01 — будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри будівництва ДВНЗ  
Херсонський державний аграрний  
університет



О. І. Давиденко

Підпис доктора технічних наук,  
професора О. І. Давиденка засвідчую,  
начальник відділу кадрів



Ю. В. Яворська