

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**БАРАНЕЦЬКОЇ ДАРІЇ СЕРГІЇВНИ**

**"Напружено-деформований стан сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу",** поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

### **Актуальність обраної теми.**

У будівельній світовій практиці знайшли широке застосування сталезалізобетонні конструкції, які можна вважати альтернативою традиційним несучим елементам та відкривають нові можливості в будівництві.

Сталезалізобетонні плити з профільованим настилом являють собою неоднорідні композитні конструкції, тому необхідно мати надійні та доведені до практичного застосування методи їхнього розрахунку, які б урахували неоднорідну структуру елементів конструкцій, реальні схеми навантаження, крайові умови тощо. Від урахування цих факторів залежить коректність визначення параметрів напружено-деформованого стану таких конструктивних елементів. При цьому параметри напружено-деформованого стану суттєво залежать від впливу деформацій поперечного зсуву, і як наслідок – депланації поперечних перерізів. Тому модель деформування плит, яка базується на гіпотезі плоских перерізів, може виявитися непридатною для розрахунку плит з неоднорідною або композитною будовою поперечного перерізу.

В зв'язку з цим, тематику досліджень з метою підвищення точності розрахунку сталезалізобетонних плит з профільованим настилом можна вважати безумовно актуальною та практично корисною.

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

Тема дисертації й отримані результати відповідають актуальним напрямкам науково-технічної політики України відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 23.05.2011 № 547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу».

### **Загальні аспекти роботи.**

Дисертаційна робота включає всі складові, які встановлено правилами і вимогами до робіт такого рівня. Конкретно сформульовано мету і задачі досліджень, визначено предмет і об'єкт дослідження, вказано наукову новизну роботи та практичне значення отриманих результатів.

Метою роботи є визначення дійсного напружено-деформованого стану сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу.

Для здійснення цієї мети було передбачено виконання наступних задач:

– удосконалити математичну зсувну модель згину плит з кусково-неоднорідною будовою перерізу з метою її адаптації до розрахунку сталезалізобетонних плит із профільованим настилом та з профільованим настилом з виштамповками;

– порівняти напружено-деформований стан сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу.

– експериментальним шляхом дослідити особливості роботи під навантаженням, напружено-деформований стан, міцність та деформативність сталезалізобетонних плит із профільованим настилом із застосуванням різних типів профільованого настилу;

– порівняти результати експериментальних та теоретичних (із застосуванням аналітичних та чисельних методів) досліджень несучої здатності і деформативності сталезалізобетонних плит із метою верифікації аналітичних моделей і визначення меж їх застосування;

– розробити пропозиції щодо методики чисельного моделювання роботи сталезалізобетонних плит із профільованим настилом за допомогою методу скінчених елементів;

– розробити пропозиції щодо розрахунку, конструювання та моделювання сталезалізобетонних плит з профільованим настилом, а також раціональних типів анкерів для забезпечення сумісної роботи компонентів комплексного перерізу.

Об'єкт дослідження - сталезалізобетонні конструкції із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу.

Предмет дослідження - визначення параметрів напружено-деформованого стану сталезалізобетонних конструкцій будівель та споруд із різними видами профільованого настилу.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій,** сформульованих у дисертаційній роботі, обумовлюється:

– використанням загальноприйнятих передумов і допущень для розробки моделей задач, що розглядаються;

– проведенням експериментальних досліджень для перевірки сформульованих гіпотез і положень розрахункових методик;

– застосуванням аналітичних методів при побудові та подальшому аналізі розрахункових методик;

– порівнянням результатів, які було отримано експериментальним шляхом, з даними розрахунків за розробленими методиками;

– впровадженням результатів досліджень в будівельну практику.

Наукові положення, висновки та рекомендації підтверджуються апробацією на республіканських і міжнародних наукових конференціях.

**Достовірність та новизна наукових положень, висновків та рекомендацій.** Результати роботи достовірні, оскільки вони отримані в ході проведення комплексу експериментально-теоретичних досліджень.

**Достовірність** основних положень та результатів дисертації доведена:

- проведенням експериментальних досліджень з розробленням методики, устаткування та експериментальних зразків;
- розробленими аналітичними та чисельними методами визначення напружено-деформованого стану в сталезалізобетонних конструкціях з використанням комп'ютерних технологій;
- статистичними методами оцінки результатів експериментальних досліджень;
- використанням розроблених методик при розрахунках реальних конструкцій.

**Наукова новизна** отриманих результатів:

- на основі виконаного огляду досліджень розроблено математичну модель напружено-деформованого стану сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу;
- отримано нові експериментальні дані про напружено-деформований стан під короткочасним навантаженням елементів сталезалізобетонних плит з профільованим настилом, які підтверджують підвищення міцності та зниження деформативності за рахунок сумісної роботи компонентів комплексного перерізу;
- на основі розроблених варіантів напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит з різними видами зовнішнього армування отримано нові експериментальні дані про дійсну роботу та напружено-деформований стан під короткочасним навантаженням елементів сталезалізобетонних плит перекриттів з профільованим настилом, які підтверджують підвищення міцності та зниження деформативності за рахунок сумісної роботи компонентів комплексного перерізу: сталевий профільований настил, бетону плити;
- порівняно різні варіанти з'єднання профільованого настилу з плитою перекриття;
- набула подальшого розвитку методика моделювання напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит з профільованим настилом на базі методу скінченних елементів;
- набуло подальшого розвитку врахування особливостей сумісної роботи конструктивних з'єднань «сталь-бетон» під впливом різних видів навантажень;
- набули подальшого розвитку методики з розрахунку несучої здатності та оцінки напружено-деформованого стану з'єднань елементів.

**Практичне значення одержаних результатів роботи** полягає в застосуванні безанкерного безклеєвого з'єднання при монтажі виробничого устаткування та технологічних комунікацій за рахунок встановлення короткочасної та втомної міцності безклеєвого сталезалізобетонного з'єднання. Результати роботи дозволяють виконувати інженерний розрахунок даного типу з'єднань і конструювання з'єднання сталі з бетоном при дії різних видів навантажень.

Результати роботи отримали позитивну оцінку проєктувальників, будівельників, представників експлуатаційних та наглядових служб. Вони використані: ТОВ «Геофіпольсьбуд», ТОВ «ІнвіктаФасадБуд», ТОВ

«Будівельна компанія «Недра» при будівництві об'єктів різного призначення та в навчальному процесі кафедри комп'ютерних технологій будівництва факультету архітектури, будівництва та дизайну Національного авіаційного університету.

### **Оцінка змісту роботи.**

Дисертаційна робота відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України стосовно обсягу, структури та оформлення. Структура роботи визначається змістом завдань, етапів та результатів дослідження. Вона включає анотацію, вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел із 149 найменувань та п'яти додатків. Повний обсяг роботи складає 170 сторінок. Основна частина складає 136 сторінок, список використаних джерел – 16 сторінок і додатки – 10 сторінок. Крім тексту робота включає 22 таблиці і 75 рисунків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено мету і задачі роботи, об'єкт і предмет досліджень, обґрунтовано правильність використання методів дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наукову новизну отриманих результатів та їхнє практичне значення, описано особистий внесок здобувача.

В **першому розділі** наведено огляд інформаційних матеріалів та виконано аналіз існуючих методів розрахунку сталезалізобетонних конструкцій, сформульовано проблему, на вирішення якої спрямовано дослідження.

Розглянуто і вивчено сучасний стан досліджень напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит перекриття з різними видами профільованого настилу. Наведено загальні відомості про розповсюджені в практиці будівництва типи сталезалізобетонних конструкцій, їхні переваги та недоліки, відомі методи їхнього розрахунку та особливості роботи.

На основі проведеного аналізу відомих аналітичних методів опису напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит перекриття з профільованим настилом, серед яких сучасні інженерні методи, що базуються на гіпотезі плоских перерізів та неklasичні аналітичні моделі напружено-деформованого стану, що враховують деформації зсуву, досліджено можливість використання сучасних чисельних методів та програмних комплексів для розрахунку сталезалізобетонних плит перекриття з профільованим настилом, зокрема методу скінчених елементів. Виконано порівняльний аналіз сучасних програмних комплексів, що реалізують метод скінчених елементів.

Для розрахунку сталезалізобетонних плит з профільованим настилом сформульовано задачі та розроблено структурно-логічну схему досліджень, що включає послідовні взаємопов'язані етапи й процедури: галузь застосування конструкцій, теоретичні дослідження, експериментальні дослідження та практичні рекомендації.

**Другий розділ** присвячено дослідженням напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит перекриття з профільованим настилом аналітичними методами за математичною зсувною моделлю, що враховує депланацію поперечних перерізів. Було удосконалено математичну зсувну модель композитних брусів з метою її адаптації для розрахунку напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит перекриття з профільованим настилом. Було отримано залежності, що описують розподіл нормальних і дотичних напружень за висотою перерізу, що дало змогу коректно визначати ширину поперечного перерізу при наявності порожнин.

Удосконалення відомих аналітичних моделей напружено-деформованого стану (математичної зсувної моделі) в рамках даних досліджень проводилося у два етапи: спочатку було адаптовано до опису напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит перекриття класичну модель, що базується на гіпотезі плоских перерізів і враховує неоднорідність поперечного перерізу; на другому етапі досліджень було отримано функції розподілу напружень за висотою перерізу, а також співвідношення для визначення напружень і коефіцієнтів жорсткості з урахуванням деформацій зсуву. На основі удосконаленої зсувної моделі було виконано розрахунок сталезалізобетонної плити по профільованому настилу, що дало змогу з'ясувати межі застосування вищерозглянутих аналітичних методів визначення параметрів напружено-деформованого стану такого типу конструкцій. Було доведено, що зміна характеру розподілу нормальних і дотичних напружень з урахуванням зсуву не приводить до суттєвого збільшення їхніх максимальних значень, тому для практичних розрахунків за граничним станом першої групи достатньо визначати напруження за класичною моделлю (при похибці в межах допустимої для інженерних розрахунків). Прогини, які було обчислено за зсувною моделлю, виявилися на 13% більші за класичні. Таким чином, при розрахунку сталезалізобетонних плит перекриття із профільованими настилами за граничними станами другої групи доцільно використовувати удосконалену в роботі математичну зсувну модель

**Третій розділ** присвячено експериментальним дослідженням сталезалізобетонних плит перекриття з профільованим настилом та їхніх компонентів для отримання даних щодо особливостей роботи під короткочасним навантаженням. Наведено задачі, програму, методіку експериментальних досліджень, а також аналіз отриманих результатів. Для виготовлення експериментальних зразків використовували профільований лист, гнучку арматуру, болтові анкери з різьбовою нарізкою та бетон. Крім того, було випробувано зразки профільованого настилу без бетону (Н – 85, Н – 114 – 600). Під час проведення експерименту особливу увагу було приділено визначенню фізико-механічних властивостей матеріалів експериментальних зразків – профільованого настилу та гнучкої арматури, бетону та контакту бетону з профільованим настилом з виштамповками. Для цього було виготовлено серію зразків, що склалися зі сталевих листів та бетонної суміші, яка виливалася в форми. Форми було закріплено на сталевому листі симетрично з обох боків (для отримання умов чистого зсуву). Експеримент припинявся, коли хоча б

один з бетонних кубиків відшаровувався від сталевго листа. Отримані фізико-механічні властивості матеріалів лягли в основу аналітичних розрахунків та розрахунків з використанням методу скінчених елементів.

В результаті проведення експериментальних досліджень було підтверджено ефективність застосування запропонованих автором конструкцій анкерування у вигляді виштамповок на профнастилі в порівнянні з плитою без додаткових засобів анкерування, які можна рекомендувати як основні при проектуванні комбінованих конструктивних елементів.

В четвертому розділі наведено удосконалену методику чисельного моделювання напружено-деформованого стану сталезалізобетонних плит з профільованим настилом з урахуванням особливостей їхньої геометрії та роботи під навантаженням. Для створення скінченно-елементних моделей було використано креслення профільованого настилу і сталезалізобетонних плит. Ця процедура передбачала розроблення базових тривимірних геометричних моделей профільованого настилу і плит. Сталеві елементи (профільований настил і арматура) задавалися як ізотропний нелінійний пружно-пластичний матеріал; сталезалізобетон і «контактний шар» – як нелінійно-пружний матеріал.

Під час моделювання фізико-механічні властивості всіх матеріалів базувалися на результатах виконаних експериментальних досліджень, а діаграми їхнього деформування задавалися у вигляді дволінійних функцій « $\sigma$ – $\epsilon$ ». Для моделювання плит були використані лінійні, плоскі, об'ємні, а також абсолютно жорсткі скінченні елементи. Місця прикладання навантажень, їхня величина і конфігурація відповідали експериментальним. Опорні вузли усіх плит і профільованого настилу моделювалися за допомогою абсолютно жорстких скінчених елементів. Для усіх моделей проводили лінійний та нелінійний статичні розрахунки. Розрахунок проводився по початкових модулях пружності. Нелінійний розрахунок передбачав прикладання навантаження у декілька кроків (від нуля до максимального значення). На кожному кроці навантаження обраховувалися значення січних модулів пружності перерізів, відповідно до діаграм деформування матеріалів. Цей процес закінчувався тоді, коли досягали максимального навантаження, або коли конструкція перетворювалась в механізм – з'являлися пластичні шарніри, втрачалась місцева або загальна стійкість тощо. Результати розрахунків за методом скінчених елементів підтвердили висновок експериментальних досліджень щодо ефективності методу анкерування за допомогою анкерів у вигляді виштамповок, які розташовано у горизонтальній площині та перетинають стінки профнастилу.

На основі проведених досліджень сформульовано пропозиції щодо застосування, моделювання та розрахунку сталезалізобетонних плит з профільованим настилом, а результати досліджень впроваджено та застосовано в діяльності ТОВ «Теофіпольсьльбуд», ТОВ «ІнвіктаФасадБуд», ТОВ «Будівельна компанія «Недра» при будівництві об'єктів різного призначення та в навчальному процесі факультету архітектури, будівництва та дизайну на

кафедрі комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету

В **загальних висновках** викладено основні результати, які отримано в ході проведених досліджень. Відзначена актуальність для України розглянутої в дисертації проблеми, яка відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки, визначених Верховною Радою України.

Список використаних джерел включає 149 найменувань, до яких входять публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, більшість з яких відображають сучасний стан досліджень (не пізніше 10 років).

В додатках дисертаційної роботи наведено список публікацій автора, документи, що засвідчують впровадження результатів досліджень, а також опис об'єктів впровадження результатів досліджень.

### **Апробація результатів роботи.**

Основні положення дисертаційної роботи апробовані автором на 5-ти науково-практичних конференціях у провідних вищих навчальних закладах України, а саме на міжнародних науково-практичних конференціях «Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація» (м. Полтава, 24–25 жовтня 2018 р.); «Міське середовище – XXI ст. Архітектура. Будівництво. Дизайн» (м. Київ, НАУ, 14–15 березня 2018 р., “Numerical methods of calculation of strain-stress state of combined elements and their usage for calculation of plating from profiled sheeting”); «Сталезалізобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація» (м. Полтава, 24–25 жовтня 2016 р.); «Експлуатація та реконструкція будівель та споруд» (м. Одеса, ОДАБА, 13–15 жовтня 2015 р.); «АВІА-2015» (м. Київ, НАУ, 28–29 квітня 2015 р., «Розрахунок зігнутих сталезалізобетонних конструкцій в незнімній опалубці»).

**Особистий внесок здобувача.** Сформульовані в дисертації науково-практичні положення, висновки і пропозиції являють собою результати самостійної роботи автора. В роботах, які опубліковано в співавторстві, автору належить:

- підбір, узагальнення й аналіз результатів проведених раніше досліджень, формулювання мети та задач досліджень;
- аналіз стану питання щодо визначення напружено-деформованого стану досліджуваних сталезалізобетонних конструкцій;
- удосконалення методів визначення параметрів математичної моделі діаграми деформування матеріалів сталезалізобетонних конструкцій;
- удосконалення методів визначення напружено-деформованого стану в сталезалізобетонних конструкціях;
- участь в розробленні методів експериментальних досліджень сталезалізобетонних конструкцій (методики, установки, експериментальних зразків).

## **Повнота викладених основних результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях.**

Всі наукові положення й отримані результати в повній мірі опубліковано у 11 друкованих працях, з яких: 6 – у фахових збірниках і журналах, рекомендованих МОН України (з них 1 стаття – у виданні, яке включено до Міжнародних наукометричних баз (Index Copernicus); 3 статті у збірниках праць за матеріалами конференцій; 2 публікації, які додатково відображають результати дисертаційного дослідження.

Автореферат дисертації досить стисло і достатньо повно відображає мету, задачі і результати виконаних досліджень та зроблені на їх основі висновки. Матеріал автореферату викладено якісною технічною мовою, що свідчить про професійну підготовку здобувача. Оформлення автореферату по формі відображенню змісту роботи відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12.07.2017 № 40.

Назва дисертаційної роботи та виконані дослідження стисло і конкретно відповідають досягненню поставленої мети.

## **Зауваження по роботі.**

1. Автор в підрозділі 1.2 приділила багато уваги опису фізико-механічних властивостей арматури, в т.ч. і склопластикової. Як це узгоджується з напрямом досліджень?

2. Автор окреслила коло досліджень за умови статичної дії навантаження, хоча більшість конструкцій перекриттів сприймають знакозмінні та динамічні впливи.

3. Наведені автором в підрозділах 2.2, 2.3 і 2.4 методики розрахунку доволі складні. Автору слід було провести математичний експеримент і визначити область раціонального використання запропонованих методик.

4. Автор використовує термін «дослідні» стосовно зразків замість «експериментальні».

5. Відсутні обґрунтування конструкцій експериментальних зразків.

6. Автору слід було детально описати процес створення виштамповок в бокових ребрах профільованого листа та їхні розміри, оскільки виштамповки забезпечують сумісність роботи конструкції.

7. Автор проводила дослідження фрагментів сталезалізобетонних конструкцій. Слід було довести економічну доцільність отриманих результатів, в т.ч. і з точки зору ефективного забезпечення сумісної роботи бетону і сталевих профілів.

8. В дисертації слід було навести економічне підґрунтя проведених досліджень, а також коротко описати об'єкти впровадження результатів роботи.

9. Автору слід було останній розділ дисертації назвати «Загальні висновки».

10. Рисунки, які наведено в авторефераті, мілкі і важко читаються.

11. Відсутні посилання на відому монографію І.В. Саннікова, В.О. Величка та ін. (1991 р.).



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

1. Дисертаційна робота Баранецької Дарії Сергіївни «Напружено-деформований стан сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу» є завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, містить раніше не захищені наукові положення та отримані автором нові обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати в частині оцінки напружено-деформованого стану сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу з використанням комп'ютерних технологій. Робота має актуальність, новизну і практичне значення та відповідає паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. Результати роботи достовірні.

2. Висловлені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи, а лише підкреслюють її багатогранність, складність узагальнення результатів виконаних теоретичних і експериментальних досліджень.

3. Автореферат відповідає змісту дисертації та розкриває її основні положення.

4. Враховуючи висловлене, вважаю, що дисертаційна робота на тему: "Напружено-деформований стан сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу" відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, а її автор, Баранецька Дарія Сергіївна, за розробку й адаптацію до практичного використання уточненого методу розрахунку напружено-деформованого стану сталезалізобетонних перекриттів із застосуванням зовнішнього армування різними видами профільованого настилу з використанням комп'ютерних технологій заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент,  
Учений секретар ТОВ «Укрінсталькон  
ім. В.М. Шимановського», д.т.н., проф.

  
13.06.2019

О.І. Голоднов

