

УДК 624.21.004.69

**МЕТОДИКА РЕГУЛЮВАННЯ РІВНОМОМЕНТНОГО СТАНУ
КОМБІНОВАНИХ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ МЕТАЛЕВИХ
КОНСТРУКЦІЙ НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ**

І. Іваник, к.т.н., С. Віхоть, к.т.н.

Національний університет «Львівська політехніка»

Постановка проблеми. Як показує аналіз роботи комбінованих металевих конструкцій, ефект зменшення витрат матеріалів ще на стадії їх проектування стає більшим за поєднання в сумісній роботі металевих комбінованих конструкцій із залізобетонною плитою [4]. Згідно з розробленою методикою [2; 3], під час проектування на початковому етапі теоретичних розрахунків порівняно легко враховувати будь-які умови роботи конструкції на зовнішнє навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час влаштування елементів посилення за допомогою комбінованих систем використання відомих методів переважно обмежують лише стадією проектування, оскільки в розрахунку існуючих конструкцій виникають певні труднощі з урахуванням дефектів і пошкоджень. Водночас наявні методи не відображають реальну роботу цілої конструкції, не враховуючи при цьому взаємодію між елементами (шпренгельною частиною), які входять до складу просторової конструкції, внаслідок чого отримуємо результати з певним (до 12%) запасом міцності, відмінною кривиною епюро згинальних моментів (особливо в середній частині балки жорсткості) і епюрою поздовжніх сил в елементах підвіски [5] (істотні недонапруження).

Постановка завдання. Наше завдання – дослідити комбіновані металеві конструкції з урахуванням особливості їх регулювання залежно від змін їх геометрії, пружних властивостей і роботи під навантаженням. Запропоновано комплекс розрахункових рішень, що дає змогу раціонально сформулювати напружено деформований стан у перетинах металевих балок двотаврового перерізу, що працюють у складі перекриття чи покриття [1].

Виклад основного матеріалу. Розроблений математичний апарат розрахунку комбінованих систем з урахуванням факторів геометричних і пружних залежностей можна використовувати для розрахунку конструкцій довільної форми.

Сумісне використання методів лінійного програмування і методів лінійно-пружних систем, які в процесі зводяться до розрахунку лінійних алгебраїчних рівнянь, дає змогу прискорити збіжність ітераційного процесу і скоротити час розрахунку на ЕОМ.

Згідно з розробленою методикою [3] розв'язку металевих систем складена програма реалізації алгоритму розрахунку на ЕОМ. На першому етапі розрахунку визначають дані, за допомогою яких формують і записують матрицю апроксимації, складену з коефіцієнтів рівнянь статички, а також матриці податливості.

Блок-схема розрахунку комбінованої металевої конструкції (рис. 1) з урахуванням факторів геометричних і пружних залежностей показана на рис. 2.

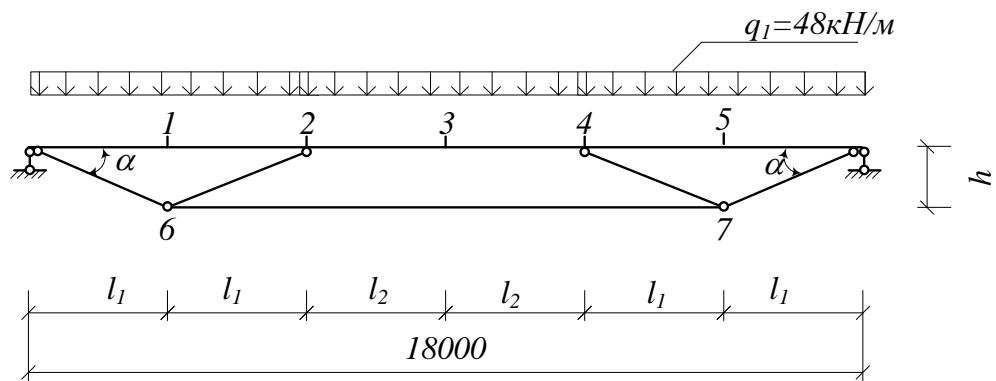


Рис. 1. Схема навантаження однопролітної шпренгельної комбінованої конструкції.

Для комбінованих систем проводили розрахунки зі встановлення реальних діаграм «згинальний момент – прогин», «поздовжня сила – прогин» залежно від зміни геометричних і пружних показників елементів конструкцій, а також величини і місця прикладання зовнішнього навантаження з метою подальшого використання отриманих діаграм для розрахунків, їх якісної і кількісної оцінки на кінцевий результат розрахунку.

На цьому етапі розраховані:

- експериментальна металева комбінована конструкція;
- металеві комбіновані конструкції з різноманітною геометричною топологією;
- натурна експериментальна металева комбінована конструкція перекриття прольотом 18 м;
- натурна металева комбінована конструкція перекриття і покриття прольотом 10 м;
- натурна металева комбінована конструкція перекриття прольотом 12 м.



Рис. 2. Блок-схема розрахунку комбінованої металевої конструкції.

Теоретичні розрахунки металевих однопролітних конструкцій виконані з метою визначення їх рівнонапруженого стану елементів, оцінки впливу геометричної топології і навантажень для подальшого використання таких конструкцій у складі багатопролітних розрахункових схем. Зокрема, проведений теоретичний розрахунок комбінованої статично невизначеної конструкції прольотом 18 м (див. рис. 1). Розрахункове навантаження на конструкцію становить $q=48$ кН/м.

У такому разі за фіксованої максимальної висоти комбінованої конструкції (1500 мм) критеріями пошуку рівнонапруженого стану комбінованої конструкції є кут нахилу крайніх підкосів α , довжина крайніх проміжків балки жорсткості – $2l_1$, жорсткісні параметри металевих елементів і величина завантаження конструкції q .

Завантаження базової моделі проводили рівномірно розподіленим навантаженням, яке прикладали на балку, як на симетричне, так і на несиметричне

завантаження. У процесі випробувань заміряли прогини в характерних перерізах (посередині прольотів, у місцях вузлових стиків балки і шпренгельної підвіски).

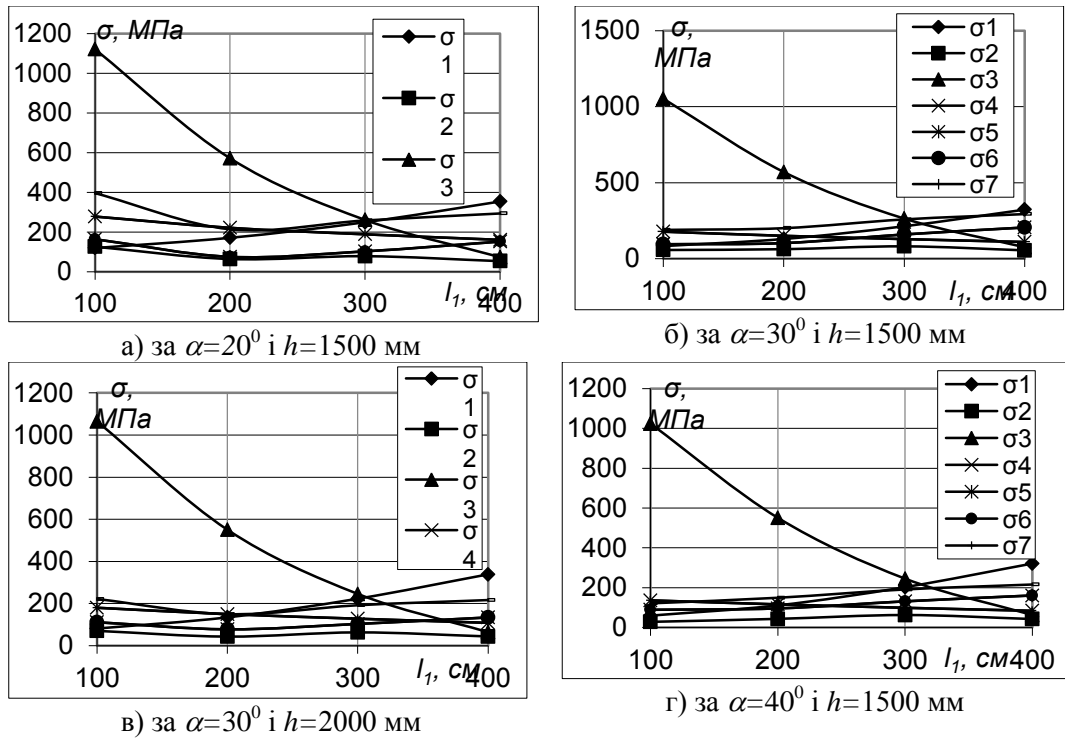
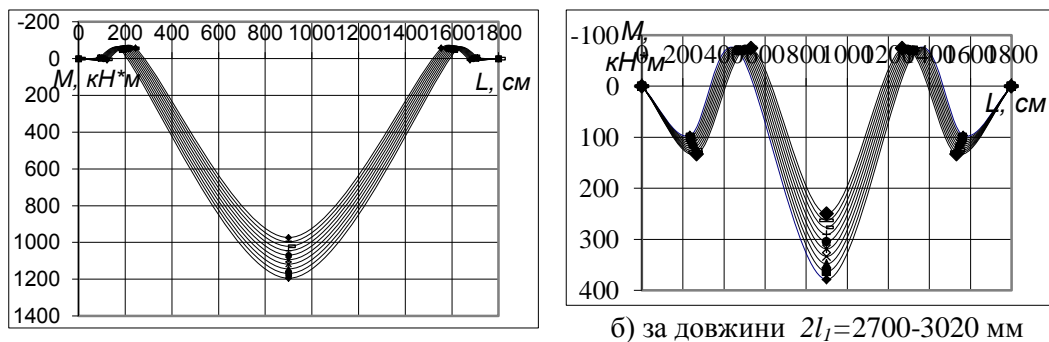


Рис. 3. Залежність напружень в елементах комбінованої конструкції від зміни крайнього прольоту $2l_1$: 1 – напруження в середній частині крайнього прольоту балки; 2 – напруження у вузлі примикання до балки лівого проміжного підкосу; 3 – напруження в середній частині середнього прольоту балки; 4 – напруження в лівому крайньому підкосі; 5 – напруження в лівому проміжному підкосі; 6 – напруження в правому проміжному підкосі; 7 – напруження в правому крайньому підкосі; 8 – напруження в затяжці.



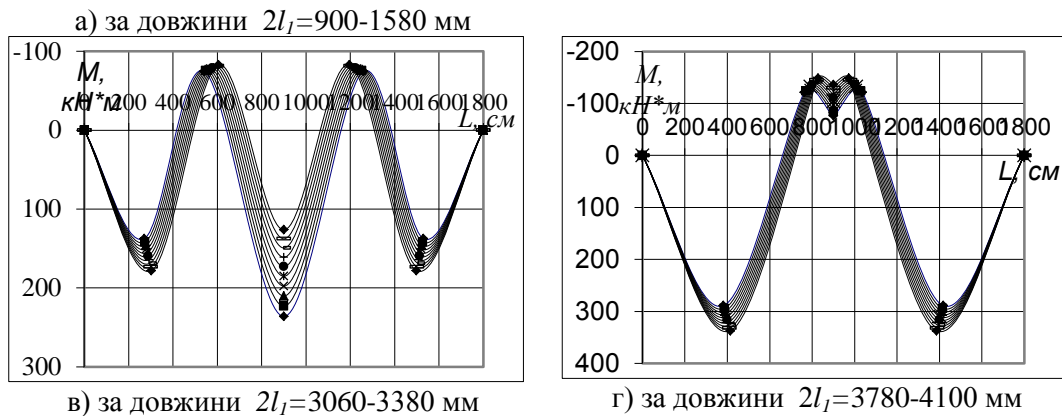


Рис. 4. Залежність згинальних моментів в елементах балки жорсткості шпренгельної комбінованої конструкції від покрокової зміни величини прольоту. $2l_1$.

Як видно з графіків, показаних на рис. 3, найоптимальнішою величиною крайнього прольоту, за якої в елементах конструкції виникають напруження, близькі до допустимих (рівнонапружений стан), є $l_1=1/6$ прольоту балки.

Найраціональнішим є випадок, показаний на рис. 3 б, за якого величина крайнього прольоту становить $l_1=1/6$ прольоту балки жорсткості, кут нахилу крайнього підкосу $\alpha=30^0$ і висота конструкції – $h=1500$ мм.

Як видно з графіків, показаних на рис. 4, за незначних величин крайнього прольоту ($1/12 L$) згинальні моменти за довжиною балки жорсткості мають характер, подібний до згинальних моментів однопрольотної балки. У такому разі роль елементів підвіски незначна і несуттєво впливає на зміну згинальних моментів.

Як видно з графіків, показаних на рис. 4, за незначних величин крайнього прольоту ($1/12 L$) згинальні моменти вздовж балки жорсткості мають характер, подібний до згинальних моментів однопролітної балки (рис. 4 а). У такому разі роль елементів нижньої підвіски незначна і неістотно впливає на зміну згинальних моментів.

За величин крайнього прольоту ($1/7...1/6 L$) роль елементів нижньої підвіски в шпренгельній комбінованій конструкції була домінуючою (рис. 4 б, 4 в). У таких випадках вздовж балки жорсткості існують як від'ємні (в опорних проміжних перерізах), так і додатні згинальні моменти. У випадку за величини крайнього прольоту $1/6 L$ характер епюри згинальних моментів у балці жорсткості близький до рівномomentного.

За більших величин крайніх прольотів конфігурація епюри згинальних моментів має характер як для балки з проміжною опорою з тією відмінною, що згинальний від'ємний момент є меншим за пролітні (рис. 4 г).

Із графіків, показаних на рис. 4, бачимо, що найбільш раціональними для проектування є параметри балки за висоти $h=1500$ мм, навантаження $q=50$ кН і довжини крайнього прольоту $l_1=3000$ мм, та за висоти $h=2000$ мм, навантаження $q=50$ кН і довжини крайнього прольоту $l_1=3000$ мм.

Порівняння теоретичних значень вертикальних переміщень умовних вузлів балок, розрахованих за запропонованою методикою, з експериментальними вздовж прольоту балки і залежно від зміни зовнішнього навантаження в певних умовних вузлах показали досить близьку їхню збіжність. Різниця теоретичних і експериментальних результатів залежно від величини зовнішнього навантаження становила 0 – 3% (рис. 5).

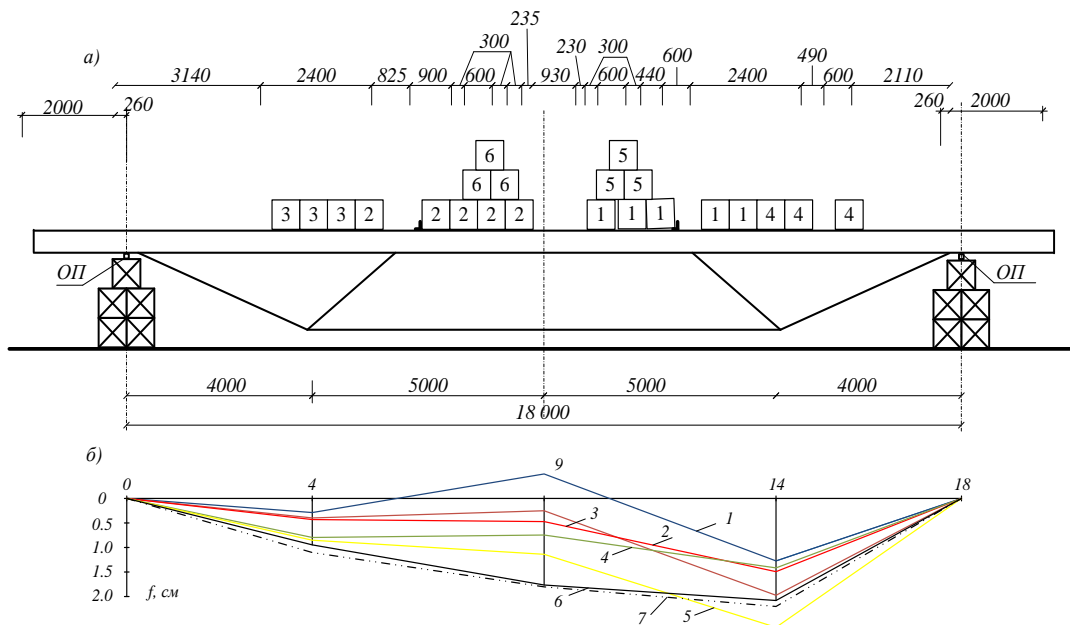


Рис. 5. Випробування комбінованої статично невизначеної конструкції: а) схема завантаження конструкції; б) епюри прогинів балки жорсткості: 1–6 – прогини балки жорсткості, експериментальні за стадій навантаження 1–6, 7 – прогини балки жорсткості теоретичні з розрахунку навантаження за стадії 6.

Висновки

1. Проведені розрахунки статично-невизначеної комбінованої металеві конструкції згідно з розробленою методикою, алгоритмом і програмним забезпеченням показали можливість їх використання в реальному проектуванні і будівництві.

2. Отримані згідно з розробленою методикою і алгоритмом у процесі розрахунків результати коректніше відображають дійсну роботу конструкції загалом порівняно з іншими відомими методиками.

3. Використання методики і алгоритму розрахунку комбінованих металевих конструкцій поширюється і для існуючих прогонових будов з виявленими в них у процесі попереднього обстеження дефектів і пошкоджень, а також для регулювання зусиль у таких системах. Теоретичні значення вертикальних переміщень вузлів балки жорсткості з експериментальними за довжиною прольоту балки жорсткості показали досить близьку їхню збіжність. Різниця теоретичних і експериментальних результатів залежно від величини зовнішнього навантаження становила 0-8%.

Бібліографічний список

1. Іваник І. Г. Розрахунок комбінованих конструкцій з використанням методу введення уявних шарнірів / І. Г. Іваник, С. І. Віхоть // Теорія і практика будівництва : Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2005. – № 545. – С. 74-78.
2. Кваша В. Г. Інженерний метод просторового розрахунку плитно-ребристих залізобетонних систем / В. Г. Кваша, І. Г. Іваник // Проблеми теорії і практики залізобетону : зб. наук. ст. Полтавського державного технічного університету ім. Кондратюка. – 1997. – Вип. 2. – С. 186-189.
3. Іваник І. Г. Розрахунок статично невизначених конструкцій / І. Г. Іваник, М. В. Гоголь, С. І. Віхоть // Дороги і мости : зб. наук. ст. – 2006. – № 6. – К., 2006. – С. 33-42.
4. Клименко Ф. Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием / Ф. Е. Клименко. – К. : Будівельник, 1984. – 88 с.
5. Віхоть С.І. Міцність і деформативність комбінованих металевих конструкцій з урахуванням раціонального проектування : автореф. дис. канд. техн. наук / С. І. Віхоть. – Львів, 2015. – 20 с.

Іваник І., Віхоть С. Методика регулювання рівномomentного стану комбінованих статично невизначених металевих конструкцій на стадії проектування

Проведено теоретичні дослідження статично невизначених шпренгельних металевих комбінованих конструкцій. Отримані у процесі математичних розрахунків на стадії проектування результати теоретичних досліджень металевої шпренгельної комбінованої конструкції дають змогу використовувати їх як несучі елементи легких перекриттів у складі залізобетонної плити.

Ключові слова: комбінована шпренгельна конструкція, напружено-деформований стан, дослідження, міцність, деформативність.

Иванык И., Вихоть С. Методика регулирования равномоментного состояния комбинированных статически неопределимых металлических конструкций на стадии проектирования

В статье проведены теоретические исследования статически неопределенных шпренгельных металлических комбинированных конструкций. Полученные в ходе математических расчетов на стадии проектирования результаты теоретических исследований металлической шпренгельной комбинированной конструкции дают возможность использовать их в качестве несущих элементов легких перекрытий в составе железобетонной плиты.

Ключевые слова: комбинированная шпренгельная конструкция, напряженно-деформированное состояние, исследования, прочность, деформативность.

Ivanyk I., Vikhot S. Method of combined control exactly moment states indefinite metal structures in stages of design

Theoretical researches statically of the indefinite combined constructions are conducted. Got during mathematical calculations on the stage of planning the results of theoretical researches of the metallic combined statically indefinite construction enable to use the constructions of such a type in quality the staples of easy permanent ceilings of the reinforced concretes.

Key words: combined trussing design, stress-strain state, research, strength, deformability.