

принципы вытесняющей вентиляции // Журн. АВОК. – 2003. – № 1. 5. Ливчак А.В. Вытесняющая вентиляция в школах // Журн. АВОК. – 2004. – № 8. 6. Livchak A., Nall D. Displacement Ventilation – Application for Hot and Humid Climate / Proceedings of Clima 2000. Napoli, Italy, 2001. 7. Жуковський С.С., Люльчак З.С. Вентиляція і кондиціювання // Термінологія. Види систем вентиляції. Ринок інсталяцій. – 2004. – № 2. – С. 52; № 3. – С. 60. 8. Жуковський С.С., Люльчак З.С. Вентиляція і кондиціювання // Термінологія. Види систем вентиляції і кондиціювання. Ринок інсталяцій. – 2004. – № 4. – С. 8; № 5. – С. 6; № 7–8. – С. 9; № 9. – С. 78. 9. Жуковський С.С., Клименко Г.М. Конструкційні особливості джерельних (фільтраційних) повітророзподільників і пропозиції щодо їх удосконалення // Наук. вісник: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ, 2007. – Вип. 17.6. – С. 101–106. 10. Скистад Х., Мундт Э., Нильсен П., Хагстрем К., Райлио Й. Вытесняющая вентиляция в производственных зданиях / Пер.с англ. – 2-е изд. испр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 104 с. 11. Патент України № 19497. Повітророзподільник / С.С. Жуковський, О.М. Довбуш, Г.М. Клименко. – Опубл. 15, Бюл. № 12.

УДК 624.21.004.69

І.Г. Іваник, С.І. Віхоть, Ю.Ю. Вибранець
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельного виробництва

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО- ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОМБІНОВАНИХ СТАТИЧНО НЕВИЗНАЧЕНИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ*

О Іваник І.Г., Віхоть С.І, Вибранець Ю.Ю., 2008

Проведено теоретичні дослідження статично невизначених комбінованих конструкцій. Отримані в ході математичних розрахунків на стадії проектування результати теоретичних досліджень металевої комбінованої статично невизначеної конструкції дають можливість використовувати конструкції такого типу як несучі елементи легких сталезалізобетонних перекриттів.

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.

Вступ. Ефект зменшення витрат матеріалів, як показує аналіз роботи комбінованих металевих конструкцій ще на стадії їх проектування, стає більшим при поєднанні в сумісній роботі металевих комбінованих конструкцій і залізобетонної плити. Комплекс розрахункових рішень дає змогу раціонально сформувані напружено-деформований стан у перетинах металевих балок двотаврового перетину, з яких утворюється конструкція перекриття чи покриття**. Згідно з розробленою методикою при проектуванні на початковому етапі теоретичних розрахунків порівняно легко враховувати будь-які умови роботи конструкції на зовнішнє навантаження.

Мета роботи. Дослідити комбіновані металеві конструкції з врахуванням особливості їх регулювання залежно від змін їх геометрії, пружних властивостей і роботи під навантаженням.

* Робота виконана під керівництвом канд. техн. наук, доц. каф. “Будівельне виробництво” Національного університету “Львівська політехніка” І.Г. Іваника.

** Іваник І.Г., Віхоть С.І. Розрахунок комбінованих конструкцій з використанням методу введення уявних шарнірів. Теорія і практика будівництва // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2005. – № 545. – С. 74–78.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При влаштуванні елементів посилення за допомогою комбінованих систем використання відомих методів, переважно, обмежується лише стадією проектування, оскільки при розрахунку існуючих конструкцій виникають певні труднощі з врахуванням дефектів і пошкоджень. Разом з тим існуючі методи не відображають реальної роботи всієї конструкції, не враховуючи при цьому взаємодії між елементами (шпренгельною частиною), які входять до складу просторової конструкції, внаслідок чого отримуємо результати з певним (до 12 %) запасом міцності, відмінною кривою епюр згинальних моментів (особливо в середній частині балки жорсткості) і епюрою поздовжніх сил в елементах підвіски (значні недонапруження).

Розроблений математичний апарат розрахунку комбінованих систем з врахуванням 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 розв'язку металевих систем складена програма реалізації алгоритму розрахунку на ЕОМ. На першому етапі розрахунку визначаються дані, за допомогою яких формуються і записуються матриця апроксимації, складена з коефіцієнтів рівнянь статки, а також матриці податливості.

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

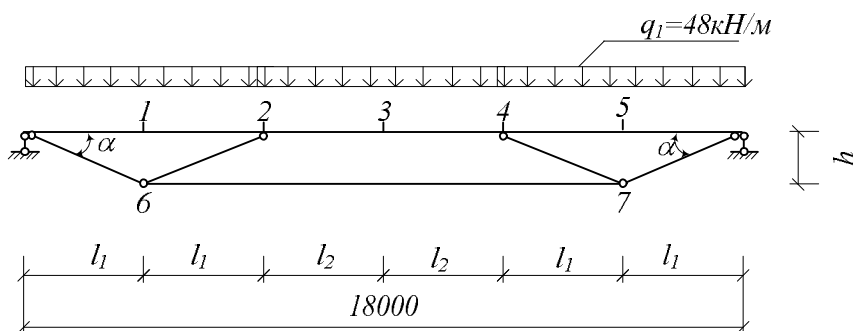


Рис. 1. Схема завантаження однопролітної комбінованої конструкції

Для комбінованих систем проводились розрахунки із 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.

Регулювання напружено-деформованого стану однопролітної комбінованої конструкції. Теоретичні розрахунки металевих однопролітних конструкцій виконані з метою визначення їх рівнонапруженого стану елементів, оцінки впливу геометричної топології і навантажень для подальшого використання цих конструкцій в складі багатопролітних розрахункових схем.

Для прикладу проведений теоретичний розрахунок комбінованої статично невизначено конструкції прольотом 18 м (рис. 1). Розрахункове навантаження на конструкцію $q=48$ кН/м.

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

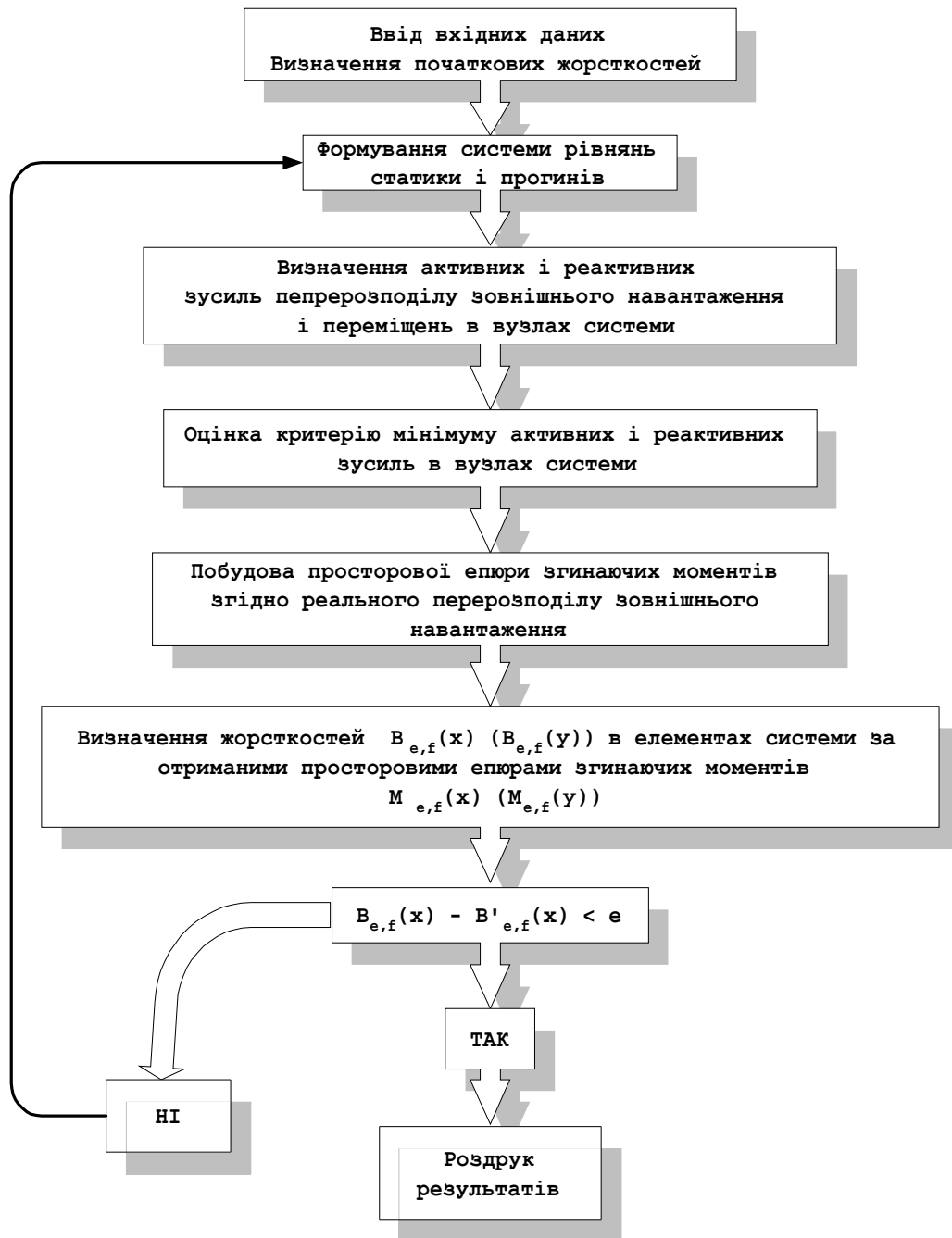
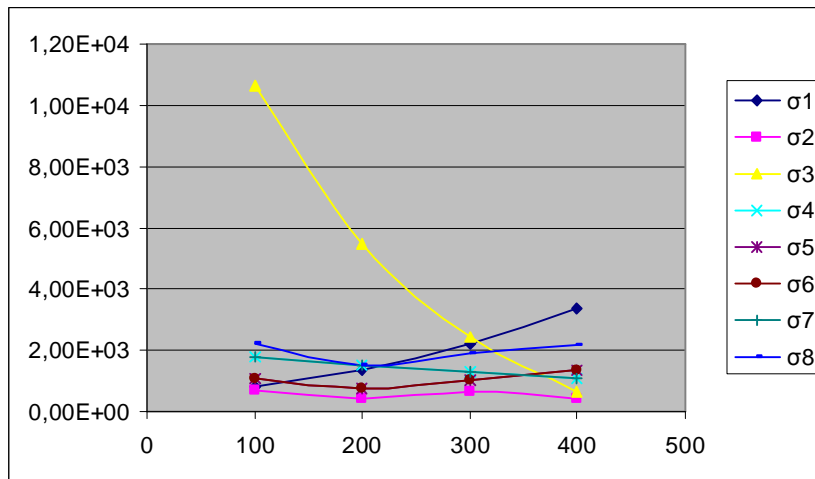
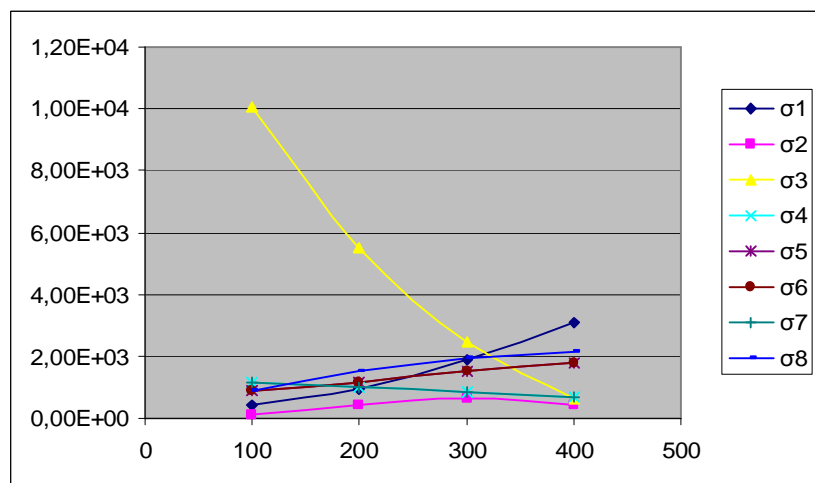


Рис. 2. Блок – схема розрахунку комбінованої металевої конструкції

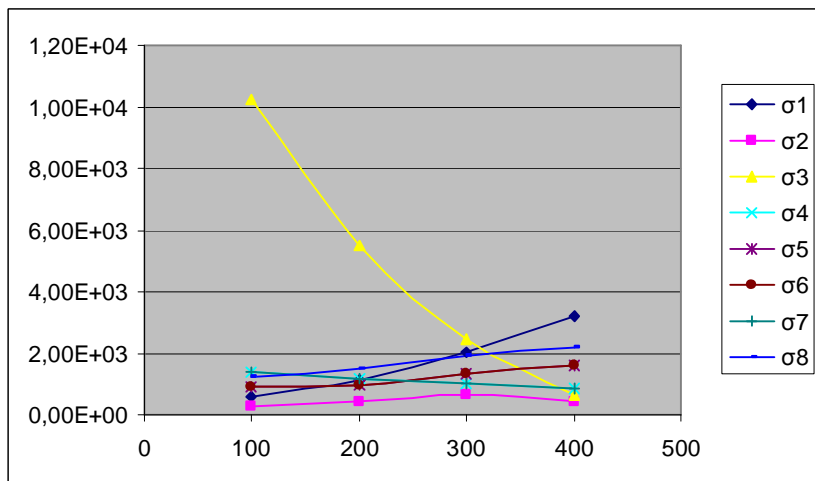
Як видно з графіків, зображених на рис. 3, найоптимальнішою величиною крайнього прольоту, при якій в елементах конструкцій виникають напруження, близькі до допустимих (рівнонапружений стан), є $l_1=1/6$ прольоту балки.



a



б



в

Рис. 3. Залежність напружень в елементах комбінованої конструкції від зміни величини прольоту $2l_1$:
 а – при куті нахилу крайнього відкосу $\alpha=30^\circ$ і висоті $h=1500$ мм; б – при куті нахилу крайнього відкосу $\alpha=10^\circ$ і висоті $h=2000$ мм; в – при куті нахилу крайнього відкосу $\alpha=50^\circ$ і висоті $h=2000$ мм; 1 – напруження в середній частині крайнього прольоту балки; 2 – напруження в 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

Як видно з графіків, зображених на рис. 4, при незначних величинах крайнього прольоту ($1/12 L$) згинальні моменти за довжиною балки жорсткості мають характер, подібний до згинальних моментів однопрольотної балки. У цьому випадку роль елементів підвіски є незначною і мало впливає на зміну згинальних моментів.

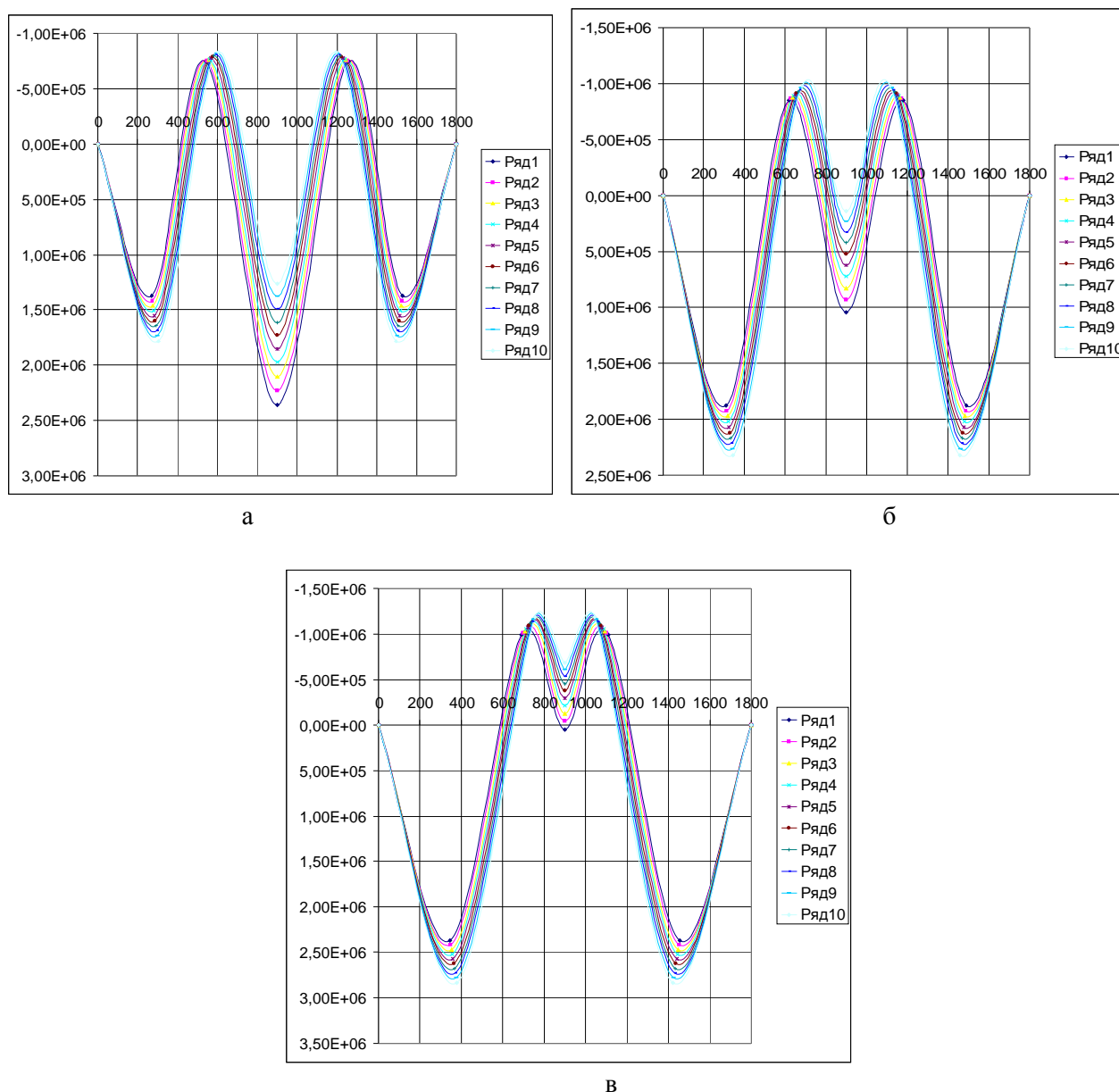


Рис. 4. Залежність згинальних моментів в елементах балки жорсткості комбінованої конструкції від зміни величини прольоту l_1 :
 а – при довжині $l_1=2340\dots2660$ мм; б – при довжині $l_1=2700\dots3020$ мм;
 в – при довжині $l_1=3060\dots3380$ мм

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

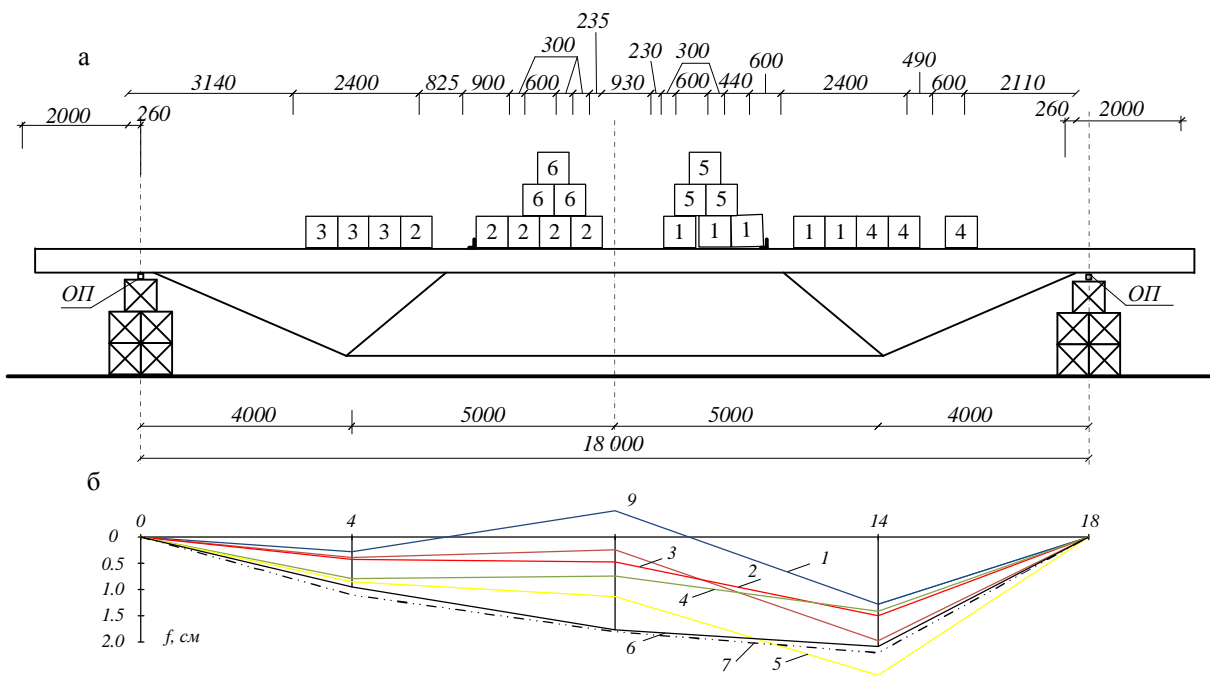


Рис. 5. Випробування комбінованої статично невизначеної конструкції:
 а – схема навантаження конструкції; б – епюри прогинів балки жорсткості:
 1–6 – прогини балки жорсткості експериментальні при стадіях навантаження 1–6,
 7 – прогини балки жорсткості теоретичні з розрахунку навантаження при стадії 6

Висновок. За результатами проведених теоретичних досліджень встановлено:

1. Результати розрахунків статично-невизначеної комбінованої металевої конструкції згідно з розробленою методикою, алгоритмом і програмним забезпеченням свідчать про можливість їх використання в реальному проектуванні і будівництві.
2. Отримані згідно з розробленою методикою і алгоритмом у процесі розрахунків результати коректніше відображають дійсну роботу всієї конструкції порівняно з іншими відомими методиками.
3. Використання методики і алгоритму розрахунку комбінованих металевих конструкцій поширюється і на існуючі прогонові будови з виявленими в них в процесі попереднього обстеження дефектів і пошкоджень. Для регулювання зусиль у таких системах теоретичні значення вертикальних переміщень вузлів балки жорсткості з експериментальними за довжиною прольоту балки жорсткості показали достатньо близьку їхню збіжність. Різниця теоретичних і експериментальних результатів залежно від величини зовнішнього навантаження становила 0–8 %.