

К.: Вища шк., 2002. – 277 с. 6. Добромислов А.Я. Расчет и конструирование систем канализации зданий. – М.: Стройиздат, 1978. – 120 с. 7. Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения: Справочник / Под общ. ред. А.М. Курганова. – Л.: Стройиздат, 1986. – 440 с. 8. Дрягина Е.С. Экспериментальное исследование зависимостей расхода, средней скорости и числа Рейнольдса от глубины наполнения трубопровода при турбулентном режиме движения жидкости // Сан. техника: Докл. I науч. конф. молодых учёных-строит. – Л.: ЛИИСИ, 1965. – С. 7–15. 9. Курганов А.М. Закономерности движения воды в дождевой и общесплавной канализации. – М.: Стройиздат, 1982. – 72 с. (Наука – строит. пр-ву). 10. Справочник по гидравлике / Под ред. В.А. Большакова. – К.: Вища шк., 1984. – 343 с.

УДК 624.014.25(088.8)

А.Я. Пенцак

Національний університет “Львівська політехніка”
кафедра будівельного виробництва

ВРАХУВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ВЕРХНЬОГО ПОЯСУ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКУ КОМБІНОВАНОЇ МЕТАЛОДЕРЕВ'ЯНОЇ ФЕРМИ

© Пенцак А.Я., 2004

Проаналізовано сучасні дослідження в царині врахування попередніх напружень на несучу здатність елементів металевих та металодерев'яних конструкцій. Запропоновано нову несучу комбіновану металодерев'яну балкову конструкцію, регулювання напружено-деформованого стану якої виконується без її попереднього напруження. Таке регулювання базується на методиці розрахунку конструкції за деформованим станом. Розроблено методику розрахунку металодерев'яної балкової системи з врахуванням її деформованого стану.

In the article modern researches are analyzed in the region of account of previous tensions on bearing one ability of elements of metallic that steel-wood constructions. A new bearing is offered the combined steel-wood beam construction adjusting of the tensions being of which is executed without its previous tension. Such adjusting is based on the method of calculation of construction after the deformed being. The method of calculation of the steel-wood beam system is developed taking into account its deformed being.

Постановка задачі. Розробка нових конструкцій має на меті покращити відомі конструкції передусім у сенсі зменшення їх вартості. Також при цьому враховують функціональні та естетичні показники – адже прогини балкових несучих конструкцій обмежені нормами [1]. Покращання економічних показників досягають регулюванням напружено-деформованого стану балкових несучих конструкцій, яке тепер виконують за допомогою їх попереднього напруження. Цьому питанню присвячена праця [2].

Стан проблеми. Недоліком цього напрямку регулювання напружено-деформованого стану конструкцій є те, що тут належно не враховані додаткові затрати на попереднє напруження.

Це пояснюється тим, що у колишньому СРСР ціни на працю та енергію мали символічне значення. Але нині, коли все має свою справжню ціну, ігнорувати затрати праці та енергії неприпустимо. Та позбутися попереднього напруження конструкцій під час регулювання їх напружено-деформованого стану за умови розрахунку конструкцій за недеформованою схемою неможливо. Це тому, що за допомогою попереднього напруження вибирати надмірні деформації конструкцій, які виникають у них при розрахунку за недеформованим станом.

Розв'язання задачі. Нижче пропонується нова несуча комбінована металодерев'яна балкова конструкція (рис. 1), регулювання напружено-деформованого стану якої виконується без її попереднього напруження. Таке регулювання базується на методиці розрахунку конструкції за деформованим станом. Ця методика започаткована у [3]. Вона, на відміну від традиційної методики [4], базується не на статичних, а на енерговаріантних принципах деформованих систем, зокрема на принципі Лагранжа. Вона дозволяє визначити зусилля у всіх елементах системи за її деформованим станом, що не потребує її попереднього напруження. За цією методикою всі балкові системи моделюються узагальнено балкою на крайніх шарнірних і проміжних пружинних опорах.

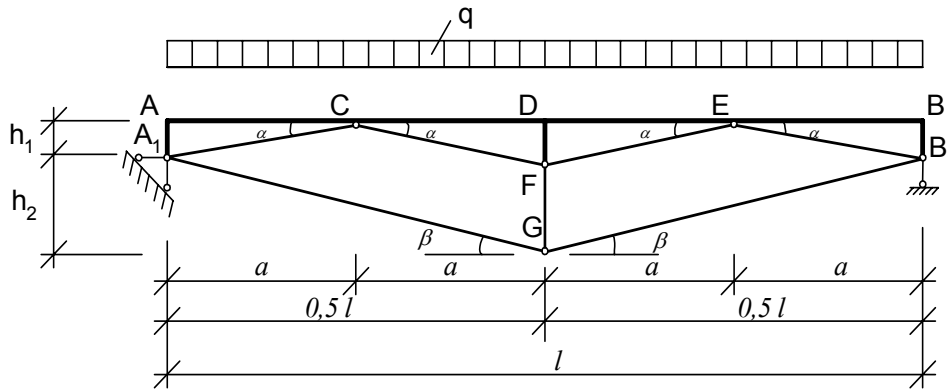


Рис. 1. Металодерев'яна комбінована система

Запропонована система відрізняється від стандартних комбінованих систем наявністю у балці жорсткості опорних стояків та топологією підкріплюючої системи. Така відмінність конструкції вносить деяку відмінність у методиці розрахунку, з якою розрахунок доводиться виконувати у два етапи. Опорні стояки викликають на опорах опорні моменти M_{on} , які потрібно задати як зовнішнє навантаження. Але на першому етапі розрахунку визначити точно величини цих моментів неможливо. Тому використовуємо принцип накладання, задавши на першому етапі розрахунку $M_{on} = 0$. Тоді розрахункова модель системи буде такою, як показано на рис. 2.

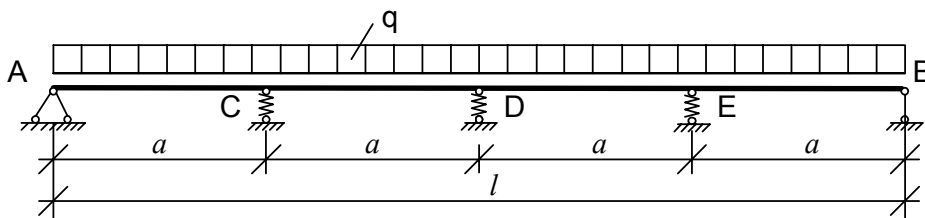


Рис. 2. Розрахункова модель системи (за умови $M_{on} = 0$)

Оскільки віддалі a можуть бути значними, то бажано мати прогини балки не лише на пружних опорах, але й у проміжках між ними. Тому у перетвореній для розрахунку системі поставимо потрібні зв'язки не лише на пружних опорах, але й у проміжках між ними. Така перетворена система показана на рис. 3.

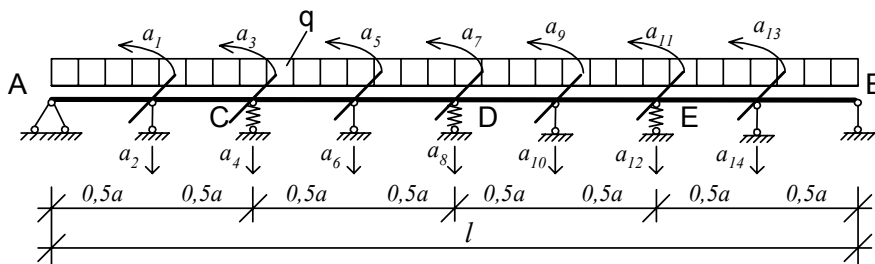


Рис. 3. Перетворена для розрахунку система

Отже, відмінності від класичного методу переміщень виявляються лише у значеннях γ_{ij} ($i = 4, 8, 12$) на пружних опорах, де у формулі для визначення γ_{ij} появляється величина k – коефіцієнт жорсткості пружної опори. Його величину, як і величини J_x , потрібно задавати. У першому наближенні приймаємо на основі рис. 2 значення $M_{\max} \cong \frac{qa^2}{16}$ і $R_D \cong qa$. Тоді за відомими формулами визначаємо

$$W_x = \frac{M_{\max}}{\gamma_c R_y}, \quad (5)$$

$$K_D = \frac{R_D}{\Delta_D}, \quad (6)$$

де Δ_D – осідання пружної опори D , при якому вирівнюються значення опорних і прогонного моментів.

Маючи значення W_x балки жорсткості, з таблиць геометричних характеристик прокатних профілів [6] знаходимо I_x . Оскільки у таблиці під час розрахунку підкріплюючої системи появляється стискальні сили N , то значення I_x беремо із запасом $\sim 30\%$. Практика числових досліджень комбінованих конструкцій показує, що значення Δ у формулі (6) знаходиться у межах $0,3-1,0$ см.

Визначивши всі елементи матриці R та компоненти вектора \bar{R}_q і розв'язавши на ПК матричне рівняння (1), одержимо деформований стан балки жорсткості. Для розрахунку підкріплюючої системи нам потрібні лише значення a_4, a_8 та a_{12} – величини осідання пружних опор. Тоді за формулою Вінклера знаходимо величини реакцій цих опор

$$R_{iq} = k_i a_i \quad (i = 4, 8, 12). \quad (7)$$

Визначивши реакції пружних опор за формулою (7), на основі методу перерізів та принципу рівноваги [5], визначимо зусилля у елементах підкріплення. Отже, для опори C маємо (рис. 6).

$$N_{A,C} = N_{C,F} = \frac{R_4}{2 \sin \alpha}. \quad (8)$$



Рис. 6. Розкладання реакції R_4 та складові зусилля у підкосах:
 а – схема вирізаного вузла C ; б – схема силового трикутника

Для пружної опори D одержимо

$$N_{DF} = R_8. \quad (9)$$

З умов симетрії маємо $N_{EF} = N_{CF}$ та $N_{B,E} = N_{A,C}$. Тоді вирізаємо вузли F та G і аналогічно попередньому визначаємо зусилля N_{FG} та $N_{A,G} = N_{B,G}$, тільки тепер матимемо не розкладання рівнодійної на складові, а рівновагу сил. Отже,

$$\sum Z_F = 0 \Rightarrow N_{FG} - N_{DF} - 2N_{CF} \sin \alpha = 0 \Rightarrow N_{FG} = N_{DF} + 2N_{CF} \sin \alpha, \quad (10)$$

$$\sum Z_G = 0 \Rightarrow 2N_{A,G} \sin \beta - N_{FG} = 0 \Rightarrow N_{A,G} = N_{B,G} = \frac{N_{FG}}{2 \sin \beta}. \quad (11)$$



Рис. 7. Рівновага вузлів F та G:
а – рівновага вузла F; б – рівновага вузла G

Реакції опор A_1 та B_1 будуть

$$V_{A_1} = V_{B_1} = \frac{ql}{2}. \quad (12)$$

Тоді визначаємо $N_{AA_1} = N_{BB_1}$ та $Q_{AA_1} = Q_{BB_1}$, вирізаючи і зрівноважуючи відповідні вузли.

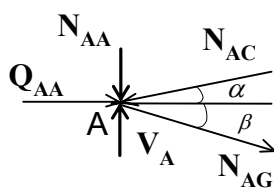


Рис. 8. Рівновага вузла A_1

$$\sum X = 0 \Rightarrow Q_{AA_1} - N_{A_1C} \cos \alpha + N_{A_1G} \cos \beta = 0 \Rightarrow Q_{AA_1} = N_{A_1C} \cos \alpha - N_{A_1G} \cos \beta, \quad (13)$$

$$\sum Z = 0 \Rightarrow -N_{AA_1} - N_{A_1C} \sin \alpha - N_{A_1G} \sin \beta + V_{A_1} = 0 \Rightarrow N_{AA_1} = V_{A_1} - N_{A_1C} \sin \alpha - N_{A_1G} \sin \beta. \quad (14)$$

Тепер можемо визначити опорні моменти у балці жорсткості.

$$M_{on} = Q_{AA_1} \cdot h_1. \quad (15)$$

Після того коректуємо розрахункову модель, що на рис. 2. Вона показана на рис. 9.

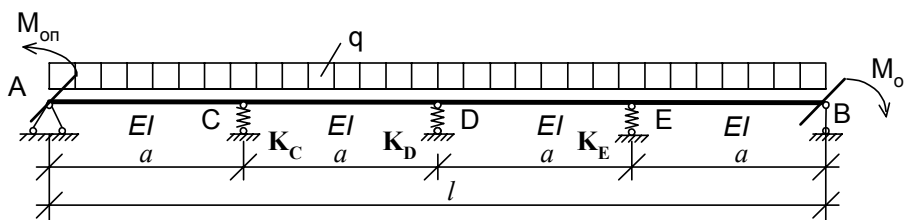


Рис. 9. Розрахункова модель системи

Тепер виконується другий етап розрахунку за формулами (1)–(13). Якщо при цьому нове значення M_{on} буде відрізняться від попереднього не більше як 5 %, то можна вважати, що результат задовільний – інакше необхідно другий етап повторити.

Після того знаходимо нормальні сили у балці жорсткості по всій її довжині. Очевидно, що на відтинках AC та BE матимемо $N_{AC} = Q_{AA_1}$ і $N_{BE} = Q_{BB_1}$. Для визначення $N_{CD} = N_{DE}$ скористаємося методом перерізів та принципом рівноваги.

Таким чином зусилля у всіх елементах системи визначені. Тоді перевіряємо напруження у балці жорсткості за формулою

$$\sigma_{\max} = \left| \frac{N}{A} + \frac{M}{W_x} \right| \leq \gamma_c R_y. \quad (17)$$

Якщо значення I_x було задане невдало, і формула (17) не виконується, потрібно змінити величину I_x і розрахунок повторити.

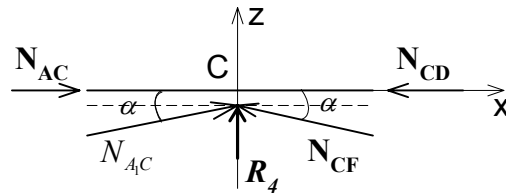


Рис. 10. Рівновага вузла C

Після того підбираємо перерізи елементів підкріплення балки жорсткості за узагальненою формулою

$$A = \frac{N}{\varphi \gamma_c R_y}, \quad (18)$$

де $\varphi = 1$ – для розтягнутих елементів; $\varphi < 1$ – для стиснутих елементів.

Причому з умов обмежених розрахунком значень a_i ($i = 4, 8, 12$) величини A потрібно підбирати із деяким запасом (до 20 %). Після того знаходимо сумарну деформацію стоек DF та FG

$$\Delta l = \frac{N_{DF} \cdot l_{DF}}{E_{DF} \cdot A_{DF}} + \frac{N_{FG} \cdot l_{FG}}{E_{FG} \cdot A_{FG}}. \quad (19)$$

Цю деформацію віднімаємо від значення a_8 і одержуємо допустиму деформацію $[f]$ системи. Отже,

$$[f] = a_8 - \Delta l. \quad (20)$$

Після того за методом Мора визначаємо загальний прогин системи f , який не повинен перевершувати допустимої деформації $[f]$. Одиничний стан системи для визначення її прогину за методом Мора показано на рис. 11.

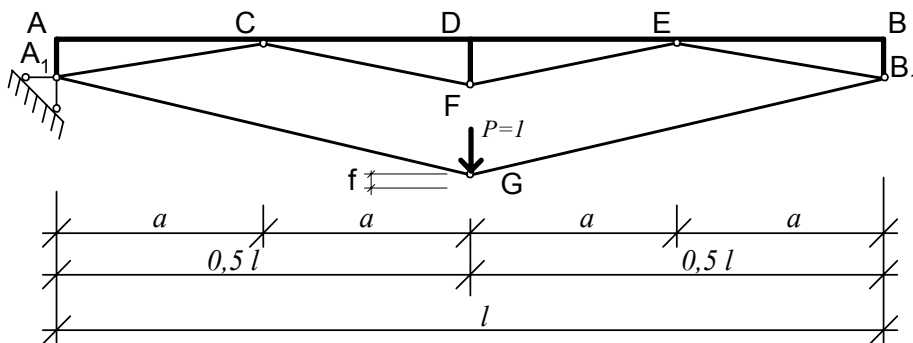


Рис. 11. Одиничний стан для визначення прогину системи за методом Мора

Тоді за формулою Мора одержимо

$$f = \sum_{i=1}^{13} \frac{N_{iq} \cdot \bar{N}_i \cdot l_i}{E_i \cdot A_i} \leq [f]. \quad (21)$$

Якщо нерівність (21) не виконується, то потрібно змінити перерізи елементів підкріплення A_i ($i = \overline{1,8}$) і за формулою (21) розрахунок повторити.

Ескізні схеми зусиль у системі показані на рис. 12.

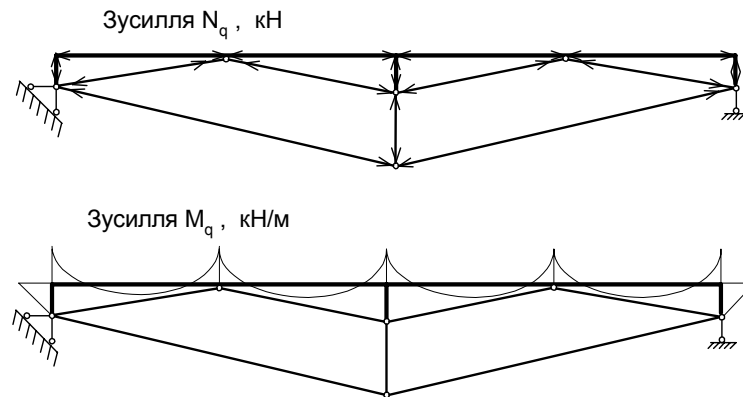


Рис. 12. Ескізні схеми зусиль у елементах системи

Із схем бачимо, що моменти у балці жорсткості кількакратно менші, ніж у звичайній балці, а кількість елементів значно менша, ніж у відповідній фермі. Отже, завдяки розрахунку за деформованим станом запропонована система є вигіднішою, ніж звичайна балка чи ферма.

Висновки. Розроблено інженерну методику розрахунку системи з врахуванням деформованого стану. Ця методика дозволяє рівномірніше розподілити зусилля по довжині балки жорсткості.

1. Нилов А.А., Пермяков В.А., Прицкер А.Я. *Стальные конструкции производственных зданий. Справочник.* – К.: Будівельник, 1989. 2. Беленя Е.И. *Обзор исследований предварительно напряженных металлических конструкций // III Междунар. конф. по предварительно напряженным металлическим конструкциям. Т. 5.* – М., 1971. 3. Гоголь М.В. *Работа стиснутих стальных стержней, які підсилюються під навантаженням з регулюванням зусиль в елементах, які напружуються: Автореф. дис. ...канд техн. наук.* – М., 1989. 4. Трохимович В.В., Пермяков В.А. *Оптимизация металлических конструкций.* – К.: Вища школа, 1983. 5. Чайка Б.С. *Розрахунки будівель та їх конструкцій.* – Львів: Край, 1995.

УДК 628.54:628.16:628.3

А.Я. Регуш, В.І. Желяк, В.М. Сівак*

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра гідравліки та сантехніки

*Український державний університет водного господарства
та природокористування, м. Рівне, Україна,
кафедра водопостачання та бурової справи

ГІДРАВЛІЧНІ ПАРАМЕТРИ КЛИНОПТИЛОЛІТОВОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ АДСОРБЕРІВ

© Регуш А.Я., Желяк В.І., Сівак В.М., 2004

Наведені результати гідравлічних досліджень фільтрування на моделі адсорбера з клиноптилолітовим навантаженням.

The results of experimental researches of the filtration process on the model of adsorber with clinoptilolites load are presented.

Постановка проблеми. Впровадження клиноптилоліту Сокирницького родовища у адсорбційні технології очищення природних та стічних вод спричинене їх дешевизною порівняно із