

ДОСЛІДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Гоголь М.В., 2007

Викладено результати дослідження і розрахунку раціональних параметрів комбінованих конструкцій залежно від їх топології. Показано графік залежності маси конструкцій залежно від кута нахилу елементів підкріплювальної системи.

In the article the effectiveness of combine steel structures compeering to traditional beam structures is proved. The results of research and calculation of rational parameters of the combined constructions depending on their topology are presented. The graph of dependence of dead load is resulted depending on the angle of slope of elements of supporting systems.

Актуальність проблеми. Основними напрямками розвитку металевих конструкцій є зниження їх матеріаломісткості, працемісткості і собівартості заводського виготовлення. Поставлена проблема може бути вирішена розробкою і створенням ефективних конструктивних форм, удосконаленням методів розрахунку і норм проектування [2, 3].

Оскільки одним із масових видів металевих конструкцій є конструкції перекриттів і покриттів (шпренгельні прогони ферми, вантові і висячі системи тощо), то і знаходження ефективних шляхів ресурсозаощадження, підвищення конкурентоспроможності будівельних металевих конструкцій, виготовлених на заводах України, є вкрай актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективність використання комбінованих металевих конструкцій порівняно з балковими не викликає ніякого сумніву [8]. Однак до цього часу існують значні розбіжності стосовно кута нахилу шпренгеля або підвіски до балки жорсткості. Так, в [4] значення цього кута прийнято $\sim 15^\circ$. У [4] підкреслюється, що чим менший кут, тим конструкція є більш вигідною. Автори [1, 5] рекомендують висоту шпренгельної балки приймати у межах $(1/2,5-1/6)l$. У [7] на основі оптимізації показано, що кут 45° забезпечить мінімальну масу шпренгельної балки.

Мета роботи – для визначення раціональних геометричних параметрів комбінованих конструкцій необхідно провести дослідження впливу кута нахилу нижнього пояса на матеріаломісткість шпренгельної балки.

Виклад матеріалу. Розглянемо вплив кута нахилу нижнього пояса на масу конструкції на прикладі одностоякової шпренгельної балки. Така балка досліджена у [7] із застосуванням оптимізації. Але вона розглянута там, як система статично невизначена. Ми ж розглянемо її як систему статично визначену. Подібно до [7] розглянемо лише рівнорозподілене навантаження “q” (рис. 1).

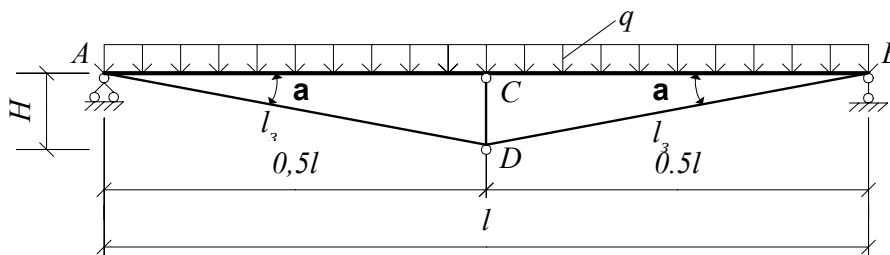


Рис. 1. Одностоякова шпренгельна балка

Максимальний згинальний момент для однопролітної балки визначимо за відомою формулою

$$M_{max} = \frac{ql^2}{8}. \quad (1)$$

Цей зовнішній момент буде зрівноважений внутрішнім моментом, що виникне у системі. Для його визначення застосуємо січення 1-1 (рис. 2), безконечно близьке до стояка конструкції, і розкладемо зусилля у затяжці N_3 на складові.

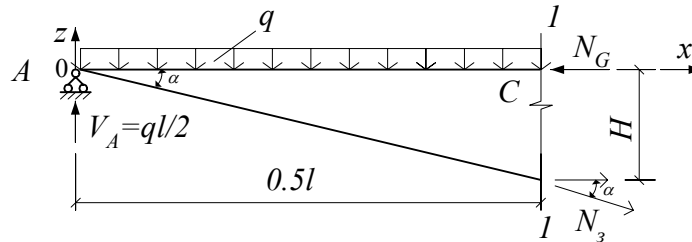


Рис. 2. Рівновага половини конструкції

Тоді

$$\sum M_{1-1} = 0 \Rightarrow \frac{ql^2}{8} = HN_3 \cos \alpha \Rightarrow N_3 = \frac{ql^2}{8H \cos \alpha}. \quad (2)$$

Зусилля у стояку визначимо, висікши вузол "Д". Отже (рис. 3):

$$\sum Z = 0 \Rightarrow -N_c + 2N_3 \sin \alpha = 0 \Rightarrow N_c = 2N_3 \sin \alpha. \quad (3)$$

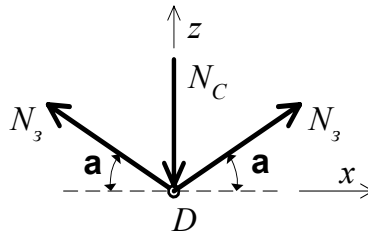


Рис. 3. Рівновага вузла "Д"

На основі схеми рис. 2 матимемо

$$H = \frac{1}{2} l \operatorname{tg} \alpha. \quad (4)$$

Підставивши (4) у формулу (2), одержимо

$$N_3 = \frac{ql^2}{8 \cdot \frac{1}{2} l \operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \alpha} \Rightarrow N_3 = \frac{ql}{4 \sin \alpha}. \quad (5)$$

Підставивши вираз (2) у формулу (3), одержимо

$$N_c = \frac{ql}{2}. \quad (6)$$

На основі рис. 2 одержимо

$$N_6 = N_3 \cos \alpha \Rightarrow N_6 = \frac{ql}{4} \operatorname{ctg} \alpha. \quad (7)$$

Із одержаних залежностей бачимо, що зусилля у затяжці N_3 можуть змінюватися залежно від величини " α ", від значень $ql/4$, коли $\alpha = 90^\circ$, до ∞ , коли $\alpha = 0^\circ$. Отже, значення кута " α " дуже впливає на величину маси системи. Із формули (7) зрозуміло, що за $\alpha = 0^\circ$ значення N_6 також стає

безконечним. Але кут “ α ” впливає не лише на значення N_3 та N_6 , але й на довжину стояка і тяжів. Із рис. 1 очевидно, що

$$l_3 = \frac{1}{2 \cos \alpha}. \quad (8)$$

У той самий час

$$A_3 = \frac{N_3}{\gamma_c R_y} = \frac{ql}{4\gamma_c R_y \sin \alpha} \quad A_3 = \frac{ql}{4\gamma_c R_y \sin \alpha}. \quad (9)$$

Маса зтяжки m_3 становитиме

$$m_3 = l_3 A_3 = \frac{l}{2 \cos \alpha} \cdot \frac{ql}{4\gamma_c R_y \sin \alpha} \quad m_3 = \frac{ql^2}{4\gamma_c R_y \sin 2\alpha}. \quad (10)$$

Із формули (10) очевидно, що $m_3 \rightarrow \min$, коли $\sin 2\alpha \rightarrow \max$, тобто, коли $\alpha = 45^\circ$. Цей результат відповідає дослідженням [7], тільки там він одержаний на основі теорії оптимізації. Але в обох випадках не враховано вартості будівлі, яка за $\alpha = 45^\circ$ буде значно більшою, ніж за умови застосування замість шпренгельної балки ферми, чи тим більше прокатної балки, висоти яких становлять $H \leq l/8$, що відповідає кутів $\alpha \approx 14^\circ$. Саме такий кут “ α ” прийнято у шпренгельному прогоні [6], про який детальніше буде сказано далі.

Для більшої наочності функцію (10) зобразимо графічно (рис. 4) у системі координат $m - 2\alpha$, прийнявши умовно масу зтяжки за $\alpha = 45^\circ$ за одиницю.

Із графіка рис. 4 бачимо, що маса зтяжки за $\alpha = 15^\circ$, а також $\alpha = 75^\circ$ у два рази більша, ніж за $\alpha = 45^\circ$. А за $\alpha = 10^\circ$ і $\alpha = 80^\circ$ вона майже втричі більша, ніж за $\alpha = 45^\circ$. За $\alpha = 30^\circ$ і $\alpha = 60^\circ$ маса зтяжки буде більшою, ніж за $\alpha = 45^\circ$, всього на $\sim 15\%$, що можна допустити. Отже, з умов впливу на вартість будівлі кут “ α ” одностоякової шпренгельної балки не повинен перевищувати $\sim 14\%$, тоді висота “ H ” відповідатиме висоті ферми.

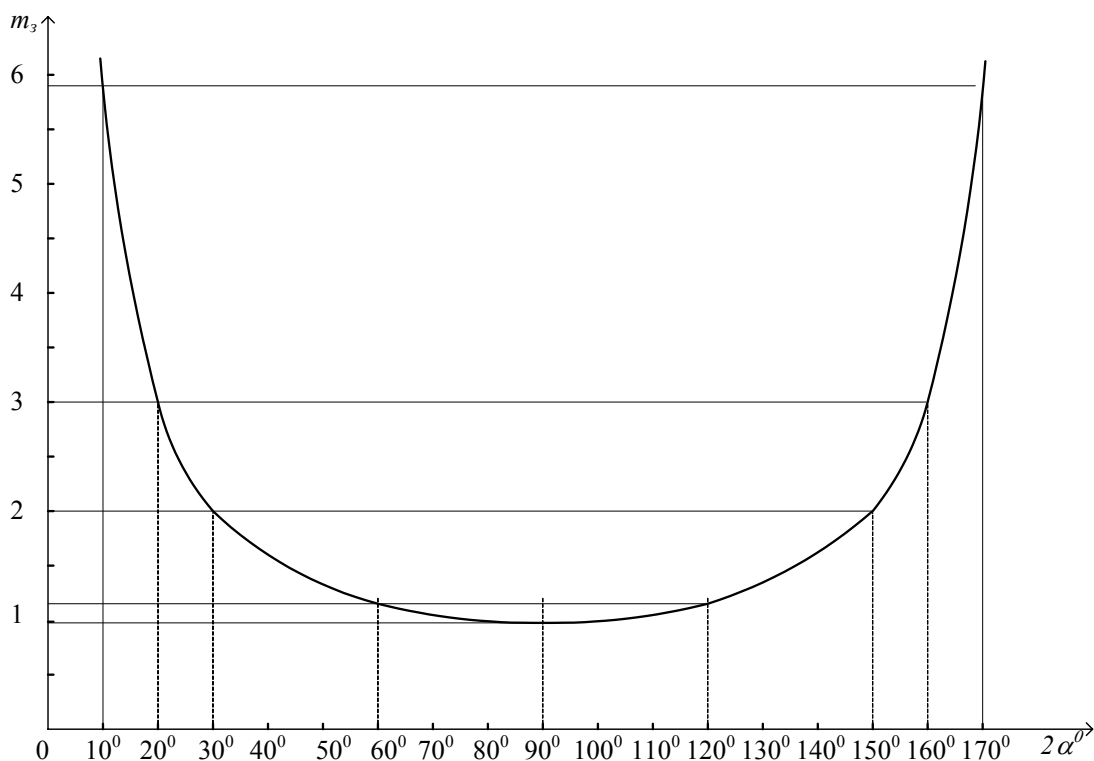


Рис. 4. Графік залежності маси зтяжки одностоякової шпренгельної балки від кута “ α ”

Щоб визначити вплив значення “ α ” на роботу балки жорсткості, визначимо функціональну залежність M_x від “ α ”. На основі рис. 2 одержимо

$$M_x = V_A x - N_3 \sin \alpha \cdot x - \frac{qx^2}{2} = \frac{ql}{2} x - \frac{ql}{4 \sin \alpha} \cdot \sin \alpha \cdot x - \frac{qx^2}{2} \Rightarrow M_x = \frac{qx}{4} (l - 2x). \quad (11)$$

Як бачимо, кут “ α ” зовсім не впливає на епюру M_x у балці жорсткості, а лише на значення нормальної сили в ній, яка визначається за формулою (7). Очевидно, що мінімальне значення N_6 і визначатиме мінімальну масу балки жорсткості. Отже, для балки жорсткості найвигіднішим є $\alpha=90^\circ$, тобто відсутність шпренгеля, тоді $N_6=0$. Тому вигідний для шпренгельної системи кут “ α ” буде визначальним і для балки жорсткості, а саме: $30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$. Але з умов вартості будівлі прийнятним буде лише $\alpha \approx 30^\circ$.

Із формул (6) та (11) бачимо, що за відсутності деформації системи на величини “ N_6 ” та M_x значення кута “ α ” не впливає зовсім. Визначимо за цих умов значення M_x за $x=l/2$. На основі формули (11) одержимо

$$M_{x=l/2} = \frac{q}{4} \frac{l}{2} (l - 2 \frac{l}{2}) = 0.$$

Отже, за відсутності деформацій досліджувана система працює як дві однопролітні балки прольотами $0,5l$. Це підтверджує і умова рівноваги шпренгельної балки:

$$Z = 0 \Rightarrow 2 \frac{ql}{2} - 2 \frac{ql}{4 \sin \alpha} \cdot \sin \alpha + \frac{ql}{2} - ql \Rightarrow 0 \equiv 0.$$

Все сказане про масу “ m_3 ” зтяжки (тяжа) правомірне і для інших комбінованих конструкцій. Це доведемо математично на основі таких міркувань.

Визначимо значення m_3 через зусилля в ній. Для цього значення “ N_3 ”, визначене за формулою (5), підставимо у формулу (10). Тоді одержимо

$$m_3 = \frac{ql^2}{4\gamma_c R_y \sin 2\alpha} = \frac{N_3 l \sin \alpha}{\gamma_c R_y \sin 2\alpha} = \frac{N_3 l \sin \alpha}{\gamma_c R_y 2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha} = \frac{N_3 l}{2\gamma_c R_y \cos \alpha} \Rightarrow m_3 = \frac{N_3 l}{2\gamma_c R_y \cos \alpha}. \quad (12)$$

Підставивши у формулу (12) значення “ l_3 ” із формули (8), одержимо

$$m_3 = \frac{N_3 l_3}{\gamma_c R_y}. \quad (13)$$

З врахуванням залежності (9) із формули (13) одержимо

$$m_3 = A_3 \cdot l_3. \quad (14)$$

Отже, формула (14) відповідає формулі (10), з якої вона одержана. Тому для неї правомірне все сказане щодо формули (10), зокрема і графік, що показаний на рис. 4. Але формулу (14) правомірно застосувати не лише для одностоякової шпренгельної балки, але й для будь-якої системи – адже маса “ m_3 ” в ній залежить лише від довжини “ l_3 ” похиленого елемента та його перерізу “ A_3 ”. Тобто все сказане про кут “ α ” нахилу елемента до горизонту можна вважати правомірним не лише для усіх комбінованих систем, але й для ферм.

Висновки: 1. На основі проведеного аналізу і запропонованого методу розрахунку комбінованих систем отримано практичні залежності маси комбінованої конструкції від кута нахилу елементів зтяжки.

2. Отримані залежності раціональних параметрів поширюються також на конструкції ферм.

1. Беленя Е.И. Предварительно напряженные несущие металлические конструкции. – М.: Стройиздат, 1975. – 416 с. 2. Гоголь М.В. Основні принципи формування нових типів конструкцій з регулюванням зусиль // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2002. – № 441. – С. 53–58. 3. Мельников Н.П. Современное состояние и перспектива развития металлических конструкций. – М.: Стройиздат, 1983. – 538 с. 4. Киянов И.М. Оптимальные параметры геометрии арки с зтяжкой и шпренгельной балки, преднапряженных постоянным усилием // Вестник ОГУ. –

2001. – № 2. – С. 127–131. 5. Лащенко М.Н. Регулирование напряжений в металлических конструкциях. – Л. – М.: Госстройиздат, 1966. – 191 с. 6. Муханов К.К. Металлические конструкции. – М.: Стройиздат, 1978. – 572 с. 7. Трофимович В.В., Пермяков В.А. Оптимальное проектирование металлических конструкций. – К.: Будівельник, 1981. – 136 с. 8. Ференчик П., Тохачек М. Предварительно напряженные стальные конструкции: Пер. с нем. – М.: Стройиздат, 1979. – 423 с.

УДК 624.012

Б.Г. Гнідець

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра будівельної механіки

ДОСЛІДЖЕННЯ І ЗАСТОСУВАННЯ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ГРОМАДСЬКИХ БУДИНКІВ

© Гнідець Б.Г., 2007

Наведено результати досліджень систем збірно-монолітних конструкцій перекриттів і покриттів, розроблених у Національному університеті “Львівська політехніка”, і їх впровадження на будівництві різних громадських будинків. Конструкції цих систем перекриттів виконуються з двох типів збірних залізобетонних елементів: попередньо напружених балок прямокутного перерізу і ребристих плит прямокутної або трикутної форми в плані.

Prestressed built-up-monolithic cuisson shaped fload and roof systems presented in this article were designed and developed in “Lviv Polytechnic” National University “and implemented in different civil building recently constructed in Lviv-city. Structures of these systems consist of two types of prefabricated reinforced concrete element”: rectangular prestressed beams and ribbed slabs of square or triangular shape in plane.

Постановка проблеми. Нові і щоразу більші вимоги до архітектури громадських будинків і пошуки відходу від одноманітності забудови міст пов’язані з переходом від традиційних схем будинків та споруд прямокутної форми до складніших площинних і просторових систем. Як показує досвід останніх десятиліть, для перекриттів нових будинків за великих прогонів і навантажень успішно можуть застосовуватись різні перехресні системи балок з суцільною стінкою, балок з отворами, ферм, шпренгелів, а також кесонних конструкцій з монолітного і збірно-монолітного залізобетону.

В практиці будівництва знайшли застосування такі методи зведення цих конструкцій:

- з монолітного залізобетону на суцільних риштуваннях в дерев’яному або металевому палубленні;
- із збірних елементів, об’єднаних напружуваною арматурою на суцільних риштуваннях;
- перекриття із збірно-монолітного залізобетону, в яких балки застосовують із збірних елементів, а плити виконують з монолітного залізобетону, або балки бетонують на суцільних риштуваннях, а на них вкладають плоскі збірні плити;
- збірно-монолітні кесонні перекриття, які збирають на суцільних риштуваннях з однотипних залізобетонних або армоцементних кесонів. Між ребрами таких кесонів встановлюють і замоноличують робочу звичайну або напружувану арматуру. Такі збірно-монолітні перекриття можуть також замоноличуватись на рівні першого поверху і споруджуватись методом піднімання.