

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ БАЛКО-ФЕРМ ПРИ НЕСИМЕТРИЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

© Гоголь М.В., 2007

Наведено результати числових досліджень особливостей роботи балко-ферми при несиметричному навантаженні. Показано, що найраціональнішою є топологія балко-ферми за співвідношення висоти до прольоту як 1 до 10.

In this article the results of numerical researches of features of work of beam-farm are presented at the asymmetrical loading. It is shown that most rational is a topology of beam-farm at correlation of height to flight as 1 to 10.

Постановка проблеми. Ефективність роботи балко-ферми (балки шпренгельного типу) при симетричному навантаженні наведено у попередніх працях [1, 3].

За нормами постійне навантаження «q» прикладають за всією довжиною несучої конструкції, тоді як тимчасове «р» може мати два варіанти прикладання: за всією довжиною конструкції або на її половині. Під цим кутом зору розглянемо окремо проектування звичайної прокатної балки та балки шпренгельного типу – балко-ферми. Прийнемо, що тимчасове навантаження має величину $p=2g$.

За першим варіантом навантаження на балку одержимо епюру M_q (рис. 1).

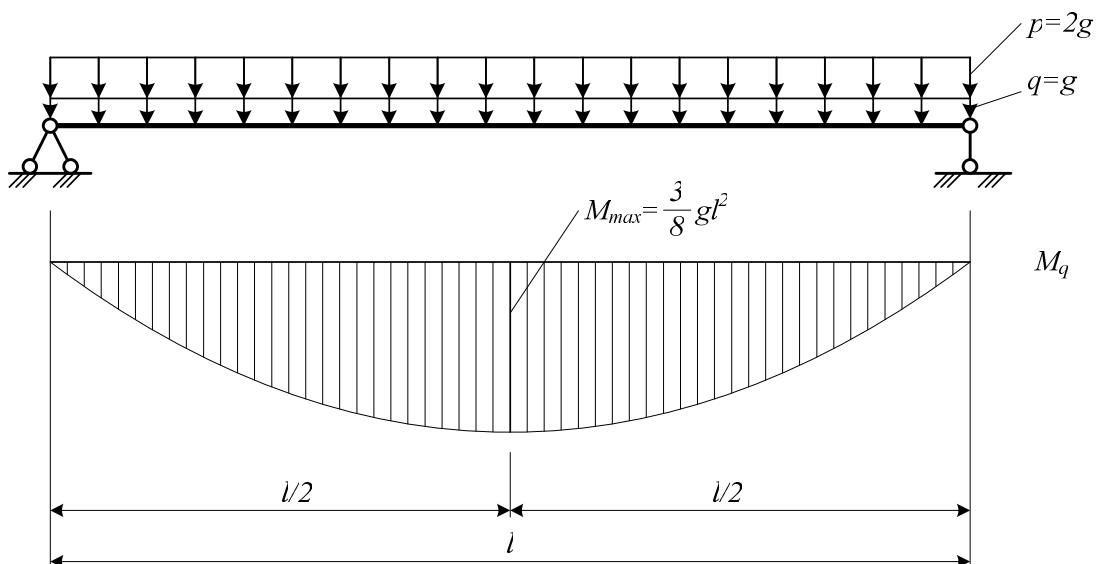


Рис. 1. Еюра M_q при «р» за всією довжиною балки

За другим варіантом еюра M_q буде такою, як на рис. 2.

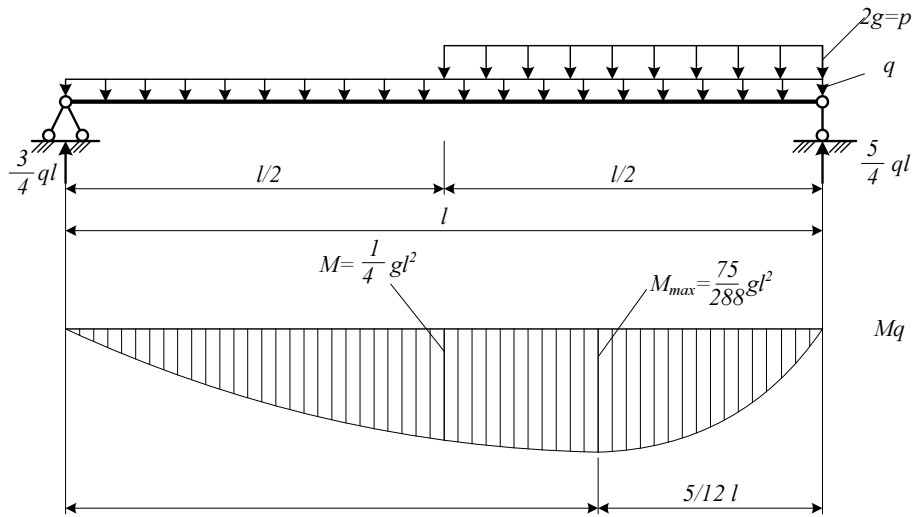


Рис. 2. Етюра M_q при « q » по правій половині балки

Із рис. 1 та рис. 2 бачимо, що менш вигідним є перший варіант навантаження, за яким $M_{\max} = 3/8 gl^2$, тоді як за другим варіантом $M_{\max} = 75/288 gl^2$, що на $\sim 31\%$ менше.

Числові дослідження

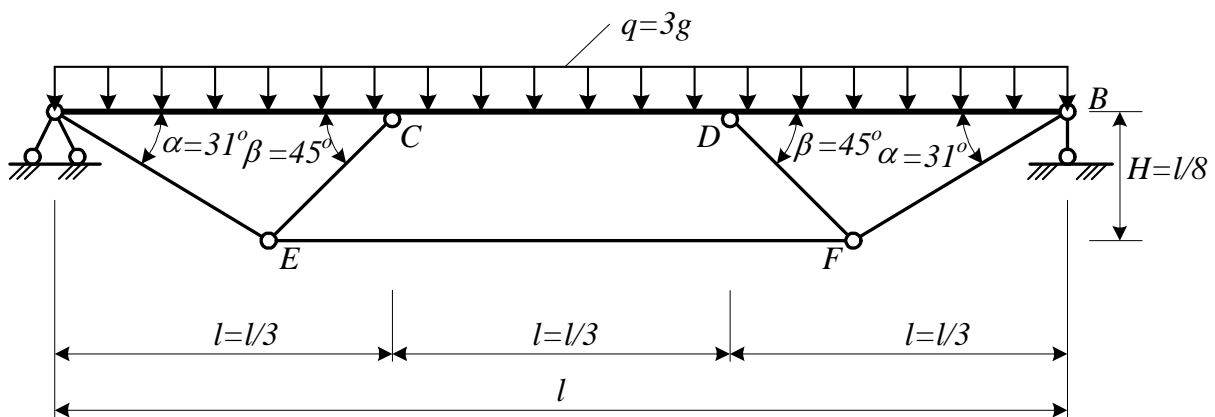


Рис. 3. Схема балко-ферми у разі навантаження « p » за всією довжиною

Отже, припустимо, що потрібно запроєктувати типову балко-ферму у разі навантаження $p=2g$, тобто $q=3g$ (рис. 3) [2]. Одержати результат у загальній формі можна лише наближено. Числові дослідження балко-ферми запропонованим методом показують, що відрегульованими можна одержати зусилля при $l_1 = l_2 \cong l/3$. Наближено такі зусилля будуть такими, як подано на рис. 4.

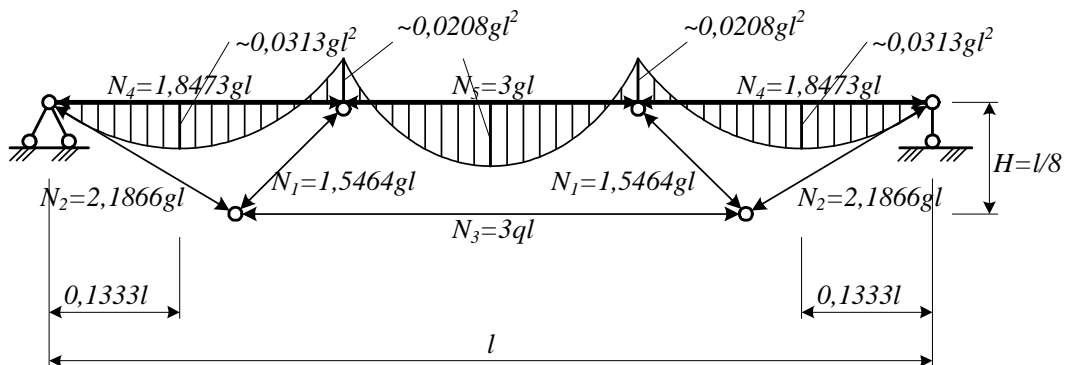


Рис. 4. Наближені значення зусиль у балко-фермі при $q=3g$

Тепер розглянемо варіант, коли тимчасове навантаження є однобічним (рис. 5).

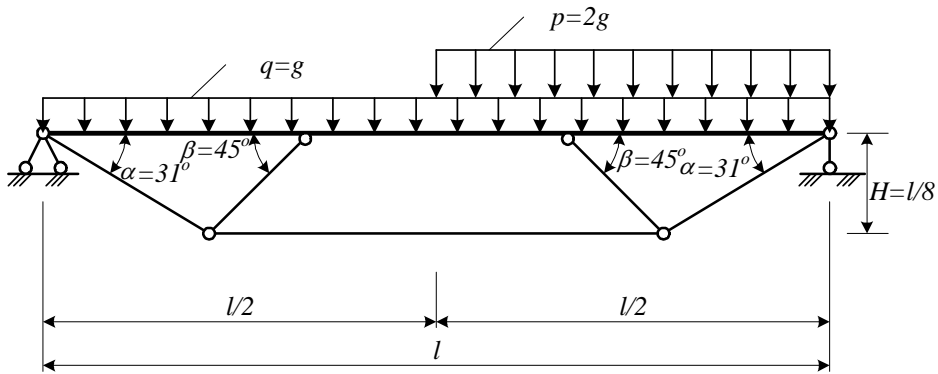


Рис. 5. Схема балко-ферми у разі однобічного навантаження $p=2g$

Щоби одержати зусилля у загальній формі, скористаємося розкладанням одночасного навантаження на симетричне та асиметричне (рис. 6).

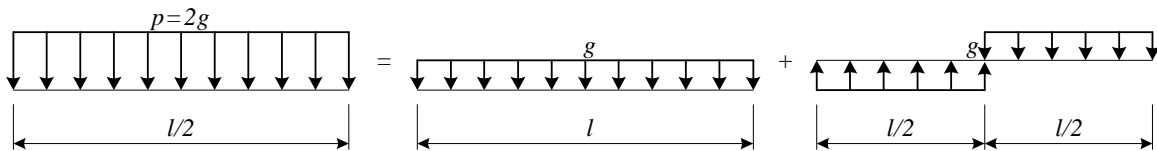


Рис.6. Заміна однобічного навантаження симетричним та асиметричним

Симетричну частину тимчасового навантаження можна додати до постійного, яке матиме величину « $2g$ ». Відрегульований розподіл зусиль (наближений) від такого навантаження буде таким, як на рис.7.

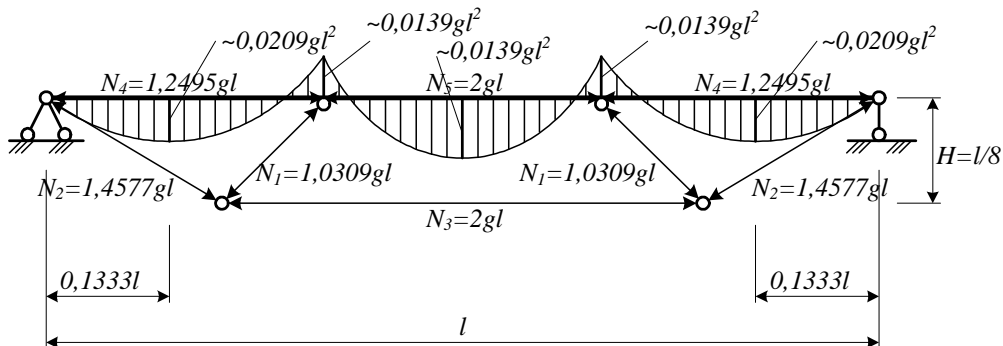


Рис.7. Наближені значення зусиль у балко-фермі при $q=2g$

У разі асиметричного навантаження шпренгельна система не працюватиме, а працює лише балка жорсткості, для якої епюру М подана на рис. 8.

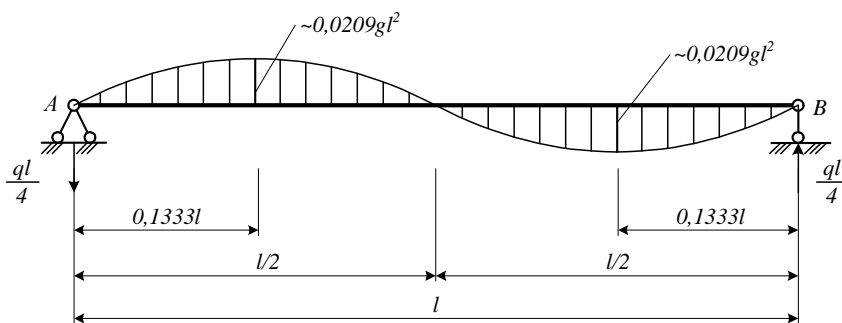


Рис. 8. Наближені значення зусиль у балко-фермі при $q=2g$

Тоді максимальний момент на віддалі $0,1333l$ від опори «В» буде

$$M_{\max}=(0,0244+0,0209)gl^2=0,0453 gl^2$$

Цей момент значно більший, ніж у випадку рівнорозподіленого тимчасового навантаження за всією довжиною балко-ферми, який становить $M_{\max}=0,0313 ql^2$. Збільшення становить $\sim 45\%$. Отже, для однобічного навантаження балко-ферма перестає бути раціональною – тут маємо лише один розрахунковий переріз – подібно, як і у прокатній балці. Але величина моменту у цьому перерізі $M_{\max}=0,0453 ql^2$ значно менша, ніж у прокатній балці $M_{\max}=0,375 ql^2$ і становить $\sim 12\%$ максимального моменту прокатної балки. Так що ефективність балко-ферми хоч і буде меншою, ніж при п'яти рівно напружених перерізах, але значно більшою, ніж для прокатної балки. Якщо прийняти, що у перерізах балки жорсткості значення « σ_{\max} » від дії N та M однакові, а маса балки жорсткості становить половину маси системи, то навіть у разі однобічного навантаження $\rho=2g$. Маса балко-ферми буде приблизно у 1,6 раза меншою, ніж маса відповідної прокатної балки. У разі тимчасового навантаження $\rho=2g$ на всій довжині конструкції подібний ефект зростає приблизно у 3 рази. Отже, однобічне тимчасове навантаження зменшує позитивний ефект заміни прокатної балки балко-фермою у 1,7 раза. Зазначимо, що такий показник відповідає максимальному значенню $\rho=2g$. За меншого значення « ρ » цей показник буде дещо кращим.

Отже, балко-ферму раціонально застосовувати під час індивідуального проектування – тоді вона стає найефективнішою несучою конструкцією з усіх відомих. Її ефективність значно зменшується при типовому проектуванні – коли можливі різні варіанти прикладання зовнішнього навантаження. Адже у балко-фермі відбувається саморегулювання зусиль залежно від виду навантаження: відрегульована епюра M у балці жорсткості за повного навантаження у разі іншого навантаження буде зовсім іншою, хоч величина навантаження не змінилася. Ця епюра залежить від значень « σ » у елементах системи підкріплення: чим менші значення « σ », тим від'ємні моменти у балці жорсткості більші і навпаки. Таких різких змін напруженого стану залежно від характеру зовнішнього навантаження прокатна балка не має. Отже, для типового проектування прокатна балка може нерідко конкурувати із балко-фермою.

Проводячи аналогічні розрахунки при різних величинах навантаження

$$p=2g; p=g; p=0,4g; p=0,2g$$

і при різних геометричних параметрах балко-ферми:

$$H=l/14; H=l/12; H=l/10,$$

Приблизно однакові при співвідношенні $H/l \leq 10$ отримуємо значення сумарних напружень в розрахункових перерізах балки жорсткості.

Для демонстрації цього проведемо розрахунок балко-ферми прольотом $l=12$ м, $q=g=30$ кН/м і $p=g=30$ кН/м. Дані наведено в таблиці.

Величини напружень в розрахункових перерізах

№ з/п	Система навантаження	Тимчасове навантаження, кН/м	Висота ферми, Н	Зусилля у розрахунковому перерізі		Нормальні напруження, МПа
				Момент, кН-м	Нормальна сила, кН	
1	Симетричне	$p=2g$	$l/14$	89,856	1890,0	197,3
2	Несиметричне	$p=2g$	$l/14$	220,32	1014,912	182,1
3	Симетричне	$p=2g$	$l/12$	89,856	1620,0	192,2
4	Несиметричне	$p=2g$	$l/12$	196,56	923,976	182,3
5	Симетричне	$p=2g$	$l/10$	136,684	1116,684	211,7
6	Несиметричне	$p=2g$	$l/10$	196,56	744,372	210,4
7	Симетричне	$p=g$	$l/8$	60,048	720,0	195,0
8	Несиметричне	$p=g$	$l/8$	120,096	337,356	206,4
9	Симетричне	$p=2g$	$l/8$	89,856	1080,0	200,6
10	Несиметричне	$p=2g$	$l/8$	195,696	449,82	207,2

Отже, при $H=l/10$ балко-ферма працює однаково у разі повного тимчасового навантаження за всією довжиною балко-ферми і у разі однобічного навантаження. Різниця напружень у найменш вигідному перерізі становить всього

$$\eta = \frac{211,7 - 210,4}{210,9} \cdot 100\% = 0,6\%$$

На основі проведених досліджень видно, що за більших значень «Н» балко-ферма при однобічному тимчасовому навантаженні працюватиме гірше, ніж при повному. Отже, регулювання зусиль у елементах балко-ферми при $H > l/10$ стає менш ефективним. А при $H \leq l/10$ розроблена нами методика є ефективною – проводити розрахунок балко-ферми на однобічне тимчасове навантаження не потрібно.

Висновки

1. Визначені раціональні геометричні параметри балко-ферм.
2. Результати аналізу роботи балко-ферм на несиметричне тимчасове (однобічне) навантаження з використанням аналітичного методу регулювання зусиль в комбінованих системах показують, що за співвідношення висоти ферми до прольоту $l/10$ балко-ферма працює однаково у разі повного тимчасового навантаження за всією довжиною балко-ферми і у разі однобічного навантаження (в розрахункових перерізах сумарні напруження приблизно однакові).
3. Найраціональніше використовувати балко-ферми при співвідношеннях $H \leq l/10$, коли забезпечується мінімум маси конструкції.
4. При співвідношеннях $H > l/10$ ефективність використання балко-ферм зменшується.

1. Гоголь М.В. Узагальнений метод розрахунку металевих конструкцій з регулюванням зусиль // Вісник НУ «Львівська політехніка». «Теорія і практика будівництва». –2002. – № 462. – С.25–33. 2. Пат. 48841 А Україна, МКИ 7 Е04С3/08. Шпренгельна балка: Пат. 48841 А Україна, МКИ 7 Е04С3/08 Гоголь М.В., Чайка Б.С., Гайда О.М., Надала І.В.(Україна) – № 2001128874; Заявл. 21.12.01; Опубл. 15.08. 02. – 2 с. 3.Трофимович В.В., Пермяков В.О. Оптимальное проектирование металлических конструкций. – К.: Будівельник, 1981. – 136 с.