

УДК 69.059.3

Ефективність регулювання зусиль у металевих конструкціях

Гоголь М.В., к.т.н., Пелешко І.Д., к.т.н., Більський М.Р., к.т.н.

Національний університет "Львівська політехніка",
Україна

Анотація. Показано, що найбільш раціональним методом регулювання зусиль є розрахунковий, а конструктивні схеми, які базуються на такому методі регулювання, є високоефективними.

Аннотация. Показано, что наиболее рациональным методом регулирования усилий является расчетный, а конструктивные схемы, которые базируются на таком методе регулирования, являются высокоэффективными.

Abstract. It has been shown, that the design method is the most rational one to adjust forces, and the structural layouts based on such adjusting method are highly effective.

Ключові слова: проектування, комбіновані конструкції, покриття, перекриття, регулювання, оптимізація, програмне забезпечення.

Актуальність роботи. Розвиток будівельної індустрії України вимагає розробки раціональних типів металевих конструкцій, їхньої оптимізації або посилення в процесі експлуатації, які були б конкурентоздатними порівняно із зарубіжними аналогами. Найкращих результатів у цьому можна досягнути завдяки регулюванню в них зусиль. Найбільш чутливими до цього є статично невизначені комбіновані (шпренгельні, вантові, висячі) конструкції, основним несучим елементом яких є балка жорсткості, від металомісткості якої значною мірою залежать техніко-економічні показники всієї системи. Саме умови проектування балки жорсткості надають можливість регулювання зусиль у всій системі, тобто перерозподіляти зусилля, вирівнюючи напруження в розрахункових перерізах.

Аналіз основних досліджень і публікацій. З точки зору реалізації перерозподілу зусиль такий метод регулювання є економічно доцільним при проектуванні [5] і дозволяє наблизити роботу такої конструкції до рівномірної, найбільш раціональної системи. Тобто регулювання зусиль у комбінованих конструкціях розглядається вже на стадії їхньої розробки та проектування. Отже, для більш раціонального проектування таких комбінованих конструкцій, що задовольняють вимоги несучої здатності й придатності до нормальної експлуатації, необхідно мати дані про їхній дійсний напружено-деформований стан на певних рівнях навантаження

(нормативне, розрахункове навантаження), тобто виникає необхідність проведення цілеспрямованих досліджень [4]. На відміну від силових методів регулювання (попереднього напруження), які пов'язані з додатковими витратами на створення відповідних регулюючих зусиль, методи регулювання зусиль на стадії проектування, що супроводжуються шляхом раціонального вибору топології конструкції, підбору геометричних параметрів і жорсткісних характеристик стержневих елементів, не передбачають додаткових витрат на створення регулюючих зусиль і тому є більш ефективними. Такі конструкції вигідно конкурують з іншими комбінованими системами завдяки максимальній концентрації матеріалу, що робить їх більш корозійностійкими та технологічними при мінімальній кількості елементів, що знижує їх трудомісткість.

Разом із тим склалась така традиція, що силові методи регулювання зусиль у конструкціях перекриттів та покриттів (фермах, балках) за допомогою опускання опор, установлення напружуючих затяжок і т.п. були дотепер найбільш поширеними, незважаючи на те, що вимагали значних витрат праці на створення попереднього напруження.

Слід також відзначити, що силові методи регулювання напружено-деформованого стану конструкцій найбільш ефективні при посиленні поздовжньо-стиснутих конструкцій під навантаженням у процесі їхньої експлуатації [1].

З метою інтенсифікації практичного використання ефективних методів регулювання зусиль, розроблених у [2], було необхідно провести спеціальні дослідження.

Мета роботи. Метою роботи є науково-практичний аналіз ефективних методів регулювання зусиль у металевих конструкціях, їх порівняння із традиційними методами, також числовий аналіз результатів регулювання напружено-деформованого стану без застосування силових методів.

Основна частина. Комбіновані металеві конструкції відносяться до прогресивних конструктивних форм, що в даний період інтенсивно розвиваються. Вони складаються зі структурно об'єднаних елементів (вантів, тяжів) або системи підкріплення (шпренгелі) та елементів, які працюють на стиск та згин – балок жорсткості. Маса останніх досягає 60–70 % від маси конструкції.

Визначальними чинниками й принципами підвищення ефективності конструктивних вирішень металевих конструкцій є реалізація наступних основних ідей:

- створення раціонального механізму перерозподілу внутрішніх зусиль між балкою жорсткості та системою підкріплення;

– принцип концентрації металу в основних несучих елементах – балці жорсткості.

Для цього пропонується розрахунковий метод регулювання зусиль у комбінованих системах, який гарантує отримання запланованого результату вже в процесі проектування. Такий метод дозволив дослідити й запатентувати нову шпренгельну систему названу балко-фермою [3].

Числові дослідження свідчать, що найбільш раціональним є відношення маси балки жорсткості до маси системи приблизно 64 % (рис. 1). Результати отримано за допомогою програми OptCAD¹ [6] у процесі розв'язування задач оптимального проектування для кожної з конструкцій номенклатурного ряду (табл. 2) За критерій оптимальності прийнято теоретичну масу конструкцій. Висота конструкцій складає 1/10 їхнього прогону. За змінні проектування приймалися горизонтальні координати вузлів та розміри перерізів.

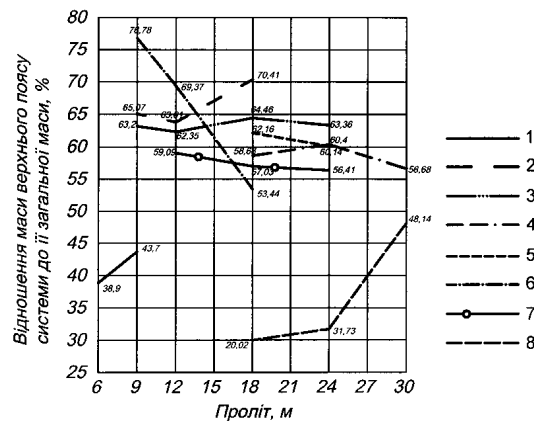


Рис. 1. Залежність відношення маси верхнього поясу малоелементних шпренгельних ферм до маси ферм від прогону (1...8 – схема ферми за табл. 2)

Результати порівняння витрат сталі на одну балко-ферму прогоном 18 м (за схемою 3 у табл. 2) з регулюванням зусиль приведені в табл. 1.

Дані витрат інших конструкцій узяті з [8]. Як видно з таблиці, маса балко-ферми є найменшою порівняно з елементами з висотою 2,3 м і на 3,8% більша порівняно з фермою з перфорованим верхнім поясом, при значно меншій трудомісткості.

¹ Програма OptCAD розроблена к.т.н. Пелешко І.Д., к.т.н. Юрченко В.В. і представлена в мережі Internet за адресою www.optimisation.com.ua.

Таблиця 1

**Показники витрати сталі на одну несучу конструкцію покриття
прогоном 18 м при зовнішньому навантаженні біля 4,0 кН/м²**

Маса ферми, кг		Тип конструкцій	Висота ферми, м
903		Балко-ферма з паралельними поясами з регулюванням зусиль	2,30
870		Ферма з перфорованим верхнім поясом змінної жорсткості	2,98
1050		Ферма з круглих труб	2,30
1162 (приведена до сталі Ст3)		Залізобетонна кроквяна двохскатна гратчаста балка	2,30
1190		Ферма з прямокутних зварних труб, з прокатних кутиків	2,30
1205		Ферма з поясами із двотаврів і гратами з одинарних кутиків	2,30
1310		Ферма з прямокутних зварних труб	2,30
1340		Ферма з таврів і гратами з одинарних кутиків	2,30
1350		Ферма з таврів і парних кутиків	2,30
1385		Ферма з поясами і гратами з таврів	2,30
1485		Ферми з стержнями із спарених кутиків	2,30
1500		Ферма з одинарних кутиків без фасонок	2,30

Результатом роботи стало видання навчального посібника [6], рекомендацій із використання результатів проведених 20-річних досліджень у конструкціях покриттів і перекриттів будинків і споруд [7].

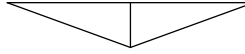
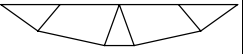

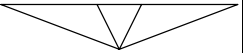
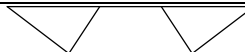

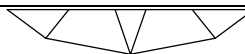

Для використання даних результатів у проектній практиці розроблена програма й алгоритм розрахунку зусиль розрахунковим способом на ЕОМ (мова – ФОРТРАН-IV).

Проведені числові співставлення результатів розрахунку комбінованих систем запропонованим методом і програмними методами "Міраж" і "SCAD", що ще раз підтвердило достовірність і ефективність розрахункового методу регулювання зусиль.

На підставі виконаних досліджень розроблено номенклатурний ряд комбінованих малоелементних шпренгельних ферм прогоном від 9 до 45 м (табл. 2). Деякі з них впроваджено в проектну практику: завод експериментальних досліджень м. Львів, бізнес центр "Підзамче", Миколаївський цементний завод, санаторій "Женева" м. Трускавець.

Таблиця 2

Номенклатурний ряд комбінованих малоелементних шпренгельних ферм

№ п/п	Схема комбінованої системи	Область використання, величини прогону в м	№ п/п	Схема комбінованої системи	Область використання, величини прогону в м
1		6,9,12	5		12,18,24
2		9,12,18	6		9,12,18
3		9,12,18,24	7		12,18,24,30
4		12,18,24	8		18,24,30,36,42

Висновки

1. Розроблений розрахунковий метод регулювання зусиль у комбінованих системах дозволяє одержати рівномірну конструкцію вже на стадії проектування.
2. Методи регулювання зусиль у комбінованих металевих системах на стадії проектування, що супроводжуються шляхом раціонального підбору геометричних параметрів конструкцій, не передбачають додаткових витрат на створення регулюючих зусиль і тому є більш ефективними.

3. Розроблені конструкції дозволяють максимальну концентрацію матеріалу в балках жорсткості і є технологічними при мінімальній кількості елементів, що знижує їхню трудомісткість.
4. Технологія виготовлення й монтажу таких систем є більш простою і доступною.
5. На основі проведених досліджень необхідно розробити альбоми типових конструкцій комбінованих металевих систем, що дають значний економічний ефект для будівельної індустрії України.

Література

- [1] *Бельский М.Р.* Усиление сжатых стержней стальных конструкций под эксплуатационной нагрузкой. М.: Стройиздат, – 1984, – 153 с.
- [2] *Гоголь М.В., Більський М.Р., Пелешко І.Д.* Проектування і розрахунок комбінованих металевих конструкцій з регулюванням зусиль // Современные строительные конструкции из металла и древесины. Сб. науч. трудов ОГАСА. Часть 1. – Одеса, 2006. – С. 34–39.
- [3] 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.
- [4] *Гоголь М.В.* Узагальнений метод розрахунку металевих конструкцій з регулюванням зусиль // Вісник НУ "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. 2002. – № 462. – С. 25-34.
- [5] *Гоголь М.В.* Проблема економічності несучих металоконструкцій перекриття та покриття // Вісник НУ "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. 2004. – № 520.– С. 42–45.
- [6] Проектування раціональних комбінованих металевих конструкцій / Укл.: В.О. Пермяков, М.В. Гоголь, І.Д. Пелешко, М.Р. Більський, Б.С. Чайка // За ред. проф. В.О. Пермякова. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", – 2005.– 180 с.
- [7] Рекомендації з проектування раціональних металевих несучих конструкцій перекриття та покриття для наукових працівників, аспірантів, студентів будівельних спеціальностей, інженерно-технічних працівників проектних і науково-дослідних організацій та підприємств будівельного профілю / Укл.: В.О. Пермяков, М.В. Гоголь. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", – 2006. – 24 с.
- [8] *Налена А.И.* Стальная стропильная ферма с перфорированным верхним поясом переменной жесткости: Дис... канд. техн. наук: 05.23.01. – К., 1989, – 193 с.

Надійшла до редколегії 09.03.2008 р.