

ВИКОРИСТАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТЕОРІЇ СИСТЕМ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Табієва А.Р. ДМ-41-16

керівник: доц. Бережна К.В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Аналіз різних літературних джерел [1-7] та існуючих наукових напрямків у галузі проектування раціональних конструкцій наочно показав необхідність подальшого та більш поглибленого розглядання питань пов'язаних з побудуванням теорії конструкцій на базі синергетичних принципів. Розглянуті питання нашоухують на необхідність перевірки можливості використання енергетичної теорії при побудуванні систем, які самоорганізуються. Філософію та основні принципи еволюційних задач будівельної механіки детально описано [2].

В останні роки, у світі, для рішення таких задач використовують основні поняття, визначення, закономірності загальної теорії систем і її розділів: синергетики, математичного моделювання, інформатики та ін. Синергетика (греч. *synergetikos* - спільний, узгоджено діючий) - науковий напрямок, що вивчає зв'язки між елементами структури (підсистемами), що утворюються у відкритих система; завдяки інтенсивному потоковому обміну речовиною й енергією з навколишнім середовищем у нерівновагих умовах.

Звичайно в теорії оптимального проектування конструкцій передбачається що зовнішні впливи, умови закріплення і властивості матеріалу конструкції відомі точно. Стає задача

відшукування форми і внутрішньої структури конструкції, що відповідає (мінімум чи максимум) заданому критерію якості. Чітка постановка задач оптимізації конструкцій включає формулювання основних визначальних рівнянь (вибір моделі), функціонала, що оптимізується та обмежень. З математичної точки зору ці задачі можуть бути класифіковані за розмірністю задачі, повнотою інформації про вихідні данні (задачі з повною і неповною інформацією), характером екстремуму (одноекстремальні і багатоекстремальні задачі) і способами визначення оптимуму (однокритеріальні і багатокритеріальні задачі) і інших обставин.

Вага - одна з основних характеристик конструкції, і тому в більшості робіт з оптимального проектування цей функціонал або розглядається в якості критерію якості, що оптимізується, або фігурує серед інших прийнятих обмежень. Вага конструкції характеризує як витрати матеріалів, необхідних для її створення, так і деякі її експлуатаційні властивості. Однак у задачах оптимізації конструкцій матеріал поділяється на "конструктивний", кількість і спосіб розміщення якого по конструкції відшукуються, і "неконструктивний", положення і кількість якого задані [6].

Задачі мінімальної ваги конструкції при обмеженнях по міцності, а також подібні їм задачі граничного зниження концентрації напружень при виконанні ізопараметричних умов на кількість застосовуваного в конструкції матеріалу є основними в теорії оптимального проектування. Ці задачі виникають як при

проектуванні традиційних конструкцій, так і при розробці унікальних виробів.

Важливу роль у теорії оптимізації проектування грає поняття рівномірності. Це поняття пов'язане з представленнями про одночасне вичерпання міцності і несучої здатності всіма частинами конструкції. Вимозі відсутності резервів міцності й одночасного руйнування всіх частин конструкції асоціювалося на практиці проектування з умовами мінімальної ваги й інтуїтивно сприймалися як критерій оптимальності. Принцип рівномірності має важливе значення і для сучасних робіт із проектування. З використанням принципу рівномірності проблема оптимального проектування істотно спрощується і зводиться до рішення деяких "зворотних" задач теорії пружності.

У багатьох випадках поняття оптимізації і рівномірності розглядається як еквівалентні. Однак ці поняття далеко не завжди виявляються тотожними. Умови оптимальності є більш загальними в порівнянні з критерієм рівномірності.

Умови міцності є основними обмежниками, що враховуються в оптимальному проектуванні. Ці обмеження носять локальний характер і накладені на компоненти тензора напруг. В даний час обґрунтовані і широко застосовуються в роботах по оптимальному проектуванню різні теорії міцності. Вибір конкретних умов чи міцності апроксимуючих їхніх виражень залежить від матеріалу конструкції, виду напруженого стану, характеру навантаження, прийнятої розрахункової схеми й інших факторів. Основними задачами проекту несучих конструкцій є

забезпечення міцності, жорсткості, стійкості при сприятливому розташуванні елементів системи для забезпечення основних функцій спорудження. При цьому для будь-якої системи вимоги міцності є первинними, тому що саме вони гарантують цілісність, стабільність, факт існування системи [7].

Особливий підхід формування систем, які саморегулюються, запропоновано та розвивається у роботах школи, під керівництвом проф. Шмуклера В.С. [9, 10]. На підставі принципів наукового напрямку школи далі розглянуто задачу використання енергетичного критерія при побудованні оптимальної конструкції з точки зору розподілу матеріалу.

В результаті необхідно було отримати залежність потенційної енергії системи та витрат матеріалу на конструкцію. Подібні питання раціоналізації конструкції, з точки зору витрати матеріалу, вирішувались багатьма авторами у різних напрямках. У працях професора Василькова відмічається, що для конструкції с *постійним об'ємом матеріалу* при зміні конфігурації конструкції потенційна енергія деформації зменшується, однак економія енергії системи, на наш погляд, не є важливим критерієм оптимізації.

Розглядалась плита розміром $6,0 \times 6,0$ м з двома типами спирання: на чотири точки та що спирається по контуру. Конструкція завантажена рівномірно-розподіленим навантаженням $q=5$ тс/м². Для визначення товщини плити знайдено максимальні згинальні моменти за формулами:

- для спирання на чотири точки $M = 0,1527 \cdot q \cdot a^2$;

- для спирання по контуру $M = 0,046 \cdot q \cdot a^2$.

Потім крок за кроком підбирали товщину плити h при якій еквівалентні напруження конструкції більш наближені до границі міцності ($R_b=14,5$ МПа). Модель плити, з отриманою товщиною, змодельовано у ПК „Ліра”, спирання задавалось обмеженням переміщень по осям X, Y, Z. Для отримання наглядної картини залежності потенційної енергії деформації від витрат матеріалу розглянуто 3 варіанти зміни товщини плити:

- для спирання на чотири точки 35 см; 35-33-31 см; 35-30-25 см;
- для спирання по контуру 20 см; 20-18-16 см; 20-17,5-15 см.

Загальні отримані результати наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння загальних витрат матеріалу та потенційної енергії деформації конструкції

Спирання по контуру				
	Розрахунок вручну	Розрахунок в ПК „Ліра”		
h	20	20	20;18;16	20;17,5;15
Mmax	8,28	7,6	9,3	9.8
секв	1242	1048	1334	1461
Rв	1479			
W·V	-	7.56E+12	1.307E+13	1.5E+13
V	28,8	28,8	24,64	23,6
Спирання на 4 точки				
h	35	35	35;33;31	35;30;25
Mmax	28,08	26,4	27.8	29.8
секв	1375	1229	1294	1456
Rв	1479			
W·V	-	2.173E+13	2.425E+13	2.894E+13
V	50,4	50,4	48,56	45,8

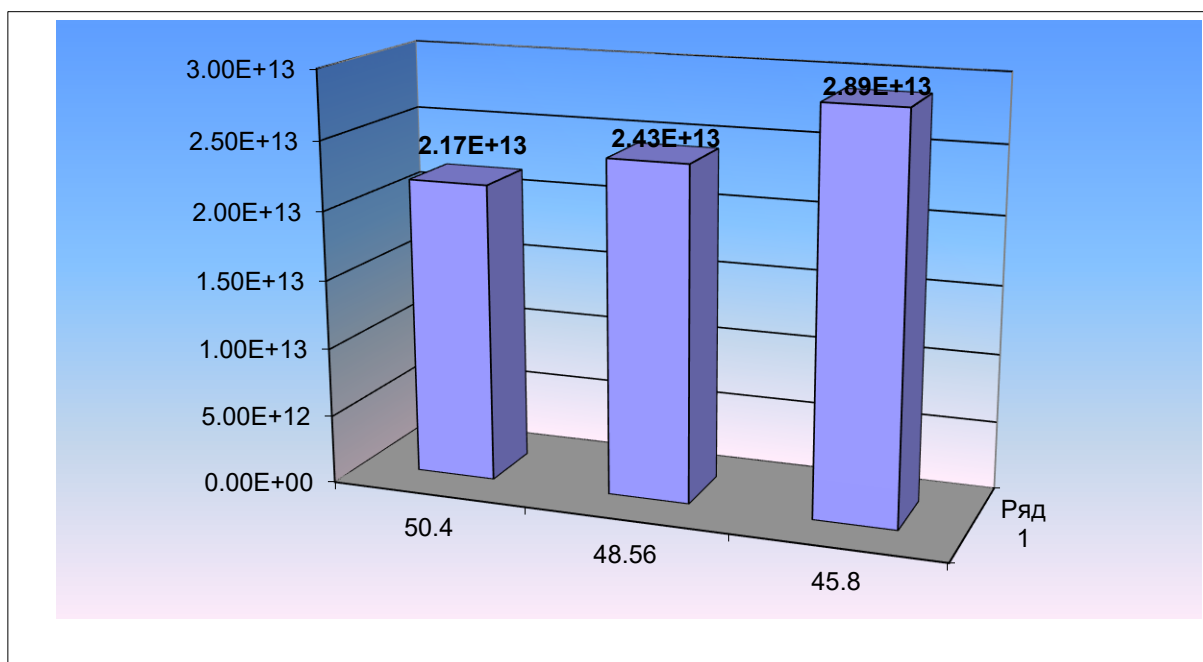


Рисунок 1 Залежність потенційної енергії деформації системи від зміни кількості матеріалу для плити, що спирається на чотири точки

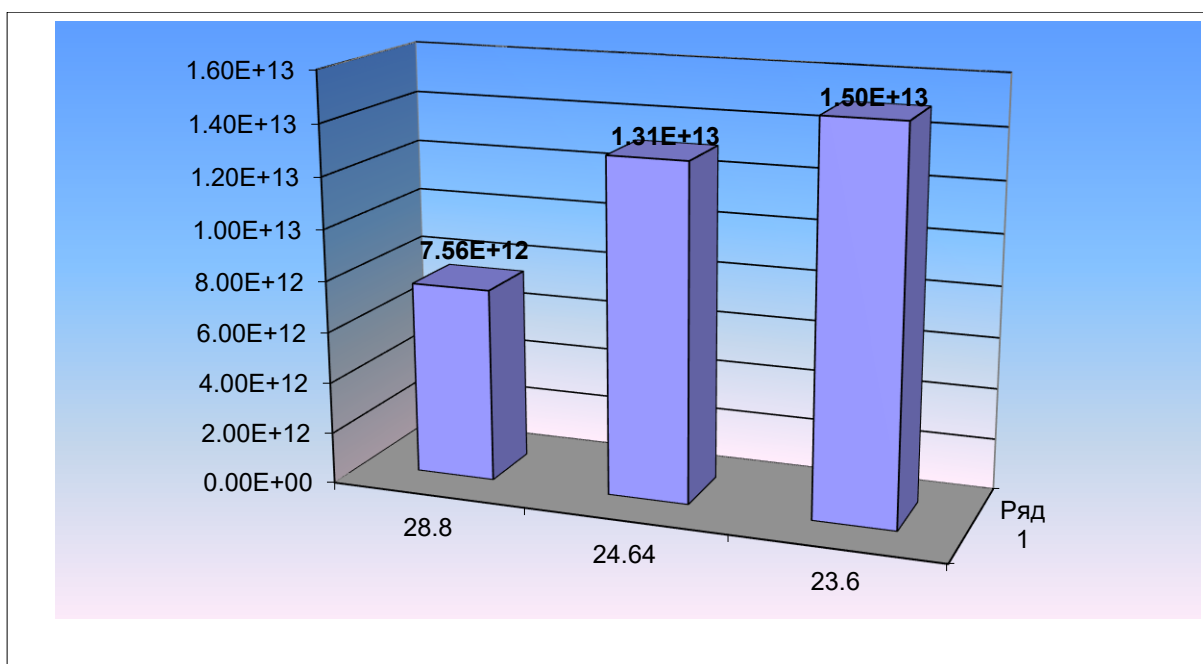


Рисунок 2 Залежність потенційної енергії деформації системи від зміни кількості матеріалу для плити, що затиснута по контуру

Для наглядного подання отриманих результатів було побудовано стовбчасті діаграми залежності потенційної енергії деформації конструкції від витрат матеріалу на яких видно, що при зменшенні витрат матеріалу енергія деформації системи збільшується (рис. 1-2). Отримання такого результату дає можливість використовувати у подальших дослідженнях збільшення енергетичної енергії як критерій оптимальності з точки зору економії матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Данилов Ю.А. Синегетика – наука о самоорганизации // Причудливый мир науки. Изд-во ГосУНЦ «Колледж», Саратов, 2004. С. 65-71.
2. Васильков Г.В. Эволюционные задачи строительной механики (Синергетическая парадигма). Ростов на Дону: ИнфоСервис, 2003. 253с.
3. Васильков В.Г. Локальный закон сохранения энергии деформаций в саморегулирующихся механических системах. // Известия вузов. Сев.–Кавк. регион. Естеств. науки. 2003. №2. С. 17-23.
4. Лопатто А.Э. Пролеты, материалы, конструкции. М.: СИ, 1982. 198с.
5. Дж. Гордон Конструкции, или почему не ломаются вещи Пер. с англ. В.Д. Эфроса / Под ред. С. Т. Милейко. - М.: Мир, 1980.

6. . Баничук Н.В. Динамика конструкций. Анализ и оптимизация. 1989. 356с.
7. Баничук Н.В. Введение в оптимизацию конструкций. М.: Наука, 1986. 225с.
8. Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.
9. Шмуклер В.С. Каркасные системы облегченного типа / В.С. Шмуклер, Ю.А. Климов, Н.П. Бурак. – Харьков: Золотые страницы, 2008. – 336 с.
10. Бабаев В.Н., Шмуклер В.С. Конструктивные системы для объектов различного назначения. Опыт проектирования и возведения // Комунальне господарство міст. – Вип. 114. – Харків, 2014 – С. 2-17.