

significantly improve the level of passenger comfort at the terminals and their mental and aesthetic state, thanks to the expedient placement, the use of bright plastic and decorative qualities, the possibility of creating expressive architectural accents, and an amazing water extravaganza. The tree of the main functions of fountains in the architectural environment of airports and adjacent territories has been formed.

Key words. Construction of fountains. Analysis of the construction of fountains. Architectural environment of airports. Airports and adjacent territories. Fountain as an independent system. Artistic and aesthetic qualities. Harmonization of the architectural environment. Increase the level of comfort. Mental and aesthetic state. Creating architectural accents. Tree of the main functions of fountains.

Стаття надійшла до редакції у лютому 2018 р.

УДК 624.074.5(045)

Циганенко Л.А.²⁵, к.т.н., доцент,

Циганенко Г.М., ст. викладач

Сумський національний аграрний університет,
м. Суми, Україна

ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ГРАТОК СТРУКТУРНИХ ПОКРИТТІВ

В статті розглядається питання оптимізації конструктивного рішення металевго структурного покриття за показниками матеріалоемності. На основі статичного та конструктивного розрахунку металевго структурного покриття виконано порівняльний аналіз можливих варіантів для визначення оптимального розміру структурної ґратки та оптимальної висоти структурного покриття в цілому.

Ключові слова: просторова конструкція, металева структура, внутрішні зусилля, критерій ефективності, найменша маса.

Вступ. Сучасні архітектурні форми будівель великих міст ставлять ряд вимог перед вирішенням їх конструктивних

²⁵ © Циганенко Л.А., Циганенко Г.М.

особливостей, зокрема конструкцій покриття, які можуть поєднувати несучі та огорожуючі функції. Просторові покриття дають змогу надати будівлям значну архітектурну виразність та функціональність, за рахунок перекриття великих площ без використання допоміжних опор. Полегшені, порівняно з залізобетоном металеві стержньові конструкції є більш економічно ефективними та значно легшими для здійснення процесу монтажу, різноманітність їх форм та умов їх роботи дозволяють створювати унікальні полегшені споруди. До цих конструкцій відносяться просторові структурні покриття, будова яких складається з багаторазово повторюваних просторових елементів у формі піраміди. Але, при проектуванні даних конструкцій постає ряд питань, пов'язаних з конструктивним рішенням, яке в свою чергу впливає на їх напружено-деформований стан.

Вихідні передумови. Досвід проектування просторових систем показує, що одним з важливіших питань з їх формоутворення пов'язано в першу чергу з їх економічною доцільністю. Вибір конструктивного рішення структурного покриття є оптимізаційним питанням, бо матеріалоємність конструкції - це один з важливіших показників ефективності конструкції. При цьому, головною вимогою є те, що конструкція повинна відповідати показникам міцності та жорсткості і при цьому мати найменшу можливу вагу при виконанні вище перелічених умов. Проте, в рекомендаціях, щодо проектування даних конструкцій не зазначаються рекомендовані розміри структурної ґратки та її висоти, посиляючись на необхідність проведення оптимізаційних розрахунків конкретно для кожного випадку. Тому, метою проведених досліджень є отримання ефективного типу утворюючої решітки структурного покриття за показниками мінімальної матеріалоємності. Вибір ефективного типу базується на принципі максимального використання міцності матеріалу в несучих елементах, тобто рішення щодо оптимальності визначається за критерієм зменшення маси конструкції.

Основна частина досліджень. Структурне покриття складається з багаторазово повторюваних просторових елементів у

формі піраміди, геометрія, розмір та розташування в просторі яких впливає на напружено-деформований стан конструкції в цілому, на оптимальність його працездатності та матеріалоемності. Тому для визначення оптимального конструктивного рішення окремого структурного покриття необхідно провести порівняльні розрахунки декількох його типів.

До переваг архітектурного плану структурних конструкцій відноситься порівняно мала будівельна висота, що досягає $1 / 15 - 1 / 50$ прольоту. Враховуючі ці межі, прийнято, що підрахунку підлягає конструкція з мінімальною висотою 0,5м та максимальною 2м, відповідно цим межам для проведення досліджень було прийнято висоти: 0,5м, 1м, 1,5м, 2м з розмірами структурної ґратки 1,5х1,5 та 2х2м. Розрахунок проводився на програмному комплексі Ліра-9.6, обробка результатів проводилася за допомогою Excel. Аналіз проводився для структурного покриття розміром 27мх15м (рис.1).

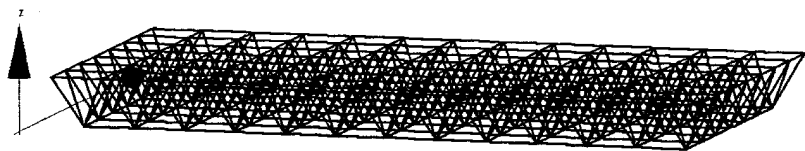


Рис. 1. Розрахункова схема покриття в Ліра 9.6

Аналіз отриманих результатів проводився за деформаціями та напруженим станом елементів структурної ґратки. Деформована схема покриття варіанту структури з ґраткою 1,5х1,5м, яка має висоту 0,5м показів симетричний прогин з максимальним значенням в середині прольоту конструкції, величина якого складає 35см, при цьому цей показник перевищує максимально можливий $[f] = 1/300 L = 9\text{см}$.

Аналіз напруженого стану проводився за елементами, що отримали максимальні значення зусиль розтягу та стиску. Як показує аналіз, це елементи, що належать приопірній зоні спирання покриття. Максимальні зусилля розтягу належать елементу верхнього поясу ґратки та дорівнює +314,5 кН. Максимальні зусилля

стиску виникають в розкосі, що належить першій приопірній гратці, та дорівнює -127,89 кН.

Аналіз структури з граткою 1,5х1,5м, яка має висоту 1м за деформаціями, очікувано показав симетричний прогин з максимальним значенням в середині прольоту, але меншого значення за величиною 9,82см. Відповідно зусилля стиску та розтягу зменшились відповідно до +149,7 кН та -77,59 кН.

Але аналіз структурної з гратки розміром 1,5х1,5м, яка має висоту 1,5м за напруженим станом показав що змінилося місце розташування максимального зусилля на розтяг (рис. 2). Як що в двох перших варіантах максимальне значення зусилля розтягу виникало у приопірному елементі верхнього поясу, то в останньому варіанті, максимальний розтяг виникає в розкосі приопірної гратки. Приведемо результати прогинів та зусиль в табл. 1.

*Таблиця 1.
Дані по структурній гратці 1,5х1,5*

Вузол / елемент	0,5м	1м	1,5м	2м
переміщення вузлу, см	35	9,82	5	2,1
тах розтяг, приопірний елемент верхнього поясу, кН	+314	+149	+90,6	+41
тах розтягу, приопірний розкіс			+100,6	+66
стиск, приопірний розкіс, кН	-128	-77,6	-59,2	-33,1

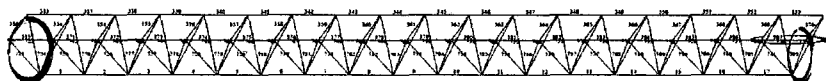


Рис.2. Зміна місця положення максимальних зусиль в гратці

Аналіз роботи структурного покриття з граткою 2х2м, з наступними висотами: 0,5м, 1м, 1,5м, 2м показав, що для конструкції характерна зміна положення максимального значення зусилля починаючи с висоти 1м, чого не було виявлено у структурі з розміром гратки 1,5х1,5м. Елементи, що мають максимальний показник розтягу змінює положення по елементам зі зміною висоти гратки, таблиця 2 (рис.3). До того ж, гратка, що має висоту 0,5м

показала величину прогину, що перевищує показник граничного прогину.

*Таблиця 2.
Результати по структурній ґратці 2х2*

Вузол / елемент	0,5м	1м	1,5м	2м
переміщення вузлу, см	24.1	6.6	3.26	2.1
тах розтяг, приопірний елемент верхнього поясу, кН	+172			
тах розтяг, прольотний елемент, кН		+91.6	+66.4	
тах розтяг, приопірний розкіс, кН				59.1
стиск , приопірний розкіс, кН	-83.7	-48.8	-36.8	30.6

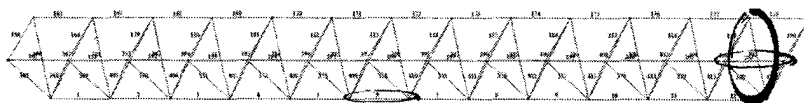


Рис.3. Зміна місця положення максимальних зусиль в ґратці

Порівнювальний аналіз отриманих результатів обох типів досліджуваних структурних ґраток показав їх відмінність в напружено-деформованому стані. Структура з ґраткою 1,5х1,5 м має більші прогини за рахунок більшої власної ваги конструкції. До того ж, при висоті 0,5 м та 1 м прогини перевищують граничні значення. Інша картина структури з ґраткою 2х2м. При порівнянні обох графіків бачимо, що при висоті ґратки 2 м величини максимальних прогинів в обох варіантах практично зрівнялися, тому подальше використання збільшеної висоти, для пошуку оптимального розміру не є необхідним. Ті ж самі результати дає порівняння діаграм розподілу зусиль стиску та розтягу в елементах з максимальним значенням. На рис.4 приведено порівнювальні графіки прогину структур з різними розмірами ґратки та її висотами та епюри максимального зусилля стиску та розтягу відповідно. Аналізуючи графіки можна сказати, що при висоті ґратки 0,5м при її розмірі

1,5х1,5м величина показника на розтяг перевищує його граничний показник, що викреслює дані розміри з подальших розрахунків, до того ж величини максимальних стискаючих зусиль не перевищують показники граничних зусиль для кожного елемента окремо, що свідчить про запас міцності елементів, що працюють на стиск.

Одним з важливих показників, який дозволяє остаточно визначити найекономічніший варіант структурної ґратки це показник матеріалоемності, що впливаю на остаточну вартість конструкції та працевитрати на її зведення.

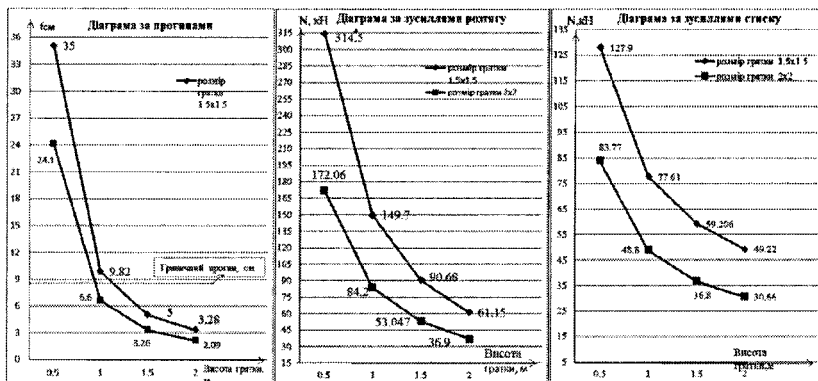


Рис. 4. Розподіл прогинів та зусиль в структурних ґратках

Приведемо підрахунок ваги структурних покриттів за варіантами з метою визначення матеріалоемності (рис.5).

Висновки

1. Порівняння за деформаціями: структура з ґраткою 1,5м має більші прогини за рахунок більшої власної ваги конструкції. При висоті ґратки 0,5 м та 1 м прогини перевищують граничні значення. Інша картина структури з ґраткою 2х2м. При висоті ґратки 2 м величини максимальних прогинів в обох варіантах практично зрівнялися, тому подальше використання збільшеної висоти, для пошуку оптимального розміру не є необхідним. В цьому випадку при порівнянні графіків прогину, розмір ґратки 2х2 з висотою 1,0м є найбільш оптимальним.

2. Порівняння за зусиллями розтягу: у структурній ґратці розміром 1,5х1,5м при її висоті 0,5м величина зусилля на розтяг перевищує граничний показник. Цього не простежується у структурній ґратці розміром 2х2м.

3. Порівняння за зусиллями стиску: визначено, що в усіх розрахункових випадках, величини максимальних стискаючих зусиль не перевищують показника граничного значення. Це свідчить про запас міцності елементів, що працюють на стиск.

4. Порівняння за матеріалоемністю: за показником загальної ваги структурного покриття структура з ґраткою 2х2м, висотою 1,0м сприймається найбільш оптимальною

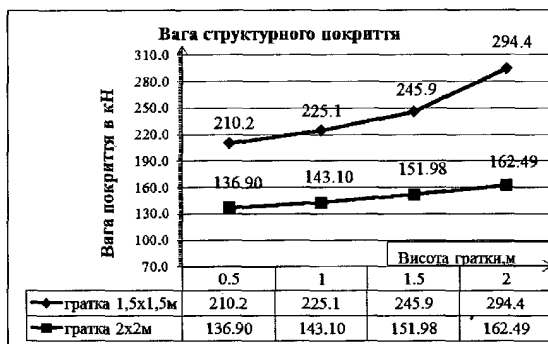


Рис.5. Вага структурних покриттів

Використана література:

1. Рекомендации по проектированию структурных конструкций/ Центр, н.-и ин-т строительных конструкций им. Кучеренко. - М.: Стройиздат, 1984. — 303 с.

2. Драган В. И. Большепролетные металлические структурные конструкции системы "БргТУ" / В. И. Драган, Н.Л. Морилова // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. - 2010. - Вип. 5. - С. 72-82.

3. Циганенко Л. Питання оптимізації структурних чарунок просторових покриттів / Л.Циганенко, О.Валах // Матеріали

Всеукраїнської студентської наукової конференції.-Суми, 2017.- С. 723.

Аннотация

В статье рассматривается оптимизационный вопрос решения металлического структурного покрытия по показателям материалоемкости. На основе статического и конструктивного расчета металлического структурного покрытия выполнен сравнительный анализ возможных вариантов для определения оптимального размера структурной решетки и оптимальной высоты структурного покрытия в целом.

Ключевые слова: пространственная конструкция, металлическая структура, внутренние усилия, критерий эффективности, наименьшая масса.

Annotation

Issue of optimizing of design of metal structural coverings on material efficiency is considered in the article. The comparative analysis of possible variants for optimal size calculation for structural units and structural coverings optimal height as a whole was based on the static and constructive calculation of the metal structural covering.

Key words: spatial structure, metal construction, internal force, criterion of effectiveness, the lowest mass

Стаття надійшла до редакції у лютому 2018 р.