

УДК 624.014

КОНСТРУКЦІЇ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ТРОСОВО-СПАЙДЕРНИХ СИСТЕМ СВІТЛОПРОЗОРИХ ФАСАДІВ

к.т.н., доц. Скляров І.О.
студ. Зазимко С.В.

*Київський національний університет будівництва і архітектури,
м. Київ*

Постановка проблеми. Одним із найбільш виразних застосувань скла в архітектурі є планарне скління фасадів. Технологія планарного скління з'явилася відносно недавно і зараз є однією з найбільш передових серед фасадних. Полягає вона в примиканні один до одного світлопрозорих елементах (скло, склопакети), не розділених рамами або перегородками, чим і відрізняється від профільних систем. Завдяки відсутності рамних елементів фасади та перегородки стають більш прозорими, легкими та візуально привабливими. Найбільш повно реалізується архітектурна виразність фасадного планарного скління при застосуванні у якості несучих конструкцій тросової системи, закріпленої до несучих конструкцій. Така система створює ефект «павутиння». Але проектування таких систем ускладнено обов'язковим введенням попереднього напруження у елементах тросової решітки і, як наслідок, нелінійною роботою несучих конструкцій.

Зв'язок з науковими та практичними завданнями та аналіз останніх досліджень і публікацій.

Найбільш ефективною системою кріплення для планарного фасаду є кріплення на нержавіючих коннекторах – «спайдерах» (від англійського spider - павук) представляє собою хрестовину, до якої кріпиться скло.

Існують кілька систем «спайдерного» скління [1, 2]:

– скління з використанням існуючих колон і перекриттів в якості несучих конструкцій (рис. 1).

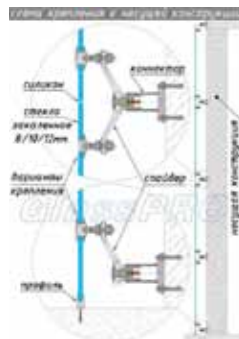


Рис.1 Кріплення спайдера до несучих конструкцій

Перевагою такої системи є використання вже готових елементів будівлі в якості несучих. Цей спосіб є найбільш привабливим з точки зору вартості. До недоліків слід віднести обмеження свободи в проектних рішеннях, зокрема за розміром і сегментації скляних елементів, через необхідність прив'язки до конструкції; через масивність конструкцій не дозволяє повною мірою розкрити всі переваги «спайдерного» скління – створення повітряної, прозорої і візуально легкої скляної стіни;

– скління з використанням несучих металевих конструкцій (рис.2). Несучі конструкції можуть бути найрізноманітнішого перерізу: круглого, каплевидного, квадратного та ін. Як матеріал використовується фарбована сталь, нержавіюча сталь, алюмінієвий прокат. Даний варіант дуже конструктивний, надає широкі можливості для проектування, і зручний у монтажі, але система з додаткових підконструкцій найбільш масивна - як візуально, так і за площею всередині будівлі. До того ж, конструкції, які входять до складу несучої підсистеми, створюють певні перешкоди для проникнення природного освітлення всередину приміщення.

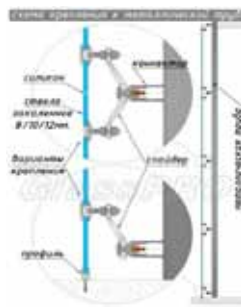


Рис.2 Кріплення спайдера до металевих колон

– скління з використанням тросів або металевих стержнів (рис.3). Такі конструкції мають унікальний індустріальний дизайн, максимальне світлопропускання, але є найбільш складними в розрахунках і монтажі;

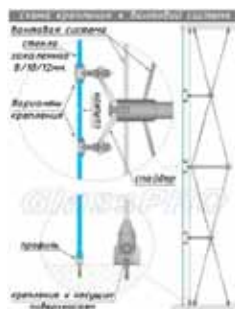


Рис.3 Кріплення спайдера до тросової системи

– скління з використанням скляних стійок-ребер (рис.4). У такій системі використовується більше скла, ніж у першому варіанті, але сама конструкція не поступається їй за міцністю і надійністю. Спайдери, що застосовуються в таких системах, відрізняються тим, що вони, як правило, складаються з двох частин, закріплених по сторонам скляного ребра.

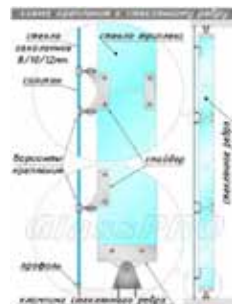


Рис.4 Кріплення спайдера скляних ребер

Метою дослідження є аналіз роботи тросово-спайдерної системи та урахування сумісної роботи фасадної системи та несучого каркасу будівлі.

Виклад основних матеріалів досліджень. Поряд з естетичною привабливістю і ажурністю конструкції, «спайдерне» скління має високу міцність і здатність протистояти різним навантаженням. Такі навантаження формуються власною вагою скла, позитивним і негативним вітровим тиском, вагою снігового покриву, який утворюється на похилих площинах скління, температурними деформаціями конструкцій [3]. Структура «спайдерного» фасаду не є абсолютно жорсткою і дозволяє склу прогинатися під впливом навантажень (рис.5). Елементом кріплення є несучий шарнір, який призначений для з'єднання скляних панелей з конструкцією шляхом приєднання скляної панелі до «спайдера». Несучий шарнір сприймає на себе основні вітрові і снігові навантаження і запобігає руйнуванню скла за рахунок своєї рухливості. Несучі шарніри підбираються індивідуально до кожного об'єкта виходячи з розрахунку динамічних навантажень зовнішніх сил, застосовуваного скла і особливостей конструкції.

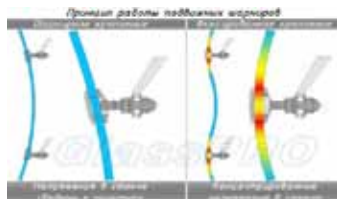


Рис.5 Принцип роботи шарнірів у спайдерах

Використання шарнірних кріплень допомагає рівномірно розподілити такі навантаження по точках кріплення, надати еластичність і пружність всій системі, компенсувати можливі статичні, динамічні і температурні напруження і передати їх на несучі елементи конструкції. Такі властивості «спайдерних» конструкцій запобігають утворенню тріщин і руйнування скла.

Одна з основних проблем, що підлягають вирішенню при проектуванні спайдерних систем скління— це урахування різних коефіцієнтів лінійного розширення скла і металу. При великих розмірах фасаду внаслідок нерівномірних переміщень опорних точок можливим є розрив скла в зоні отворів. Вирішити цю проблему дозволяє кульковий шарнір в точковому кріпленні спайдера, що компенсує можливі перекося при монтажі і особливо при експлуатації.

Основні принципи розрахунку несучої тросової системи спайдерного фасаду розглянуто на прикладі проектування башти Рошен у м. Київ.

Несучою конструкцією основного каркасу виступає п'ятиповерхова просторова металева рама, до якої у рівні покриття підвищено тросову систему фасаду (рис. 6).

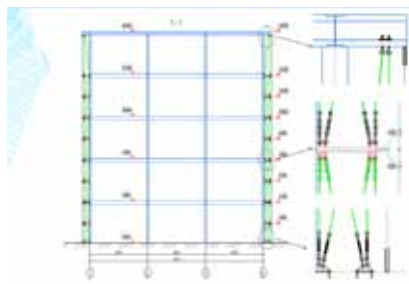
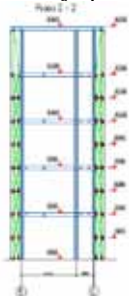


Рис.6 Реалізація тросово-спайдерної фасадної системи на прикладі проектування башти Рошен у м. Київ

Ефективність фасадної системи забезпечується тим, що спочатку зі статичного розрахунку визначаються усі стискаючі зусилля у елементах несучої фасадної ферми, а потім від них визначається необхідне зусилля попереднього натягу такого значення, щоб усі елементи тросової ферми залишались розтягнутими за будь-якої комбінації розрахункових зусиль. Розрахунки виконано у програмному комплексі Лира. Для попереднього натягу застосовано скінчений елемент 308— геометрично нелінійний двовузловий скінчений елемент для моделювання попереднього напруження.

Аналіз топології решітки показав, що систему можливо реалізувати лише за умови використання хрестової решітки. В усіх інших варіантах конфігурації решітки неможливо досягти, щоб усі елементи решітки були розтягнутими навіть за умови попереднього напруження елементів (рис. 7).



Рис.7 Мозаїка внутрішніх поздовжніх зусиль у фасадній системі

При цьому необхідне зусилля натягу у тросах у верхній частині складає всього 17 кН. До того ж, наявність тросової системи покращує роботу каркасу в цілому – на 5-7 % зменшуються горизонтальні переміщення, тож наявність такої системи приводить до збільшення жорсткості каркасу без суттєвих додаткових перевитрат на основні несучі конструкції.

Підсумовуючи проведені дослідження, можна зробити наступні **висновки**:

Основна ідея попередньо напруженої тросово-спайдерної системи полягає в попередньому натягу тросів з метою створення у конструкції зусилля, протилежного розрахунковому з майже повним виключенням стиснутих елементів. В результаті аналізу топології решітки встановлено, що застосовувати дану конструкцію можна лише у системах з перехресною решіткою.

Попереднє напруження елементів тросово-спайдерної системи додатково підвищує жорсткість основних конструкцій каркасу.

Сьогодні Україною обрано європейський шлях подальшого розвитку. Поступово відбувається перехід на європейські стандарти, в тому числі і в питаннях архітектури. Зовнішній вигляд нових будівель приходить до нас із заходу, змінюючи та осучаснюючи їх зовнішній вигляд. Спайдерні фасади в наших містах ще досить рідкісне явище, але всьому свій час. Вони також поступово заслуговують довіру і полонять серця архітекторів та споживачів.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Спайдерні фасади [Електронний ресурс]. Режим доступу:
2. http://viknotex.at.ua/news/spajderni_fasadi/2010-04-22-6
3. Sadev: architectural glass systems [Електронний ресурс]. Режим доступу:
4. <http://www.sadev.com/accueil-groupe-sadev/?lang=en>
5. Стекло и стеклопакеты для систем «спайдерного» остекления. [Електронний ресурс]. Режим доступу:
6. <http://www.glasspro.ua/index.php?q=products/spider/glass.html>