

УДК 624.014

к.т.н., доцент Склярів І.О.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## ВАНТОВІ НЕСУЧІ СИСТЕМИ СКЛЯНИХ СВІТЛОПРОЗОРИХ ФАСАДІВ

*Наведено основні проблеми та особливості проектування фасадних конструкцій з використанням попередньо напружених вантово-спайдерних систем. Елементом кріплення є несучий шарнір, який призначений для з'єднання скляних панелей з конструкцією. Несучий шарнір сприймає на себе основні вітрові і снігові навантаження і запобігає руйнуванню скла за рахунок своєї рухливості. Ефективність попередньо напруженої вантово-спайдерної системи забезпечується попереднім натягом тросів з метою створення у конструкції зусилля, протилежного розрахунковому з майже повним виключенням стиснутих елементів. Це дає можливість виконувати елементи фасадної ферми зі сталевих тросів невеликого діаметру, надаючи фасаду унікальний індустріальний дизайн та максимальне світлопропускання.*

**Ключові слова:** вантові системи, скляні фасади, спайдерні кріплення, планарне скління.

**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 елементів (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 вантової системи, закріпленої до несучих конструкцій. Така система створює ефект «павутиння». Але проектування таких систем ускладнено обов'язковим введенням попереднього напруження у елементах вантової 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 конструкцій; 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).



Рис.2. Кріплення спайдера до металевих колон

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.

– 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;

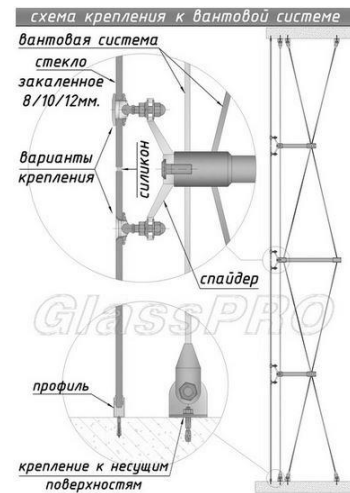


Рис. 3. Кріплення спайдера до вантової системи

– 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.

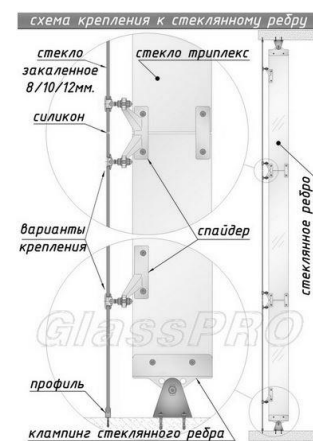


Рис. 4. Кріплення спайдера скляних ребер

**Метою** дослідження є аналіз роботи вантово-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 здатністю 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

Основні принципи розрахунку несучої вантової 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 підвішено тросову систему фасаду (рис. 6).

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 вантової 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.

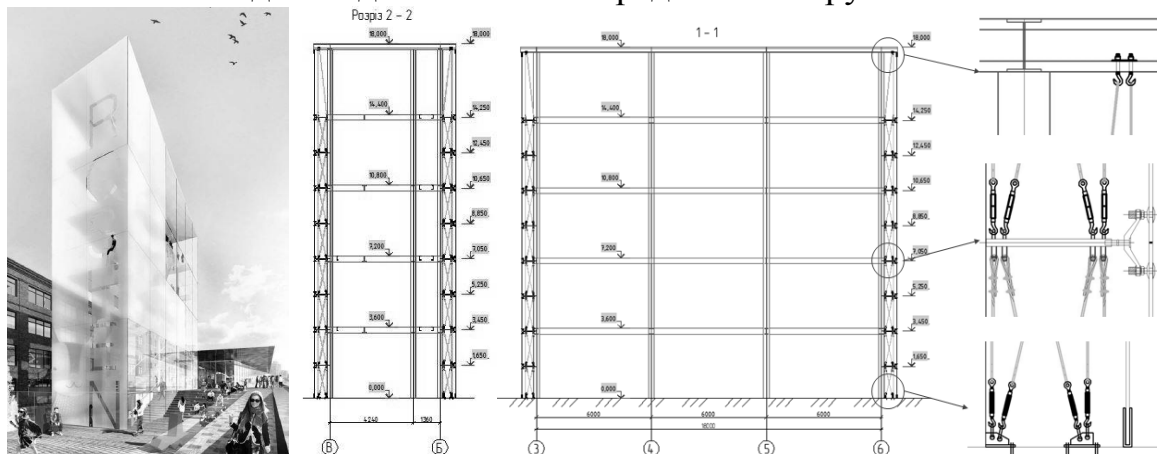


Рис.6. Реалізація вантово-спайдерної фасадної системи на прикладі проектування башти Рошен у м. Київ

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. При цьому необхідне зусилля натягу у тросах у верхній частині складає всього 17 кН. До того ж, наявність вантової 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 вантово-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 вантово-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: [http://viknotex.at.ua/news/spajderni\\_fasadi/2010-04-22-6](http://viknotex.at.ua/news/spajderni_fasadi/2010-04-22-6)
2. Sadev: architectural glass systems [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.sadev.com/accueil-groupe-sadev/?lang=en>
3. Стекло и стеклопакеты для систем "спайдерного" остекления. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.glasspro.ua/index.php?q=products/spider/glass.html>

### Аннотация.

В статье приведены основные проблемы и особенности проектирования фасадных конструкций с использованием предварительно напряженных вантово-спайдерных систем. Элементом крепления является несущий шарнир, который предназначен для соединения стеклянных панелей с конструкцией. Несущий шарнир воспринимает на себя основные ветровые и снеговые нагрузки и предотвращает разрушение стекла за счет своей подвижности. Эффективность предварительно напряженной вантово-спайдерной системы обеспечивается предварительным натяжением тросов с целью создания в конструкции усилия, противоположного расчетному с почти полным исключением сжатых элементов. Это дает возможность выполнять элементы фасадной фермы из стальных тросов небольшого диаметра, придавая фасаду уникальный индустриальный дизайн и максимальное светопропускание.

### Abstract.

The article presents the main problems and features of the design of facade designs using prestressed rope-spider systems. Fixing element is a ball joint, which is designed to connect the glass panels to the structure. Ball Joint takes over the main wind and snow loads and prevent glass breakage due to its mobility. Effectiveness of pre-stressed rope-spider system is provided preload cables to create a design effort, opposite the settlement with almost complete except for the struts. This makes it possible to carry out elements of the facade girder of steel cables with small diameter, giving the facade a unique industrial design and maximum light transmission.