

УДК 72.01

АТРІУМНІ ПРОСТОРИ - ЯК ЗАСІБ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ

Антоненко Ігор Володимирович

ст. викладач кафедри дизайну інтер'єру і меблів
Київського національного університету технологій та дизайну
м. Київ, Україна

***Анотація:** В роботі розглядаються принципи організації атріумних просторів. Основна увага акцентується на раціональному використанні енергії. Дається визначення атріумів і їх характеристики. Розповідається про способи виникнення і збереження енергії в атріумних будівлях. Пояснюються можливості пасивного сонячного нагріву, природного охолодження і денного освітлення. Аналізуються принципи проектування атріумів в різних кліматичних умовах. А також згадуються інноваційні конструктивні системи, за допомогою яких виникають атріумні простори нового типу.*

***Ключові слова:** атріумні простори, сонячна енергія, енергоефективність, акумулювання тепла, тросові системи, світлопрозоре покриття, мембранні конструкції.*

Постановка проблеми. Атріуми дуже поширені в державах, для яких характерний холодний клімат. Причиною тому є необхідність створення приміщення з високим рівнем комфорту, що постійно освітлюється природним чином. У зв'язку з цим кліматичні системи, що встановлюються в таких місцях, повинні відповідати індивідуальним вимогам. Використання атріумів дозволяє інженерам ефективно використовувати сонячну енергію, щоб контролювати кліматичну обстановку з урахуванням енергозбереження. Разом з тим практично всі атріумні будівлі вимагають прокладки спеціальних інженерних комунікацій. Таким чином, при обігріві приміщень повинна використовуватися не тільки сонячна енергія, а й опалювальне обладнання. Також необхідно застосування сучасних вентиляційних систем. Ці питання в умовах нашої країни вимагають ретельного вивчення. На території України і пострадянського простору використання атріуму як архітектурного елемента набуває особливої популярності у кінці 1990-х - початку 2000-х років. Серед найбільш вдалих рішень наприклад комплекс будівель поблизу Бессарабської площі - «Мандарин-Плаза», «Арена-Сіті» (м. Київ), або атріум Київського гостинного двору. Але в цілому переваги атріумних просторів використовуються в Україні недостатньо. Крім цього останнім часом з розвитком будівельних технологій з'явилися нові

конструктивні системи, які надають атріумним просторам фактично необмежені можливості (мова йде про мембранні конструкції, і в першу чергу про тросові системи). Стаття стосується в основному проблем енергозбереження атріумних будівель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізом атріумних будівель ретельно займався Річард Саксон. Книга автора з США «Атріумні будівлі» – результат всебічного дослідження проблеми будівництва з вільним внутрішнім простором. Він розглядав такі питання, як історія розвитку атріумних споруд, архітектурні та конструктивні рішення будівель, економіка, озеленення, освітлення, регулювання мікроклімату, пожежна безпека і ін. Функцією, сприйняттям і дизайном архітектурного середовища атріумних будівель займалися Іконніков А. В. та Єфімов А. В., Беддінгтон Н. вивчав формування і розвиток торговельних центрів з атріумними просторами. Гідіон З.і Цайдлер Е. розглядали організацію міських просторів. З американських авторів можна назвати Вільяма М. К. («Сонячне освітлення як джерело формоутворення в архітектурі») – розглянуті питання точного масштабного моделювання для розрахунку надходження денного світла для конкретного атріуму або світлового колодязя; а також Міхаеля Дж. («Новий атріум») – наведені приклади критеріїв проектування атріуму, включаючи енергію, пожежну безпеку, потоки руху і зручності.

Завдання дослідження: на основі аналізу досвіду сучасного формування атріумних просторів в розвинених країнах світу з точки зору раціонального використання енергії виявити домінуючі методи та тенденції організації таких просторів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Комфортабельність атріумних будівель залежить від двох явищ: а) ефекту аеродинамічної тяги; б) оранжерейного ефекту. Останній полягає в зігріванні внутрішнього простору атріуму короткими хвилями сонячної енергії, що проходить через скло. Теплове випромінювання, що вивільняється назовні, відрізняється більшою хвильовою довжиною. Його утримує скло. В результаті тепла енергія знаходиться в приміщенні, що є причиною позитивного зимового і негативного річного ефекту.

Під ефектом аеродинамічної тяги слід розуміти різницю тисків в приміщенні, яка призводить до висхідного руху теплої повітряної маси в закритому просторі. В результаті повітря, що знаходиться в основному і суміжних приміщеннях, зміщується. Швидкість руху повітряного потоку збільшується за рахунок нагрітих частинок повітря, на які вплинув парниковий ефект. Тому атріумні приміщення відрізняються потужним висхідним повітряним потоком, що є джерелом утворення сильної тяги з з'єднаних атріумом будівель. Цією тягою можна забезпечувати вентиляцію, проте її зворотна дія є абсолютно марною.

Перед розкриттям інформації про формування мікроклімату в атріумі слід дати відповіді на фундаментальні питання. Вони стосуються кліматичних умов на території розташування атріуму, його функціональної складової і характеру, який мають головні теплові процеси. Разом з тим необхідно вибрати тип атріуму: а) в якому буде зберігатися тепла енергія; б) в якому

буде вивільнятися теплова енергія; с) в якому будуть виконуватися два зазначених процесу з урахуванням тимчасового періоду.

В першу чергу слід визначитися з кліматичним фактором. Характерною особливістю атриумів в холодних помірних кліматичних умовах є потреба в регулярному надходженні теплової енергії, в тропічних погодних умовах - холодного повітря, в континентальних атмосферних умовах - тепла (в зимовий час) і холодної повітряної маси (в літній період). В результаті тип атриумної будівлі визначає його форму і функціональність.

У будівлях комерційного призначення, що мають глибокі приміщення, регулярно спостерігається надлишок теплоти. Причому повітря тут може бути перегрітим і з настанням суворої зими, тому наявність атриуму призведе до погіршення кліматичної обстановки в тому випадку, якщо в ньому накопичується теплова енергія. У разі проведення реконструкції висотного адміністративного будинку, в результаті якої зменшаться витрати на штучне світло, за допомогою атриуму може бути організований обігрів. Перед вибором опалювальної системи для атриуму потрібно вивчення взаємозв'язку кліматичних умов з функціональністю будівлі [1].

У своєму первинному значенні атриум був відкритим двориком римського типу. Сьогодні атриум - це застканий простір всередині будівлі або збоку від будівлі. Якщо ігнорувати проблеми опалення, охолодження та освітлення, то проект атриуму може істотно збільшити енергетичну вартість будівлі. А для підтримки комфортних умов усередині потрібна енергія, що перевищує середні звичні величини. З іншого боку енергоефективні простори атриумів можуть збільшити економічність будівлі завдяки природному освітленню, пасивному нагріванню і природному охолодженню.

Атриумні простори більш чутливі до впливу зовнішніх погодних умов, ніж звичайні будівлі, і тому їх проекти повинні враховувати місцеві вимоги. Проект також буде залежати від специфіки та призначення атриуму: забезпечення денним освітленням тільки себе або простору, що примикає; забезпечення комфортних умов для мешканців (або для рослин), що проводять в ньому значну частину свого часу, або забезпечення полукомфортних умов, достатніх для пересування по ньому. Складність проектування енергоефективного атриуму полягає в необхідності поєднання різних, часто конфліктуючих, вимог до пасивного нагрівання, природного охолодження і денного освітлення, використовуючи геометрію атриуму, його орієнтацію, а також контроль за впливом сонця на застклені поверхні і поведінкою теплоізоляції. Архітектурні рішення спільно з інженерним конструюванням повинні забезпечити можливість використання пасивної енергії для зниження споживання енергії всім будинком.

Розглядаючи проблему з точки зору пасивного сонячного нагріву, можна сказати, що атриуми, спроектовані з великими площами скління, перегріваються протягом дня, забезпечуючи потенційно відновлюваним теплом частини будівлі, що примикає. У районах з холодним кліматом і в будівлях зі значною тепловим навантаженням (житлові будинки або

готелі) використання цього сонячного тепла може бути рентабельним. В такому випадку вертикальне скління, звернене на південь, перехоплює зимове сонце, а влітку забезпечує мінімальне надходження тепла. Якщо простір атріуму повинен забезпечувати комфортні умови для постійно перебуваючих у ньому людей, акумулювання тепла всередині цього простору і енергоефективне його скління також буде корисним.

Що стосується можливостей природного охолодження, то для зниження потреби в охолодженні в атріумі важливим фактором є захист від літнього сонця. Природне охолодження може бути здійснено орієнтацією стекол, захисними покриттями як частиною скління і спеціальними пристроями для затемнення, які можуть бути або рухомими, або ні. У районах з жарким сонячним кліматом відносно невелике скління може забезпечити необхідне денне освітлення і в той же час знизити сонячне надходження тепла. У районах з теплим вологим кліматом з переважанням хмарності (хоча небо залишається джерелом небажаного надходження тепла) для великих площ застосування бажано орієнтувати на північ. Механічна вентиляція повинна сприяти висхідному потоку природної вентиляції.

Форма атріуму, функцією якого є забезпечення природного освітлення, визначається домінуючим станом неба. У районах з холодним хмарним кліматом ідеальне поперечний переріз атріуму повинен бути ступінчастим у міру його підвищення для того, щоб посилити верхнє освітлення. У жарких сонячних районах з ясним сонячним небом поперечний переріз повинен бути подібно до великого світильника, спроектованому для того, щоб відбивати, розсіювати і робити придатним до вживання світло зверху. Проектування денного освітлення ускладнюється рухом сонця, так як воно змінює своє положення щодо будівлі протягом дня і року [2; с. 816].

У таблиці №1 розглядається відносна важливість принципів проектування в різних кліматичних умовах за версією американського інституту архітекторів.

Таблиця №1

Принцип енергетичного проектування атріуму	Холодно / хмарно	Прохолодно / сонячно	Тепло / сухо	Жарко / волого
<p>НАГРІВАННЯ:</p> <p>Н1 Для максимізації теплових надходжень від зимового сонця отвір атріуму орієнтується на південь</p> <p>Н2 Для акумулювання і розподілу променевої теплоти внутрішня кладка розміщується прямо на шляху зимового сонця</p> <p>Н3 Для запобігання зайвих нічних тепловтрат аналізується тепло-ізолююча система скління</p> <p>Н4 Для регенерації тепла розміщується зворотний повітропровід високо в просторі прямо під сонцем</p>	<p>Дуже важливо</p> <p>Дуже важливо</p> <p>Позитивний результат</p>	<p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p> <p>Дуже важливо</p>	<p>Дискреційне використання</p> <p>Дуже важливо</p> <p>Дискреційне використання</p>	
<p>ОХОЛОДЖЕННЯ:</p> <p>С1 Для мінімізації поступлення сонячного тепла забезпечується захист від літнього сонця</p> <p>С2 Атріум використовується як вентиляційна камера в механічній системі будівлі</p> <p>С3 Для того, щоб сприяти природної вентиляції створюється ефект вертикальної «труби» з високо розташованими виходами і низько розташованими входами</p>	<p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p>	<p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p>	<p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p>	<p>Дуже важливо</p> <p>Позитивний результат</p> <p>Дуже важливо</p>
<p>ОСВІТЛЕННЯ:</p> <p>Л1 Для максимізації денного світла використовується ступеневий перетин (в районах з переважанням хмарності)</p> <p>Л2 Для максимізації денного світла вибирається засклення zenітного ліхтаря в залежності від домінуючого стану неба (прозоре і горизонтальне в районах з переважанням хмарності)</p> <p>Л3 Забезпечується регулювання сонячного світла і сонячного блиску</p>	<p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p>	<p>Дискреційне використання</p> <p>Позитивний результат</p>	<p>Позитивний результат</p> <p>Дуже важливо</p>	<p>Позитивний результат</p> <p>Позитивний результат</p>

Атріуми на основі застосування тросових систем. Зовсім недавно з'явилася відносно проста і недорога технологія будівництва великопрольотних світлопрозорих захисних споруд. Ідея полягає у створенні над комплексом будівель єдиного многопоясного тросового прозорого

покриття, яке об'єднує ці будівлі в одне ціле. Тобто, навколо цих будівель створюється міцна прозора захисна оболонка, яка забезпечує у внутрішньому просторі споруди постійні і комфортні для людини умови (температура, вологість, чистота повітря, освітленість, безпеку та ін.). При застосуванні тросової технології світлопрозорі елементи спираються на попередньо напружену тросову багатопоясну систему. Кліматичні особливості району будівництва визначають вибір прозорого матеріалу. Серед рекомендованих – дво- або чотирикамерні склопакети, листовий стільниковий полікарбонат, багатошаровий поліефірний склопластик, багатошарова тетрафторетіленова плівка, які відрізняються стійкістю і довговічністю при експлуатації в суворих кліматичних умовах [3].

Важливим етапом на шляху розвитку об'ємних світлопрозорих споруд стало наукове обґрунтування можливості їх відчутною ефективності – і в економічності енергоспоживання, і в значному скороченні тепловтрат, при одночасному істотному розширенні новостворюваного зручного і затребуваного громадського простору. Заслуга в цьому обґрунтуванні належить англійським і американським архітекторам і вченим. Але, в першу чергу, можна виділити роботи Террі Фаррелла і Рольфа Лебенса, які на кордоні 70-80-х років ХХ століття створили концепцію «буферного мислення». Результатом цієї концепції стало активне впровадження в світову архітектурну практику "буферного ефекту" або "принципу подвійної огорожі".

С допомогою багатопоясних тросових конструкцій з'явилася можливість створювати (перекривати) великі простори дешевше і надійніше, ніж раніше, а також не обмежуватися розмірами атріумів, запровадивши нову технологію покриття великих прольотів. Створення найпростішої другої огорожі (буферного простору) навколо міських кварталів дозволяє використовувати численні тепловтрати будівель, що накриваються. Тепловтрати, які не будуть розчинятися в навколишньому просторі, а забезпечать обігрів утворених атріумних просторів. Тільки за рахунок якісного світлопрозорого захисного покриття температура в таких атріумних просторах в зимовий період може бути на 10-15 градусів вище вуличної. Витрати на опалення будівлі залежать не від внутрішнього обсягу його приміщень, але лише від необхідності постійного поповнення вимушених тепловтрат. А так як більша частина тепловтрат безпосередньо залежить від площі і якості огорожувальних конструкцій будівлі, то, вирішивши завдання створення ефективних прозорих покриттів з низькими коефіцієнтами теплопровідності і значного зменшення загальної площі огорожувальних покриттів в спорудженні, можна забезпечити економію енергоресурсів при його опаленні і кондиціонуванні. Світлопрозорі споруди значно більшого обсягу зможуть знижувати площі огорожувальних конструкцій захисної споруди, щодо сумарної площі огорожувальних конструкцій внутрішніх будівель, в кілька разів [4]. У літній період, крім розумного регульованого часткового затінення внутрішнього простору від зайвого сонячного випромінювання і перегріву, можна передбачати розкриття вентиляційних отворів в

світлопрозорому покритті, а також здійснювати інші ефективні методи створення комфортного мікроклімату всередині всього світлопрозорого комплексу.

Економічна доцільність зведення захисних споруд робить їх інвестиційно привабливими. Кошторисна вартість покриття не перевищує 5% від вартості самого комплексу, і чим більше буде обсяг споруди, тим істотніше цей відсоток знизиться. Це станеться за рахунок зменшення площі огорожувальних конструкцій, за рахунок зменшення витрат на теплоізоляцію, зниження ваги огорожувальних конструкцій капітальних будівель та спрощення їх зовнішньої обробки. Екологічний ефект від експлуатації при цьому навпаки збільшується. У великих за обсягом захищених об'ємах створений в них мікроклімат стійкіше до негативних змін (як внутрішніх, так і зовнішніх). При цьому інженерні системи стають більш ефективними і менш енерговитратними. З метою використовувати альтернативні поновлювані джерела енергії доцільно за допомогою теплових насосів витягувати геоенергію, невиснажливу енергію Землі. Слід встановити вітрові генератори, а для отримання геліоенергії в покритті певну площу світлопрозорих елементів доцільно замінити панелями сонячних батарей. Цей захід, окрім своєї основної функції – енергозбереження, частково затінює внутрішній простір, дозволяючи тим самим знизити енерговитрати на кондиціонування повітря. Крім того, інсоляція (що особливо актуально для південних регіонів) може регулюватися за рахунок автоматизованої системи затінення, світлопереломлювання і світловідбивання. При цьому досягається ефект оболонки-невидимки, мало помітної неозброєним оком. Актуальна також заміна котелень, що працюють на рідкому і газоподібному паливі, на біокотельні. Це вирішує одночасно і проблему утилізації відходів [5].

Мембранні конструкції є ще одним напрямком для створення енергозберігаючих атріумів. В системі мембранних світлопрозорих конструкцій (наприклад, німецька система «Texlon», або «Текслон») роль скляних одно- або дво- камерних пакетів грають двокамерні пневматичні подушки з полімеру фторопласт-40 (або EFTE (етилен-тетра-фтор-етилен зі зміненою структурою)) з подачею висушеного повітря під низьким тиском. Полімер є розробкою для авіаційної і космічної промисловості НДІ «фторполімери» 1970-х років, інертний до кислотних, лужних середовищ і ультрафіолетового випромінювання, стабільний в широкому діапазоні температур. Полімер володіє високими світлопропускними здатностями в широкому діапазоні хвиль, тому є ідеальним для застосування в приміщеннях, що вимагають пропуск великого потоку не зміненого природного світла. Термін служби полімеру - 25 років, і за цим параметром він не відрізняється від скла. До теперішнього часу систему мембранних конструкцій також можна локалізувати під специфіку природних умов конкретного регіону для застосування як в громадських будівлях, в житловому будівництві, так і в сільському господарстві (тепличні цілорічні комплекси).

Безсумнівно до гідності мембранних конструкцій можна віднести їх еластичність. На відміну від склопакетів в архітектурному склінні (виключаючи гнуче скло і склопакети), подушкам з мембран на основі полімеру фторопласт-40 не обов'язково мати плоску підставу установки. Звідси - простота і швидкість монтажу конструкцій та архітектурне розмаїття форм. Термоізоляційні властивості подушок на основі полімеру фторопласт-40 набагато вище властивостей стандартних склопакетів з наповненням з інертних газів, тому що сам матеріал фторопласт-40 (EFTE) є теплоізолятором (як і всі органічні полімери). Енергоефективність експлуатації конструкцій, заснованих на мембранній технології як мінімум на 15% краща, ніж у звичайних конструкцій зі скла і металу. Крім того, в південних кліматичних зонах можливе застосування подушок EFTE із змінною проникністю світла. На основі мембранної системи можна створити інтегрований в систему (що використовує всю її площу) аналог «сонячної батареї» без будь-яких візуальних погіршень показників. Крім цього полімер фторопласт-40 (EFTE) є матеріалом, що самоочищається (не вимагає витрат, пов'язаних з очищенням поверхні від опадів і пилу). Що стосується акустики, вироблений всередині приміщення шум не відбивається, як у випадку застосування звичайних склопакетів, а амортизується в подушці і виводиться назовні. Також важливо, що полімер фторопласт-40 пожегобезпечний, він важко запалюється, не поширює полум'я, не підтримує горіння і не виділяє самостійних палаючих частинок. Що стосується недоліків мембранних конструкцій, можна відзначити деякі властивості акустики. Звук природних опадів (удари крапель дощу об поверхню) відбивається від зовнішньої поверхні полімерної подушки і посилюється. Але в окремих випадках цей ефект створює відчуття єднання з навколишнім середовищем. Або ж використовуються додаткові елементи для усунення небажаного шуму. Також слід згадати про уразливість системи для гострих колючо-ріжучих предметів. В силу цього фактора передбачається експлуатація подібних конструкцій в недосяжних зонах [6].

Висновки: Причина актуальності атріумних майданчиків полягає в можливості організації природно освітленого зручного приміщення, яке буде експлуатуватися в комерційних, культурних, розважальних чи інших цілях. Панорамне скління і габаритні освітлювальні пристрої дають можливість максимально використовувати сонячну енергію, а також скоротити витрати на опалення атріуму. Успішність атріумів полягає в енергетичній ефективності та в формуванні природних умов перебування всередині будівлі. Крім цього, подібні конструкції вельми виразні з естетичної точки зору, хоча і трудомісткі при зведенні. Будівництво атріумних будівель ставить досить складні завдання перед інженерами з теплопостачання у зв'язку з тим, що під час проведення розрахунків необхідно акцентувати увагу на показниках випромінювання і конвективного транспортування повітря. Крім цього, слід враховувати можливість перегріву в літній період, через який приміщення може перетворитися на справжній парник. Але не дивлячись на технологічні труднощі, атріумні споруди дуже привабливі в першу

«Наукова думка сучасності і майбутнього» (1 - 7 травня 2017р.)

чергу з енергозберігаючої точки зору, цей фактор в Україні на даному відрізку історичного і економічного розвитку дуже актуальний. Також звертає на себе увагу такий філософський факт, що при будівництві великих світлопрозорих споруд відбувається процес взаємопроникнення людини і природи. З одного боку, як і раніше, будь-яке нове будівництво (в тому числі і світлопрозорих споруд) буде проникати в природу, поглинаючи гармонійні природні простори. Але з іншого боку і сама природа почне активно проникати всередину величезних рукотворних світлопрозорих форм. Природно, що жива природа, займаючи у величезних прозорих спорудах спеціально підготовлені для неї місця, буде утворювати в них стійкі екосистеми, якісно наповнить собою архітектурні, залиті сонцем об'єкти майбутнього, ведучи процес до мутуалізму (взаємовигідної співжиття) природи і людини [7].

Література:

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование атриумов. – Режим доступу до ресурсу: <http://ventilation.baltcomfort.ru/informatsiya/64-otoplenie-ventilyatsiya-i-konditsionirovanie-atrimumov.html>
2. Рамсей Ч. Дж., Слипер Г. Р. Архитектурные графические стандарты. / Пер. с англ. – М., Архитектура-С. 2008. 1088 С.
3. Жуковский Э.Д., Каменович И.И. Пространственные конструкции и перспективы их развития. – М.: Высшая школа, 2004. – 148 с.
4. Экоустойчивая архитектура: – Режим доступу до ресурсу: большепролётные светопрозрачные здания и сооружения. <http://blog.dp.ru/post/4699/>
5. Шилов И.А. Экология. – М.: Высшая школа, 2003. – 512 с
6. Мембранные конструкции. – Режим доступу до ресурсу: <http://rosvit.ru/fasady-krovli-i-zimnie-sady/novye-tehnologii/>
7. Атриумы - как основа архитектуры будущего наших городов. Атриумные здания и сооружения. – Режим доступу до ресурсу: <http://blog.dp.ru/post/4003/>