

НЕСУЧІ КОНСТРУКЦІЇ ФАСАДНИХ СИСТЕМ З ВЕНТИЛЬОВАНИМ ПОВІТРЯНИМ ЗАЗОРОМ

Г.А. Семенова, В.Є. Волкова НТУ "Дніпровська політехніка", Україна

Технологія облаштування будівель і споруд вентиляльованими системами є важливою саме для України тому, що вона дозволить зменшити втрати теплової енергії, яка надходить до будівлі, покращити зовнішній вигляд будівель та їх експлуатаційні властивості (що є теж важливим, адже в Україні майже кожен будинок, зведений у минулому столітті, не має архітектурної виразності), захистити огорожуючу конструкцію від дії шкідливих атмосферних впливів та є ідеальною для нашого клімату, бо взимку не дозволяє стінам будівлі промерзати, а влітку захищає від високих температур.

У сучасному будівництві почали широко використовуватися матеріали та елементи конструкцій, що є одночасно легкими та мають велику міцність. До таких слід віднести елементи вентиляльованих фасадів.

За видом лицювання вентиляльовані фасади класифікують:

1. З використанням керамогранітних плит;
2. З композитних матеріалів на основі алюмінію (алюкобонд, рейнобонд, алполик);
3. У вигляді цементно-волокнистих листів (фіброцементних, азбестоцементних) або цементного каменю;
4. З металевим лицюванням у вигляді сайдингу, касет, панелей тощо.

У вентиляльованому фасаді окремі шари конструкції розташовуються у такий спосіб: зовнішня стіна, теплоізоляція, повітряний прошарок, захисний екран (рис. 1). Така схема є оптимальною, тому що шари різних матеріалів розміщені по мірі зменшення показників їхньої теплопередачі, а опір паропроникності зростає зовні всередину.



Рис 1. Схема вентиляльованого фасаду

Влаштування додаткової теплоізоляції зовні будівлі краще захищає стіну від змінного замерзання й відтавання. Вирівнюються температурні коливання масиву стіни, що перешкоджає появі деформацій. Точка роси зміщується в зовнішній теплоізоляційний шар, внутрішня частина стіни не сиріє, і не потрібно додаткової пароізоляції.

Іншої перевагою зовнішньої теплоізоляції є збільшення теплоакumuлюючої здатності масиву стіни. За умови раптового відключення джерела теплопостачання при зовнішній

ізоляції, цегляна стіна буде охолоджуватися у 6 разів повільніше, ніж при внутрішньому шарі теплоізоляції такої ж товщини.

Довговічність - незмінність теплоізолюючих властивостей мінвати - залежить, в першу чергу, від інтенсивності факторів, що впливають. Швидкість руйнування утеплювача визначається об'ємом надходить і замерзає вологи.

Наявність повітряного проміжку у вентилярованому фасаді принципово відрізняє його від інших типів фасадів, тому що завдяки перепаду тиску цей проміжок працює за принципом дії витяжної труби. У результаті чого згороджуючої конструкції у навколишнє середовище видалається атмосферна й внутрішня волога.

Вентильований повітряний проміжок знижує також і тепловтрати, тому що він практично є температурним буфером. Температура повітря в ньому приблизно на три градуси вища, ніж зовні.

Зовнішній екран з оздоблювальних матеріалів захищає розташований за ним шар теплоізоляції, а також огорожуючу конструкцію від атмосферних впливів. Влітку він виконує функцію сонцезахисного екрану, що відбиває значну частину падаючого на нього теплового потоку.

Але також, як і будь які конструкції, система вентиляованих фасадів має певні слабкі місця.

Опір теплопередачі стіни характеризує її теплозахисні властивості. Коефіцієнт теплотехнічної однорідності визначається впливом теплопровідних включень і показує ефективність використання теплоізоляції – чим він менший, тим більшою має бути товщина шару теплоізоляції. Усю товщу утеплювача пронизують неоднорідні металеві елементи кріплення, і чим вони масивніші, тим більша теплопровідність металу, чим більша їх кількість і площа перерізу тим більшою має бути товщина утеплювача. Якщо некоректно врахувати ці параметри можна звести нанівець усі переваги вентиляованого фасаду (можуть з'явитись промерзання по стінах, осідання конденсованої вологи).

У фасадних конструкціях, схильних до періодичного зволоження, існує ще один потенційно небезпечний момент – це контакт металевих конструкцій з утеплювачем. Оскільки кожен сплав по-своєму реагує на кислотність навколишнього середовища, то передбачити наслідки поки що не можливо.

Несучі елементи підоблицювального каркасу є найслабшим місцем вентиляованих фасадів. До них ставлять такі вимоги: вони повинні витримувати власну вагу, вагу захисно-декоративного екрану і вітрові навантаження, бути вогнестійкими, а також стійкими до атмосферних впливів, в т. ч. до корозії. Для будівель, розміщених у великих містах і промислових зонах потрібно враховувати агресивну дію навколишнього середовища на елементи кріплення.

Несучий просторовий каркас системи вентиляованих фасадів утворений з наступних елементів: вертикальні (і, або горизонтальні) профілі; несучі кронштейни, що виконують функції зв'язків профілів з основною стіною; облицювальні плити, що навішуються на профілі (функції - декоративно-огорожувальні, передача вітрового навантаження на профілі, роль просторових зв'язків між профілями); вузли сполучення кронштейна зі стіною і профілями, а також облицювальних плит з профілями. Всі ці елементи працюють в єдиній системі і їх напружено-деформований стан взаємозалежний.

Для фасадних систем з регулярним кроком вертикальних профілів без великої втрати точності в оцінці НДС просторову континуально-стрижневу систему можна представити як сукупність плоских однопрогонових багатоповерхових рам (рис.2), а при обліку конструктивних особливостей вертикальних профілів (розрізаних на відправні елементи і з'єднаних гнучкими зв'язками) - однопрогонових двоповерхових рам (рис. 3). Рішення для таких рамних систем наводяться в довідниках проектувальника або можуть бути отримані рішенням серії завдань на ЕОМ.

Однак нам представляється, що оцінка граничних станів для названих елементів і вузлів при єдиної розрахункової схемою з фіксованими характеристиками вузлових сполучень (наприклад, жорстке сполучення кронштейна з вертикальним профілем, яке в початковому (початковому) стані можливо конструктивно і досягне, але в подальшому в процесі експлуатації буде порушено) може призводити до помилкових результатів.



Рис. 2 Просторова континуально-стрижнева система

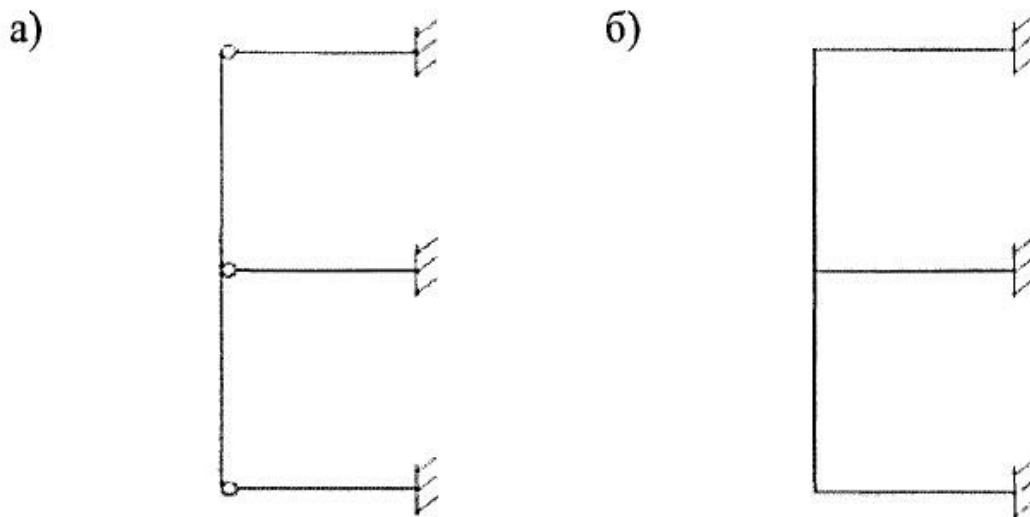


Рис. 3. Розрахункова схема - рамна система: а - шарнірне сполучення кронштейнів з вертикальним профілем; б - те ж, жорстке

З практичної точки зору більш доцільною буде методика вибору різних спрощених розрахункових схем, орієнтованих на оцінку НДС конкретного елемента, але при цьому розрахункова схема повинна відповідати найбільш несприятливого стану.

Для адекватної оцінки напружено-деформованого стану та аналізу роботи несучого елемента підсистеми потрібне обґрунтування спрощеної розрахункової схеми.

Системний аналіз напружено-деформованого стану несучих елементів і підсистеми в цілому і уточнення розрахункової моделі. Це обумовлено тим, що в рекомендаціях з проектування і застосування фасадних систем з вентиляваним повітряним зазором включені розрахунки для кронштейна лише по 1-ій групі граничних станів (міцність на розтягнення з вигином, на зріз, міцність кріплення кронштейна до стіни, т. е. опір на висмикування анкерного кріплення); для вертикального профілю - розрахунки по 1-ій і 2-ій групами

граничних станів конструкцій (перевірки міцності на розтягнення з вигином, на зріз в горизонтальній площині, міцність кріплення профілю до несучої кронштейну і перевірку прогину на дію вітрового навантаження) на основі недостатньо обґрунтованою розрахунковою схеми.

Розрахунок за стрижневою схемою.

Проведена серія аналітичних розрахунків за традиційною стрижневий моделі і з використанням програмних комплексів SCAD і Lira.

Кронштейн розглянемо як консольну балку з розрахунковою схемою - жорстко затиснений консольний стержень (рис. 4.).

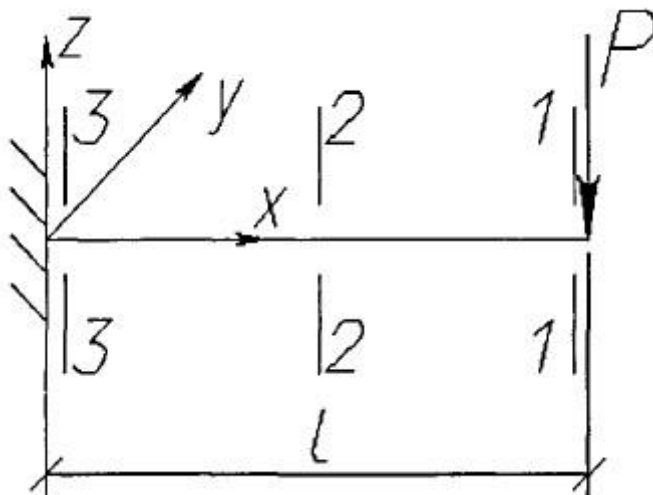


Рис. 4. Розрахункова схема кронштейна

Всі елементи розглянутих систем в залежності від ПДВ розрахункових перетинів відносяться до 1 класу - ПДВ, при якому напруга не перевищує розрахункового опору сталі $\alpha \leq \sigma_y$.

Кронштейни виконувалися: з оцинкованої сталі з $E_{zn} = 2,06 \cdot 10^5$ МПа і з алюмінієвих сплавів з $E_{Al} = 0,7 \cdot 10^5$ МПа.

Аналітичний розрахунок виконувався методом початкових параметрів з використанням стрижневий моделі в класичній постановці:

Чисельні дослідження виконані МСЕ в фізично і геометрично лінійній постановці.

З причини того, що при розрахунковій схемі жорстко защемленого консольного стрижня при всіх конструктивних рішеннях значення прогинів значно занижені в порівнянні з експериментальними, виникла необхідність виконати дослідження кронштейнів МСЕ по континуальній схемою.

Уявімо кронштейн як просторову континуальну систему з декількох підобластей. Побудова аналітичного рішення з використанням такої моделі має труднощі, тому перевагу віддамо чисельному рішення в формі МСЕ з моделюванням кронштейна набором пластинчастих прямокутних чотирьох-вузлових кінцевих елементів. При призначення сітки кінцевих елементів було виконано дослідження збіжності МСЕ для розглянутих розрахункових схем. Встановлено, що кількість елементів по кожній стороні повинна становити не менше трьох. Для всіх типів розглянутих кронштейнів розміри кінцевих елементів прийняті 5x5 мм. Навантаження прикладена в точці $x = 1$ до центру тяжіння верхньої полиці кронштейна.

Розрахунок несучих конструкцій фасаду як рамної системи.

Розглянемо рамну конструкцію, що складається з кронштейнів вильотом 0,18 (крок по вертикалі - 1м) і Т-образного вертикального профілю довжиною 2м. Несучі елементи з оцинкованої сталі.

При чисельному аналізі розглядалися чотири варіанти розрахункових схем:

1 - жорстке кріплення вертикального профілю до кронштейнів, при цьому вони жорстко затиснені на згині - плоска рамна система (рис.5, а);

2 - те ж, кронштейни жорстко затиснені в центрі опорної частини - просторова рамна система (рис.5, б);

3 - шарнірне кріплення вертикального профілю до кронштейнів, при цьому вони жорстко затиснені на згині - плоска рамна система (рис. 5, в);

4 - те саме, кронштейни жорстко затиснені в центрі опорної частини - просторова рамна система (рис., 5, г).

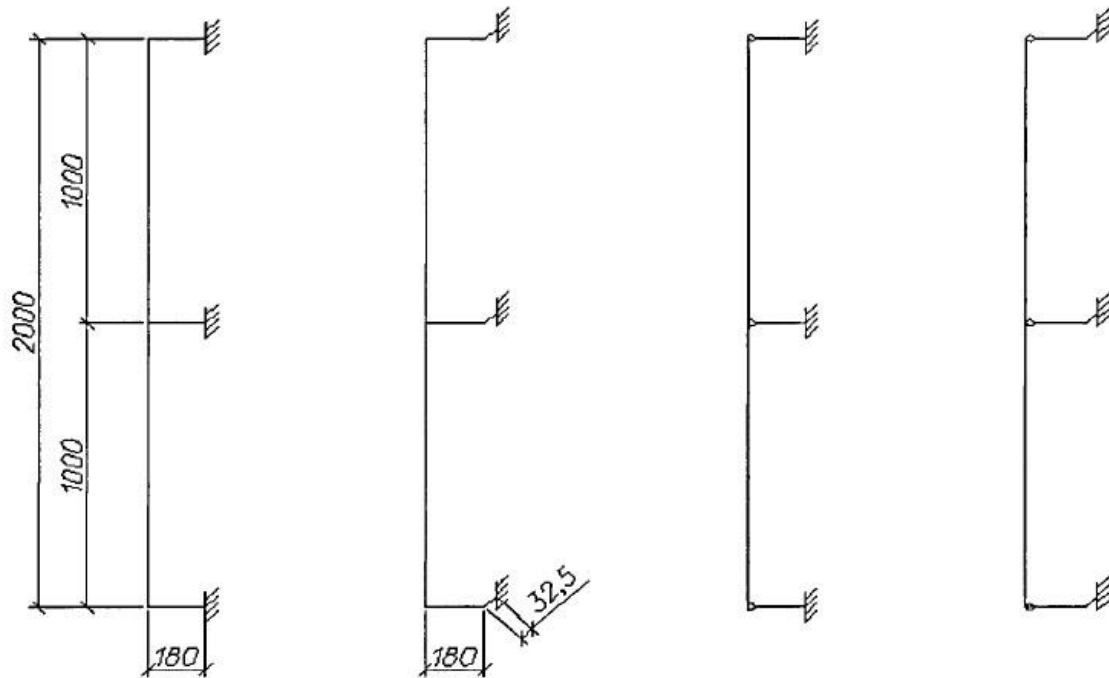


Рис 5. Розрахункові схеми рамної конструкції: а, б - жорстке кріплення вертикального профілю до кронштейнів: жорстке защемлення кронштейна на згині - схема 1 (а); жорстке зацімлення кронштейна в центрі опорної частини - схема 2 (б); в, г - шарнірне кріплення вертикального профілю до кронштейнів жорстке защемлення кронштейна на згині - схема 3 (в); жорстке защемлення кронштейна в центрі опорної частини - схема 4 (г)

Позначення елементів і їх перетинів для розглянутих розрахункових схем рамної конструкції представлені на рис. 6.

Розрахунки проводилися в два етапи: на силове навантаження і на температурні впливи.

Силове навантаження: вертикальна - власний вагу несучих конструкцій і облицювальний матеріал (зосереджена і момент в точці кріплення вертикального профілю до кронштейну) і горизонтальна - вітрове вплив для певного району (рівномірно розподілена, прикладена до вертикальному профілю).

Температурна навантаження приймалася рівною: +70; +60; +50; +40; -30; -40; -50 ° С. Коефіцієнти лінійного розширення при t від -70 до +100 ° С.

Отже, можемо зробити такі висновки:

1. Вибір розрахункової схеми кронштейна як самостійний елемент відіграє істотну роль у формуванні та оцінці його НДС. У найпростіших випадках можна використовувати стрижневу модель з урахуванням зсуву, в більш складних варіантах - континуальну пластинчасту модель з орієнтацією її реалізації на ЕОМ.

2. Фасадна система з вентиляльованим повітряним зазором повинна розглядатися як континуальна або плоска рамна система. Для інженерних розрахунків може розглядатися кожен елемент окремо з використанням розрахункових схем відповідних різних стадій функціонування системи, але призводять до екстремальних розрахунковим зусиллям за елементами.

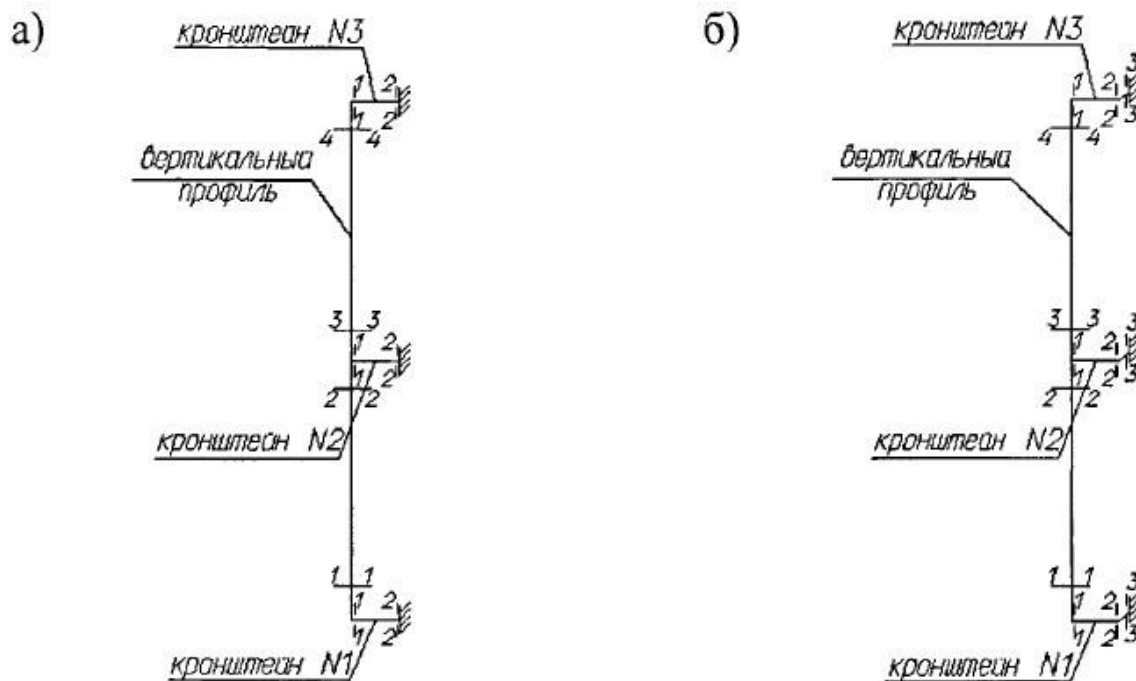


Рис. 6 Позначення елементів і їх перетинів: а - плоска рамна система; б - просторова рамна система

Список літератури

1. ДБН В.2.6-33:2008 Конструкция зданий и сооружений. Конструкции внешних стен с фасадной теплоизоляцией. Требования к проектированию, устройству и эксплуатации..
2. Технический регламент строительных изделий, зданий и сооружений (утвержденный постановой Кабинета Министров Украины № 1764 від 20.12.2006).
3. Граник, Ю.Г. Конструкции наружных ограждений и инженерные системы в новых типах энергоэффективных жилых зданий [Текст] / Ю.Г. Граник, А.А. Магай, В.С. Беляев // Энергосбережение. - 2003. - № 3. с.
4. <http://stroytechnology.net/remontni-robotys/1724-ventulevany-fasad-kinstykyzia.html>