

УДК 621.3

**УТЕПЛЕННЯ КАРНИЗНИХ ВУЗЛІВ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ  
БУДІВЕЛЬ**

О.О. КУЗНЕЦОВА

Київський національний університет технологій та дизайну

Розглянуто теплотехнічні схеми утеплення карнизних вузлів огорожувальних конструкцій будівель. В результаті математичного моделювання та наступного чисельного розв'язування крайової задачі отримано розподіл температур на внутрішніх поверхнях карнизних вузлів в залежності від геометричних параметрів та коефіцієнта теплопровідності матеріалів-утеплювачів. Визначено найбільш прийнятні теплотехнічні рішення

Карнизним вузлом називається кут примикання горищного перекриття до зовнішньої стіни будівлі. Несприятливий теплотехнічний режим карнизних вузлів викликає необхідність їхнього додаткового утеплення. Це утеплення роблять з боку приміщення, при чому воно має перевірятися розрахунком температурного поля карнизного вузла, тому що іноді надмірне утеплення може призвести до небажаних результатів. В теплотехнічних розрахунках зовнішніх огорожувальних конструкцій мають враховуватися всі явища, що відбуваються в окремих частинах огороження. Наприклад, якщо не буде враховуватися зниження температури внутрішньої поверхні стін у карнизних вузлах у холодний період року, то в цих місцях може відбуватися явище конденсації пари з внутрішнього повітря приміщення, тоді як на поверхні гладкої стіни це явище спостерігатися не буде. Тому для запобігання цього небажаного явища і для вирівнювання температури на внутрішній поверхні карнизного вузла застосовують різні схеми утеплення карнизних вузлів.

***Об'єкти та методи дослідження***

В спеціальній літературі [1 – 3] приділено увагу особливостям теплотехнічного розрахунку окремих частин зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель (наприклад, вузлів стику будівельних конструкцій, віконних отворів, місць теплопровідних включень тощо). Ці частини зазвичай є найбільш уразливі з точки зору забезпечення відповідних санітарно-гігієнічних та технічних умов. Зокрема, у карнизних вузлах з боку приміщення найчастіше спостерігається утворення конденсату у холодний період року. Для утеплення карнизних вузлів і для вирівнювання температур на внутрішній поверхні існують різні схеми. Найчастіше з боку приміщення такі вузли утеплюють карнизом з низькотеплопровідного матеріалу. Але таке утеплення необхідно перевіряти розрахунком температурного поля карнизного вузла, тому що іноді надмірне утеплення призводить до негативних результатів. Для порівняння теплотехнічної ефективності утеплення карнизних вузлів будівель визначали температури внутрішньої поверхні карнизного вузла в залежності від коефіцієнта теплопровідності застосованих матеріалів-утеплювачів та їхніх розмірів. Для цього був застосований метод математичного моделювання. Розв'язування отриманої крайової задачі здійснювалося із застосуванням чисельного методу скінченних елементів.

***Постановка завдання***

Ціллю роботи є визначення найбільш ефективних теплотехнічних рішень, спрямованих на утеплення та вирівнювання температур на внутрішній поверхні карнизних вузлів у холодний період року для запобігання можливої конденсації вологи. Для цього визначалися значення температур на

внутрішній поверхні карнизного вузла в залежності від геометричних розмірів та коефіцієнтів теплопровідності матеріалів, застосованих для утеплення.

#### Результати та їх обговорення

З досвіду експлуатації будівель відомо, що найбільш проблематичними місцями з точки зору забезпечення відповідних технічних та санітарно-гігієнічних умов є вузли з'єднання будівельних конструкцій.

При конструюванні зовнішнього огороження слід враховувати, що необхідно не тільки запобігти в найхолодніший період року випадіння конденсату на внутрішній поверхні характерних частин зовнішнього огороження, але й обмежити додаткові втрати теплоти через ці ділянки.

На рис. 1 наведено схему карнизного вузла, для якої розглядалися різні схеми утеплення.

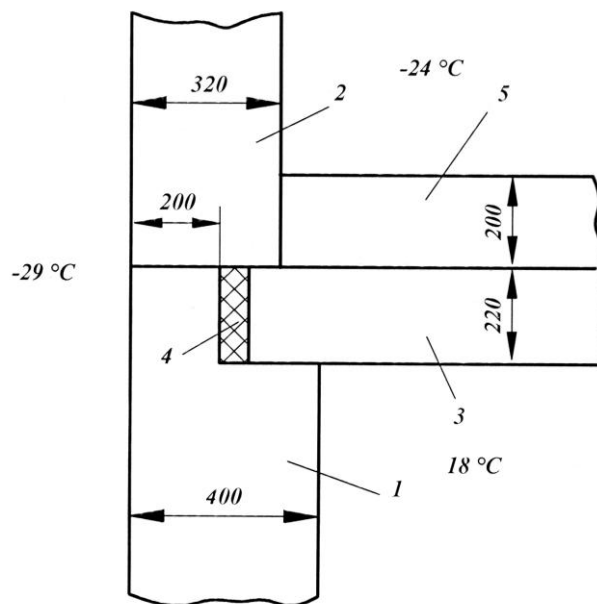


Рис. 1. Схема карнизного вузла: 1 – стіна з керамзитобетонних блоків; 2 – фризівний блок із шлакобетону; 3 – багатопорожнинне горіщне перекриття; 4 – мінеральна вата; 5 – шлакова засипка

Автором проведені розрахунки для визначення температур внутрішньої поверхні карнизного вузла в залежності від геометричних розмірів карнизів-теплоізоляторів, виготовлених з пінополістиролу та керамзитобетону. Також було визначене температурне поле внутрішньої поверхні карнизного вузла при застосуванні тонких металевих пластин для вирівнювання температур.

Для визначення розподілення температур на внутрішній поверхні карнизного вузла приміщення в залежності від різних факторів доцільно застосовувати метод математичного моделювання. Розв'язавши відповідну крайову задачу, можна зробити висновки про доцільність застосування того чи іншого заходу, а також визначити оптимальні значення геометричних та інших параметрів, що впливають на теплотехнічну ефективність інженерного рішення.

Розглянемо теплопередачу через карнизний вузол огорожувальної конструкції з карнизом-теплоізолятором з внутрішнього боку (рис. 2). Температурне поле визначалося в області 0abcdef0. Розподіл температури в цій області описується диференціальним двомірним нелінійним стаціонарним рівнянням теплопровідності в декартовій системі координат [4]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(x, y) \frac{\partial t(x, y)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda(x, y) \frac{\partial t(x, y)}{\partial y} \right) = 0, \quad (1)$$

де  $t(x, y)$  – температура в точці з координатами  $x, y$ ;  $\lambda=f(x, y)$  – коефіцієнт теплопровідності, який є функцією координат (конструкція – неоднорідна).

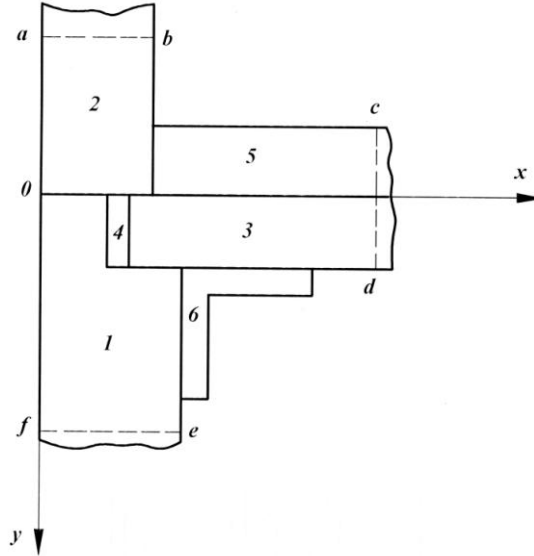


Рис. 2. Вертикальний переріз карнизного вузла у декартовій системі координат

Відповідні граничні умови (для розглядуваної області 0abcdef0):

- на внутрішній (de) та зовнішній (aof) поверхнях огороження – граничні умови третього роду (умови Ньютона-Ріхмана) з відповідними коефіцієнтами тепловіддачі  $\alpha_b$  (між внутрішнім повітрям з температурою  $t_b$  та внутрішньою поверхнею) і  $\alpha_3$  (між зовнішньою поверхнею та зовнішнім повітрям із температурою  $t_3$ ); на поверхні (bc) горища – граничні умови третього роду з відповідним коефіцієнтом тепловіддачі  $\alpha_r$  між поверхнею та горищним повітрям із температурою  $t_r$ ;
- на внутрішніх границях ab; cd і ef (вони позначені на рис. 2 пунктирними лініями) – умова рівності нулю градієнта температури по нормалі  $n$  до відповідної границі через віддаленість цих границь від кута (при достатній відстані від кута ізотерми стають паралельними поверхням гладкої стіни).

В областях 1, 2, 3, 4, 5 та 6 коефіцієнт теплопровідності дорівнює, відповідно, коефіцієнту теплопровідності керамзитобетону  $\lambda_{кб}$ ; шлакобетону  $\lambda_{шб}$ , матеріалу, з якого виготовлене горищне перекриття,  $\lambda_r$ ; мінеральної вати  $\lambda_{мв}$ ; шлакової засипки  $\lambda_{шз}$ ; матеріалу, з якого виготовлено карниз,  $\lambda$ .

Наведену вище крайову задачу розв'язували за допомогою методу скінченних елементів.

Для розрахунку були прийняті такі вихідні дані:  $\alpha_b=8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_3=23$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_r=8,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К); температура внутрішнього повітря  $t_b=18$  °С; температура зовнішнього повітря  $t_3=-29$  °С; температура горищного повітря  $t_r=-24$  °С; коефіцієнт теплопровідності керамзитобетону  $\lambda_{кб}=0,58$  Вт/(м·К); коефіцієнти теплопровідності: шлакобетону  $\lambda_{шб}=0,76$  Вт/(м·К); матеріалу горищного перекриття  $\lambda_r=0,4$  Вт/(м·К); мінеральної вати  $\lambda_{мв}=0,07$  Вт/(м·К); шлакової засипки  $\lambda_{шз}=0,33$  Вт/(м·К).

В результаті розрахунків отримано температурне поле внутрішньої поверхні стіни та стелі карнизного вузла без утеплення, з карнизами-утеплювачами з пінополістиролу і керамзитобетону та із застосуванням тонких металевих пластин для вирівнювання температури на внутрішній поверхні.

Температурне поле внутрішньої поверхні карнизного вузла без утеплення наведено на рис. 3. Найнижчого значення температура сягає у куті (8,35 °C). Мінімальна температура на внутрішній поверхні огороження при температурі внутрішнього повітря 18 °C і відносній вологості 55 % з метою запобігання відволожування поверхні має бути не нижче 8,8 °C [1]. Як бачимо, у куті температура досягає значення, яке менше 8,8 °C, тому, якщо відносна вологість у приміщенні становить 55 % і вище, у внутрішньому куті карнизного вузла може випадати конденсат.

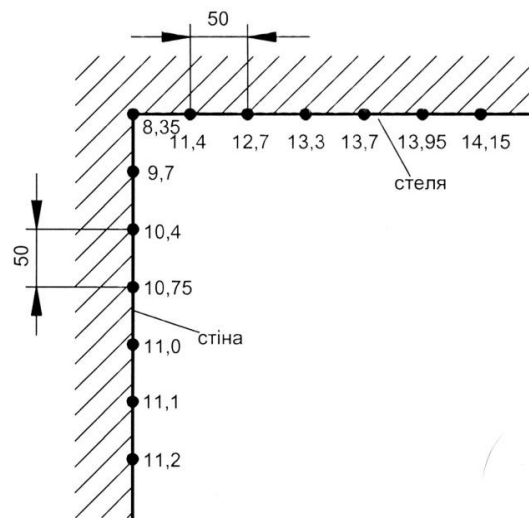


Рис. 3. Розподілення температур на внутрішній поверхні карнизного вузла без утеплення

Температурне поле внутрішньої поверхні карнизного вузла при утепленні пінополістиролом наведено на рис. 4.

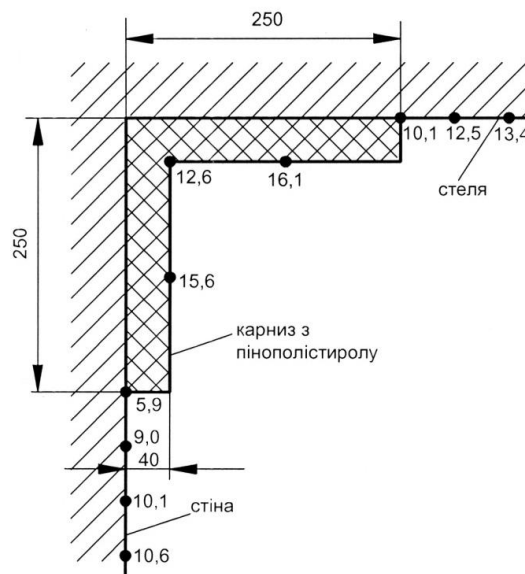


Рис. 4. Розподілення температур на внутрішній поверхні карнизного вузла з утеплювачем з пінополістиролу

На поверхні пінополістиролу у куті температура дійсно підвищилася до 12,6 °С, проте на стіні у місці обриву пінополістиролу вона склала лише 5,9 °С. Це значення навіть менше найменшого значення температури внутрішньої поверхні неутепленого карнизного вузла. Тобто у даного випадку утеплення пінополістиролом дає незадовільний результат, оскільки через низьку теплопровідність пінополістиролу ( $\lambda=0,046$  Вт/(м·К)) різко зменшився приплив теплоти з приміщення до поверхонь вузла.

Був також розглянутий варіант утеплення карнизного вузла керамзитобетоном ( $\lambda=0,58$  Вт/(м·К)) (рис. 5). У цьому випадку найнижча температура внутрішньої поверхні становить 9,9 °С. При цьому карніз-утеплювач з керамзитобетону доцільно робити саме такої форми, як наведено на рис. 5 (зі скошуванням).

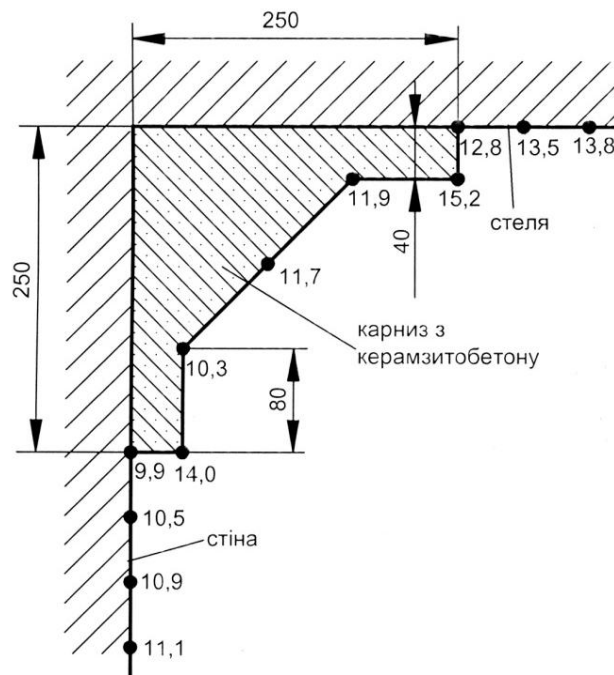


Рис. 5. Розподілення температур на внутрішній поверхні карнизного вузла з керамзитобетонним утеплювачем

Цікавий результат отриманий при розташуванні на внутрішній поверхні карнизного вузла тонких металевих пластини (рис. 6) з високим коефіцієнтом теплопровідності (для розрахунку був прийнятий коефіцієнт теплопровідності  $\lambda=200$  Вт/(м·К)). Мінімальна температура внутрішньої поверхні у цьому випадку становить 10,8 °С, тобто є найбільшою з усіх розглядуваних випадків. Такий результат можна пояснити тим, що завдяки високому коефіцієнту теплопровідності різко зростає приплив теплоти до внутрішньої поверхні карнизного вузла у куті.

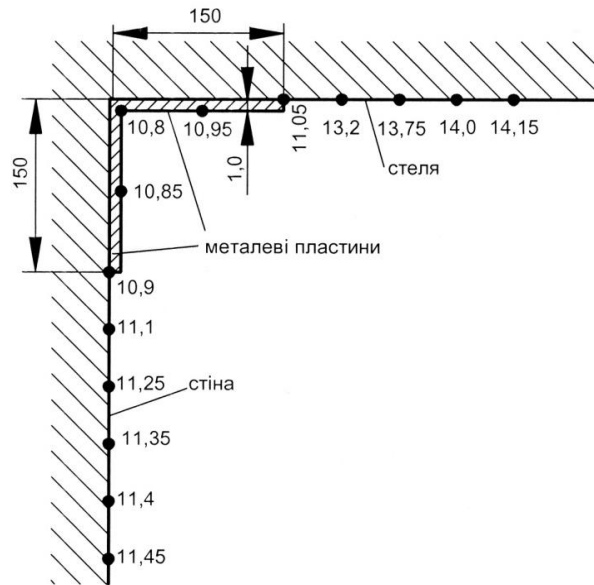


Рис. 6. Розподілення температур на внутрішній поверхні карнизного вузла при застосуванні тонких металевих пластин

### Висновки

Аналізуючи отримані результати, можна зробити такі висновки:

На внутрішній поверхні карнизних вузлів огорожувальних конструкцій будівель температура в холодний період року може знижуватися до температури точки роси для внутрішнього повітря приміщення і нижче. Це може призвести до випадіння конденсату на внутрішніх поверхнях та подальшому відволоженню поверхонь.

Запобігання можливої конденсації водяної пари у холодний період року на внутрішній поверхні стіни та стелі у карнизних вузлах приміщень та вирівнюванню температури на поверхні гладкої стіни та у карнизному куті сприяє застосування внутрішніх карнизів, виготовлених з матеріалів з відповідним коефіцієнтом теплопровідності. В результаті розрахунку отримано, що застосування у якості карнизів пінополістиролу призводить до незадовільного результату. Найменше зниження температури на внутрішній поверхні карнизного вузла досягається при застосуванні у якості карнизу тонких металевих пластин. Задовільний результат дає також застосування на внутрішньої поверхні карнизного вузла карнизу з керамзитобетону.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих конструкций. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.
2. Справочник по теплоснабжению и вентиляции / Р.В. Щекин, С.М. Корневский, Г.Е. Бем и др. – К.: Будівельник, 1986. – 216 с.
3. Блази В. Справочник проектировщика. Строительная физика. – М.: – Техносфера, 2004. – 480 с.
4. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Тепломассообмен. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 550 с.