

УДК 624.014.7:536.2

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПОКАЗНИКІВ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ
КОНСТРУКЦІЙ ЗІ СТАЛЕВИХ ТОНКОСТІННИХ ПРОФІЛІВ
БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ**

**ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПЛОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ СТАЛЬНЫХ
ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ГРАЖДАНСКИХ
ЗДАНИЙ**

**INVESTIGATION OF THERMAL PERFORMANCE OF ENCLOSURE TO
STEEL THIN-WALLED PROFILES RIZE CIVIL BUILDINGS**

**Семко В.О., к.т.н, с.н.с., докторант, Лещенко М.В., аспірантка,
Криворотько І.С., магістр** (Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава).

**Семко В.А., к.т.н, с.н.с., докторант, Лещенко М.В., аспірантка,
Криворотько І.С., магістр** (Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка, г. Полтава).

Semko V. PhD, Associate Professor, Leshenko M., Kryvorotko I. (Poltava
National Technical University named after Yuri Kondratyuk)

**Проаналізовані та обчислені можливі вузли примикання стінових
панелей зі сталевих холодноформованих профілів до несучих елементів
будівель. Обчислено лінійні коефіцієнти теплопередачі теплопровідних
включень для кожної з огороджувальних конструкцій. Наведено
рекомендації щодо влаштування вузлів огороджувальних конструкцій з
ЛСТ профілів.**

**Проанализированы и рассчитанные возможные узлы примыкания
стеновых панелей из стальных холодноформованных профилей к
несущим элементам зданий. Рассчитаны линейные коэффициенты
теплопередачи теплопроводных включений для каждой из ограждающих
конструкций. Приведены рекомендации по устройству узлов
ограждающих конструкций из ЛСТ профилей.**

**Analyzed and calculated possible the nodes wall panels with thin-walled
profiles to the bearing elements of buildings. Calculated linear heat
conduction heat-conducting inclusions for each frame structures.
Recommendations for the arrangement of nodes with thin-walled profiles.**

Ключові слова:

Стінова панель, тонкостінний профіль, теплопровідність, теплостійкість.
Стеновая панель, тонкостенный профиль, теплопроводность, теплостойкость.
Wall panel, thin-walled section, thermal conductivity, heat stability.

Вступ. В Україні все більше використовуються конструкції з легких холодноформованих сталевих тонкостінних елементів в якості стінового огороження для багатоповерхових будівель. Зарубіжний досвід [1, 2] дозволяє говорити про значну економічну доцільність використання таких стінових панелей, адже вони володіють високими теплозахисними властивостями, прості у монтажі та передбачають широкий вибір матеріалів для оздоблення та утеплення.

В той же час влаштування стінових панелей зі сталевих профілів викликає появу в системі огорожувальних конструкцій «містків холоду», що знижує їх теплозахисні властивості, і як наслідок призводить до зниження енергоефективності будівлі в цілому. Тому **робота присвячена** дослідженню вузлів примикання стінових панелей до несучих залізобетонних конструкцій та встановленню теплозахисних показників та показників теплостійкості кожного з варіантів і виявлення енергоефективних рішень.

Аналіз останніх досліджень. В Україні теплові властивості сталевих тонкостінних профілів в складі огорожувальних конструкцій майже не досліджені [3, 4]. Але дослідженням цих питань займалися такі науковці, як Ватін Н. І. [5], Журина Н., Кузьмичев Р [6], Фаренюк Г.Г [7], Чернявський В.В [8]. Дослідженню енергоефективності легких каркасних будівель присвячені роботи Santos P. [9].

Метою роботи є дослідження теплотехнічних показників вузлів примикання огорожувальних конструкцій з ЛСТ профілів в багатоповерхових будівлях.

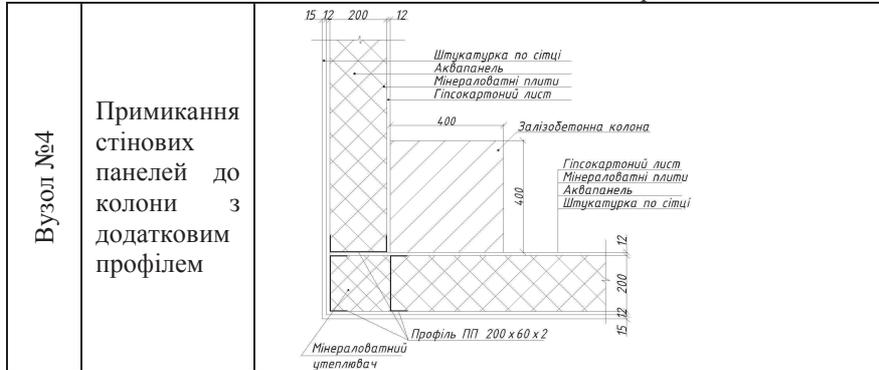
Завдання дослідження:

- моделювання вузлів примикання стінових панелей з ЛСТ профілів до несучих елементів будівлі;
- розрахунок температурних полів у вузлах огорожувальних конструкцій методом скінчених елементів;
- надання рекомендацій щодо влаштування стінових огорожувальних конструкцій з використанням ЛСТ профілів.

Виклад основного матеріалу. Дослідження виконувалось для кліматичних умов м. Полтава (I температурна зона). Режим теплопередачі – стаціонарний. Обмін теплом між огорожувальними конструкціями та навколишнім повітрям – конвекційний. Тому, задаючи навантаження, вказувалися 4 параметри: 1) $\alpha_{\text{вн}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ згідно додатка Е [10]; 2) $\alpha_{\text{зовн}} = 23 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ згідно додатка Е [10]; 3) $t_{\text{вн}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ за табл. Г.2 [10]; 4) $t_{\text{зовн}} = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ згідно додатка Ж [10]. Моделі конструктивних вузлів огорожувальних конструкцій наведені в таблиці 1.

Моделі вузлів огорожувальних конструкцій

Вузол №1	Примикання стінових панелей до перекриття	<p> Дерево-стужкова плита Клеюча мастика 1 мм Монолітна стяжка Звукоізоляційний шар МВП Залізобетонна плита </p> <p> Гіпсокартонний лист Мінераловатні плити Аквапанель Штукатурка по сітці </p> <p>Профіль ПП 200 х 60 х 2</p> <p>30 150 25 4 12 200 12 15</p>
Вузол №2	Примикання стінових панелей до стін	<p>Цегляна кладка (піноблоку)</p> <p>Профіль ПП 200 х 60 х 2</p> <p>Гіпсокартонний лист Мінераловатні плити Аквапанель Штукатурка по сітці</p> <p>100...250 12 200 12 15</p>
Вузол №3	Примикання стінових панелей до колони	<p>Гіпсокартонний лист Мінераловатні плити Аквапанель Штукатурка по сітці</p> <p>Профіль ПП 200 х 60 х 2</p> <p>Залізобетонна колона</p> <p>12 200 12 15 15 12 200</p>



В усіх моделях вузлів досліджувалися щільності теплових потоків, лінійні коефіцієнти теплопередачі та розподіл температури на внутрішній поверхні огорожувальних конструкцій.

Для дослідження зміни опору теплопередачі використовуємо модель вузла №1. Для подальших дослідів змодуємо ще 4 аналогічні моделі, які будуть відрізнятися виносом стінової конструкції відповідно на 30, 50, 70 і 100 мм та наявністю в даному місці шару утеплювача відповідної товщини.

За результатами розрахунків був побудований загальний графік теплових потоків (рис. 1), на якому зображуємо графіки всіх п'яти моделей, на якому добре видно як зменшується значення щільності теплового потоку із збільшенням відстані виносу утеплювача за межі плити.

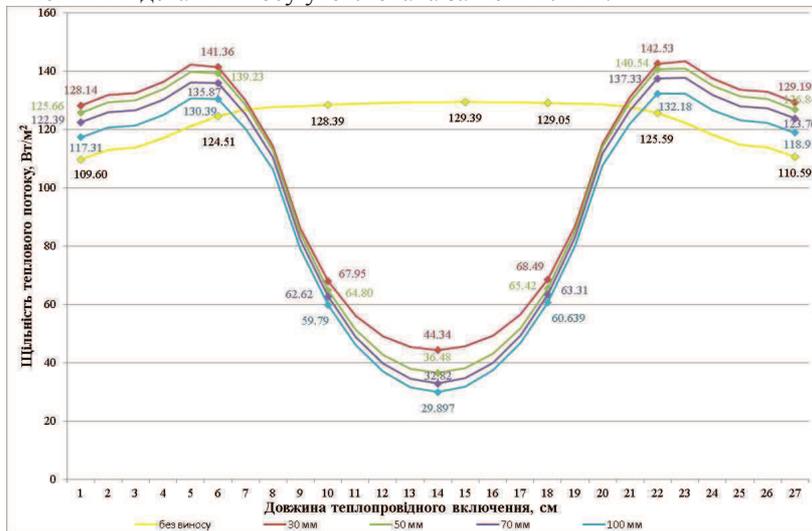


Рис. 1. Зведений графік розподілу теплового потоку по довжині теплопровідного включення

У вузлі №2 були промодельовані однакові схеми, які відрізняються товщиною та матеріалом стіни між огорожувальними конструкціями.

Для кожного із рішень для огорожувальних конструкцій за формулою (1) обрахуємо лінійний коефіцієнт теплопередачі:

$$k = \frac{\overline{q_{TB}} \cdot A}{t_B - t_3}, \quad (1)$$

де $\overline{q_{TB}}$ - середнє значення густини теплового потоку, що проходить через теплопровідне включення (вузол, стик), Вт/м²;

A – ширина теплопровідного включення, м;

t_B, t_3 – відповідно внутрішня та зовнішня температури повітря, °С.

Отримані результати виражаємо в таблиці 2.

Таблиця 2

Матеріал стіни	цегла		піноблоки	
Товщина стіни, мм	120	250	100	200
Лінійний коефіцієнт теплопередачі k , Вт/м·К	0,573	0,794	0,396	0,454

Наступним є вузол №3, який утворює зовнішній кут будівлі. Модель представляє собою залізобетонну колону перерізом 400х400мм, до якої по зовнішнім ребрам приєднані дві стінові панелі. Після проведення моделювання та виконаних розрахунків при відносній вологості $\phi=50\%$, можна зробити висновок, що даний варіант огорожувальної конструкції не відповідає нормам [10], тому що відповідно до результатів дослідження на внутрішній поверхні буде утворюватися конденсат.

Для запобігання утворенню конденсату на внутрішній поверхні вузла огорожувальної конструкції необхідне додаткове утеплення внутрішньої виступаючої частини колони. Утеплення здійснюємо методом обшивки гіпсокартонним листом по діагоналі, а проміжки між стіновими панелями утеплюємо за допомогою шару мінеральної вати та гіпсокартонним листом. Модель даного вузла зображена на рисунку 2а.

Одержавши результати аналогічно попередньому випадку аналізуємо модель. Таким чином при відносній вологості $\phi=50\%$ вимогам [10] даний варіант огорожувальної конструкції також не відповідає через утворення конденсату на внутрішній поверхні. Тому, робимо висновок, що для ефективного утеплення даного вузла необхідно забезпечити зазор між гіпсокартонним листом та залізобетонною колоною у 2 см, який заповнюємо мінеральною ватою. Модель вузла матиме вигляд як на рисунку 2б. Одержавши результати аналогічно попередньому випадку аналізуємо модель. Отримані результати заносимо до таблиці 3.

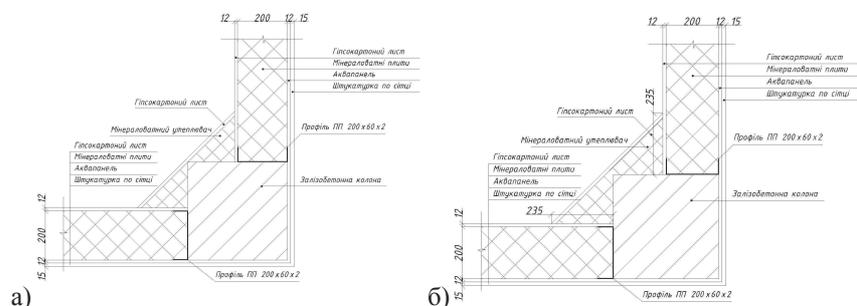


Рис. 2. Модель вузла огорожувальної конструкції з додатковим утепленням:
а) варіант 1; б) варіант 2

У наступній таблиці 4 аналізуємо вплив утеплення внутрішнього кута конструкції на тепловтрати у процентному відношенні відносно варіанту без утеплення.

Таблиця 3

Варіант утеплення	Без утеплення	Варіант 1 (без зсуву ГКЛ)	Варіант 2 (зсув на 2 см)
Середня щільність теплового потоку, $Вт/м^2$	65,2	17,02	11,40
Лінійний коефіцієнт теплопередачі k , $Вт/м \cdot K$	0,761	0,251	0,176

Таблиця 4

Варіант утеплення	Варіант 1 (без зсуву ГКЛ)	Варіант 2 (зсув ГКЛ на 2 см)
Зменшення середньої щільності теплового потоку, %	73,9	82,5
Зменшення значення коефіцієнта теплопровідності, %	66,9	76,8

Таким чином, робимо висновок, що для використання у житловому будівництві оптимальним є варіант вузла огорожувальної конструкції крайнього кута споруди з додатковим утепленням із внутрішньої сторони із зсувом гіпсокартонного листа від залізобетонної колони на 2 см.

Подальший розрахунок і аналіз будемо здійснювати також на моделі крайнього вузла будинку, але він матиме конструктивні відмінності відносно вузла, який було розглянуто у попередньому варіанті. Модель №4

представляє собою залізобетонну колону перерізом 400x400мм, до якої вздовж зовнішніх ребер приєднані дві стінові панелі таким чином, що залишається порожній прямокутник. У це місце вставлений ЛСТ-профіль ПП200x60x2 та проміжок заповнений мінеральною ватою.

Розрахунки проводимо аналогічно попередніх моделей. Перевіряємо можливість утворення конденсату на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції. Порівнюємо температуру на внутрішній поверхні кожного з огорожень з температурою точки роси. Представляємо зміну температури на внутрішній поверхні у вигляді графіку (рис. 3), на якому зазначаємо температуру точки роси.

Таким чином при відносній вологості $\phi=50\%$ вимогам [10] даний варіант огорожувальної конструкції відповідає, тому даний вид вузла може використовуватись у багатоповерховому житловому будівництві.

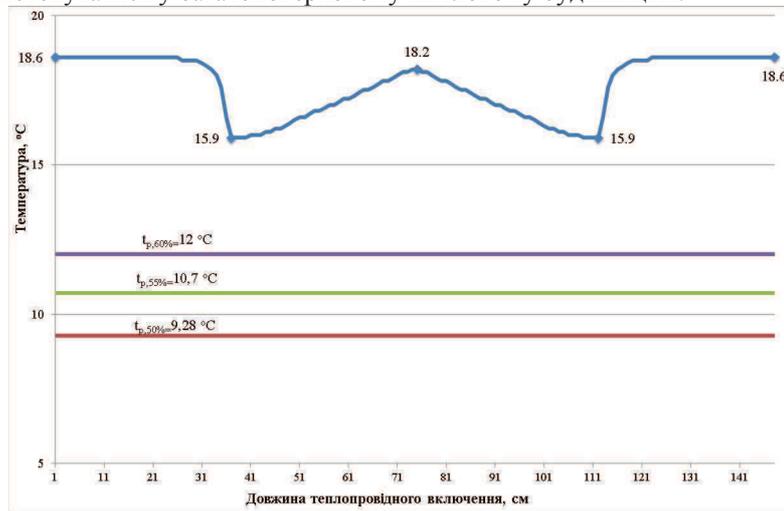


Рис. 3. Графік зміни температури на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції

У даному дослідженні моделі конструктивних вузлів були також перевірені на теплостійкість в літніх умовах.

Висновки та рекомендації. Для виконання умови ДБН В.2.6-31 про те, що температура на внутрішній поверхні теплопровідного включення повинна перевищувати температуру утворення конденсату стінову панель з ЛСТ профілів краще розташовувати напівнавісним способом з виносом панелі не менше як на 100 мм від грані плити перекриття. Для вузла примикання стінової панелі до плити перекриття характерне зниження лінійного коефіцієнту теплопровідності від 0,794 до 0,594 $Вт/м\cdot К$ пропорційно до збільшення відстані виносом панелі за грань плити перекриття. Для виконання тієї ж умови, примикання стінової панелі до колони слід виконувати також з

додатковим шаром утеплювачу із внутрішньої сторони панелей. Внутрішній кут приміщення по діагоналі обшивають гіпсокартонним листом таким чином, щоб виступаюча частина колони знаходилася всередині цієї ділянки на відстані не менше 2 см між кутом колони та ГКЛ. Вільний простір заповнюють мінераловатним утеплювачем. У вузлах колони зі стіновими панелями лінійний коефіцієнт теплопередачі зменшується внаслідок збільшення утеплення із внутрішньої сторони від 0,761 до 0,176 Вт/м·К. Без зниження теплозахисних властивостей примикання стінової панелі до колони можливе внаслідок влаштування стінових панелей вздовж зовнішньої сторони колони. Із зовнішньої сторони такого кута необхідно встановити додатковий сталевий профіль, вільне місце заповнити мінераловатним утеплювачем та виконати двішивку. У такому вузлі необхідно двічі обчислювати лінійний коефіцієнт теплопровідності внаслідок різниці між матеріалами теплопровідного включення та його довжиною, але відмінність між ними незначна 0,185 і 0,181 Вт/м·К відповідно для різних ділянок.

Усі вузли, що досліджувались на теплостійкість задовольнили умови ДБН В.2.6-31:2006 "Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель". Амплітуда коливань температури на внутрішній поверхні досліджуваних огорожувальних конструкцій змінювалась у діапазоні від 0,6 до 1,3 °С, що вказує на стійкість до змінного температурного навантаження.

1. AISI-S100. North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members – Washington : American Iron and Steel Institute, 2001. – 149 p. 2. EN 1993-1-3:2006. Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. – Brussels : CEN, 2006. – 134 p. 3. ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель. – К. : Мінбуд. України, 2006. – 70 с. 4. ДСТУ-Н Б В.2.6-87:2009. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування конструкцій будинків із застосуванням сталевих тонкостінних профілів. 5. Конструирование зданий и сооружений. Легкие стальные тонкостенные конструкции. / [Н.И. Ватин, Е.Н. Жмарин, В.Г. Куражова та ін.] – Санкт-Петербург. Издательство Политехнического университета – 2012. 6. Журина, Н. Энергоэффективные легкие ограждающие конструкции / Н. Журина, Р. Кузьмичев // Архитектура и строительство. – 2008. - №2. – С. 93-97. 7. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. – К.: Гама-Принт. – 2009. – 216 с.: Бібліог.: с. 194-203. 8. Чернявський В.В. Вплив перфорації легких сталевих тонкостінних профілів на теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій [Текст] / В.В. Чернявський, В.О. Семко, О.І. Юрін, Д.А. Прохоренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Випуск 1(29). – Полтава: ПолтНТУ. –2011. –С.194-199. 9. Santos P. Energy Efficiency of Light-weight Steel-framed Buildings / P. Santos, L. Simões da Silva, V. Ungureanu. - Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction, №129, 2012. – 175 p. 10. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель. Зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. – К.: Мінбуд України, 2006р. – 70 с.