



УДК 38.7

## INVESTIGATION OF THERMAL PHYSICAL PROPERTIES OF A COMPLEX WALL FROM CONCRETE BLOCKS ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОННОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СТІНИ

**Shmukler Valery / Шмуклер Валерій***d.t.s., prof. / д.т.н., проф*

ORCID 0000-0002-8670-0731,

*O.M.Beketov National University of Urban Economy**Kharkiv, Marshal Bazhanov Street, 17, Kharkiv, Ukraine**Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова,**вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, Україна***Dushin Vladislav / Душин Владислав***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID 0000-0002-7818-9216

*Sumy National Agrarian University,**Gerasima Kondratieva Street, 160, Sumy, Ukraine**Сумський національний аграрний університет,**вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна***Romanenko Dmytrii / Романенко Дмитрій***master's degree in construction, teacher/магістр з будівництва, викладач*

ORCID 0009-0004-1265-4535

*The Separated Structural Subdivision Rubizhne Professional College  
of State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University",**Starosvitska Street, 52/15, Poltava Region, Myrhorod, Ukraine**Відокремлений структурний підрозділ «Рубіжанський фаховий коледж**Державного закладу «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»,**вул. Старосвітська 52/15, Полтавська обл., м. Миргород, Україна*

**Анотація:** Робота виконана за результатами комплексного дослідження конструкцій багатоповерхової житлової будівлі з несучими поздовжніми стінами, виконаними з бетонних стінових трьохшарових блоків. Конструкція блока зовнішньої стіни складається із чотирьох шарів - бетонного товщиною 380 мм, утеплювача товщиною 100 мм і облицювального із керамічної цегли товщиною 120 мм, а також внутрішнього облицювання блоками з газобетону. Найбільш складним та неоднозначним є питання визначення вогнестійкості будинку з блоків бетонних стінових трьохшарових та сфери можливого застосування таких конструкцій. Для визначення ефективності прийнятих конструктивних рішень проведено розрахунок тепловологісного стану огорожувальних конструкцій.

Розрахунок тепловологісного стану огорожувальних конструкцій будинку виконано графічно за допомогою програмного забезпечення для типових конструктивних рішень огорожувальних конструкцій будинку. Оскільки, у стінових блоках, що розглядаються, розташованих рядом з віконними чи дверними отворами, виконується монолітний бетонний виступ товщиною 60 мм – це може послужити мостиком холоду. Тому виконана окрема перевірка цього перерізу.

Спираючись на проведені дослідження можна зробити висновок, що можливо застосувати запропоноване конструкторське рішення.

**Ключові слова:** Конструктивна система, трьохшарові блоки, фасадна теплоізоляція, тепловологісний стан, місток холоду

Данна робота виконана за результатами комплексного дослідження конструкцій багатоповерхової житлової будівлі, що розташована в м. Суми, та



запроектована з несучими поздовжніми стінами, виконаними з бетонних стінових трьохшарових блоків..

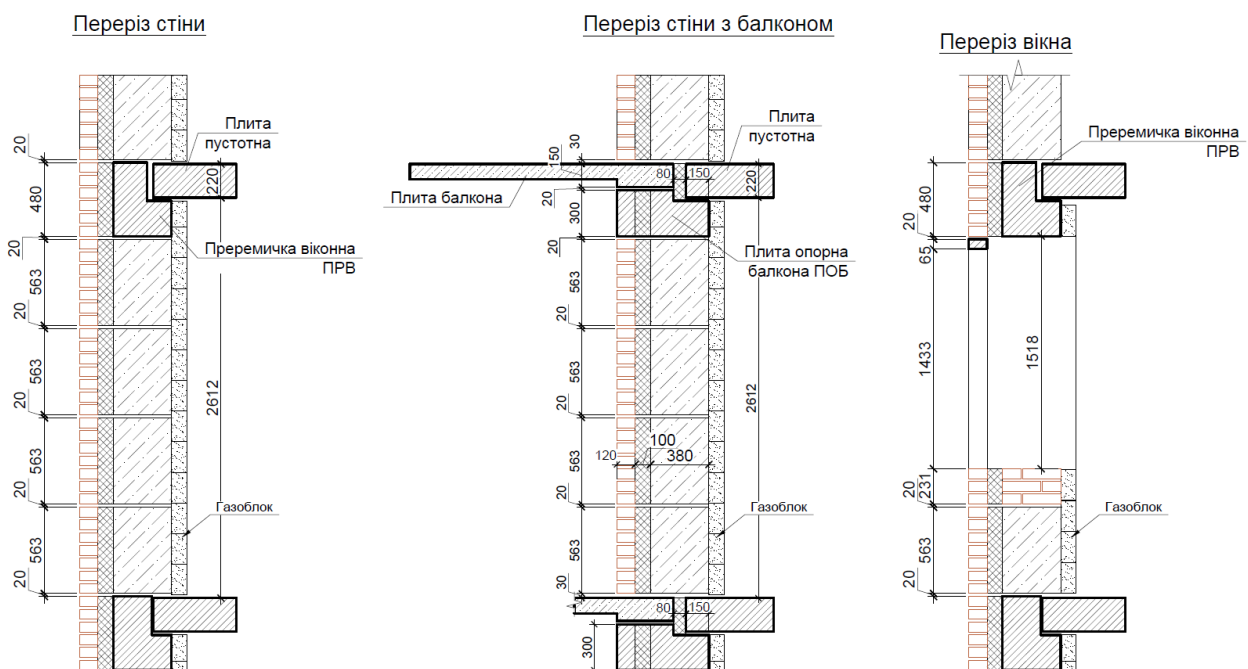
На період виконання дослідження, в якості вихідних даних Замовником був наданий комплект архітектурних ескізних креслень будівлі.

### Характеристика основних конструктивних елементів

Основні конструктивні елементи будівлі – горизонтальні (пустотні плити перекриттів, виготовлені методом безперервного вібропресування), вертикальні (стіни з бетонних блоків) і фундаменти становлять єдину просторову систему - несучий кістяк будівлі.

Конструктивна система будівлі передбачена даним проектом - безкаркасна (з несучими стінами), є жорсткою, стійкою конструкцією з взаємозалежних зовнішніх і внутрішніх стін і перекриттів. В розглянутій будівлі несучими є поздовжні стіни.

Конструкція блока зовнішньої стіни складається із чотирьох шарів - бетонного товщиною 380 мм, утеплювача товщиною 100 мм і облицювального із керамічної цегли товщиною 120 мм, а також внутрішнього облицювання блоками з газобетону. Конструкція стіни наведена на рис. 1.1.



**Рисунок 1.1 – Перерізи чотиришарового блоку несучої стіни житлової будівлі**

Бетонний шар виконується із бетону кл. С8/10 ( М150).

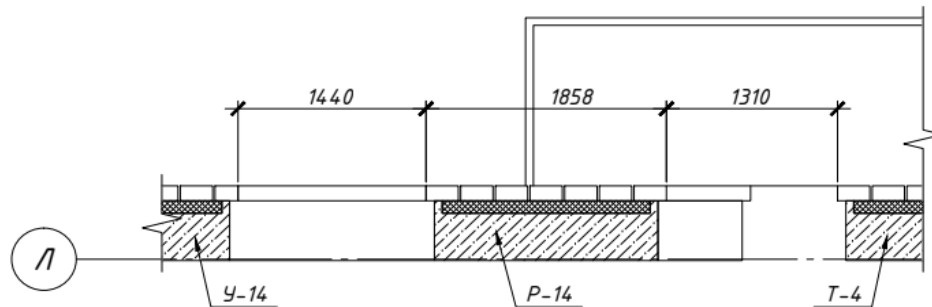
Утеплювач -пінополістирол ПСБ-С-25, розташований між керамічною цеглою та бетонним шаром, та у віконному прорізу облицюваний бетонним шаром в 0,06 м, як показано на рис. 1.2.

Зовнішній облицювальний шар виконується із керамічної пустотілої цегли М100 на розчині М100.

Кріплення зовнішнього облицювального шару до бетону виконується на гнучких зв'язках із арматури Ø10 А400С.



### Фрагмент плану з прорізами



**Рисунок 1.2 – Фрагмент тришарового блоку будівлі з розрізом, в якому показано розташування пінополістиролу ПСБ-С-25**

Тришарові блоки у складі проектної конструкції зовнішніх стін засовуються у комплексі з внутрішнім облицюванням газобетонними блоками D400, що відмежовуються замкнутим повітряним прошарком товщиною 10мм. Завдяки газобетонним блокам досягаються нормативні показники теплоефективності, а також поліпшується якість фінішного опорядження.

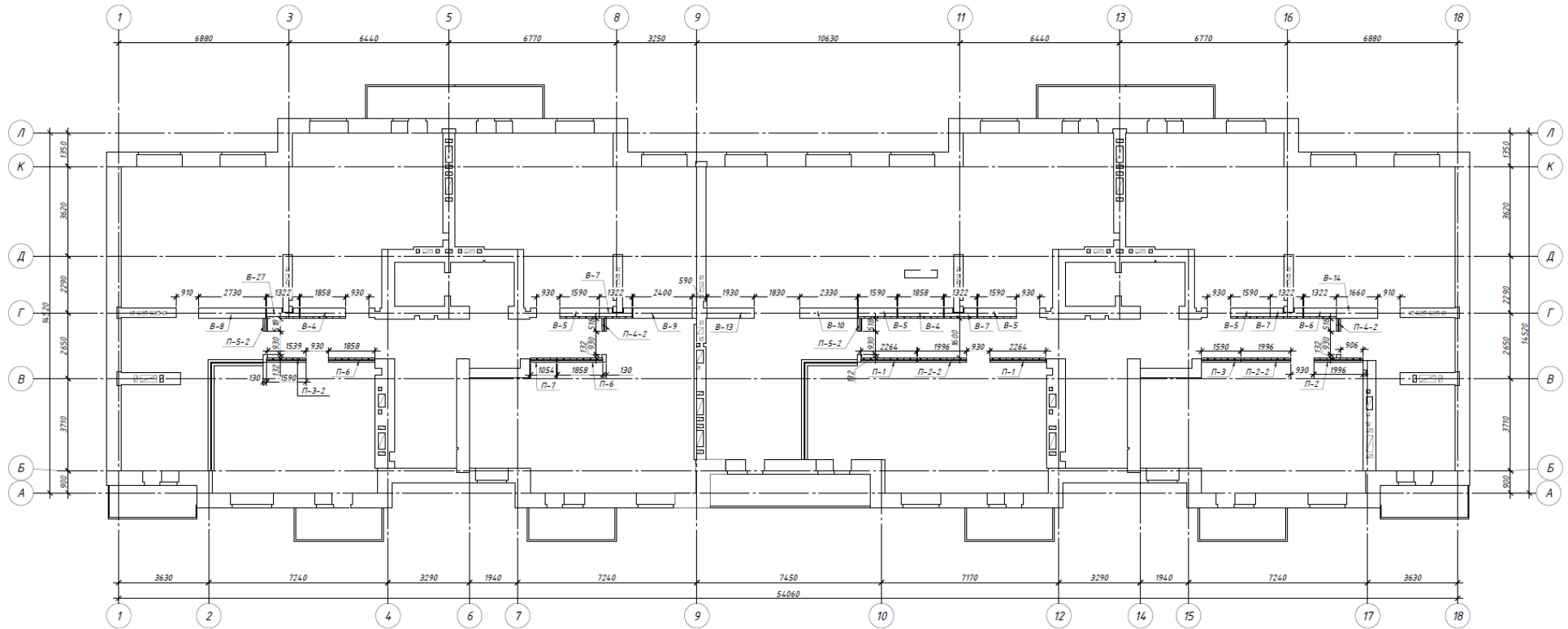
План типового поверху розглянутої будівлі наведений на рисунку 1.3.

#### **Обґрунтування обраного конструктиву стін відповідно до діючих норм**

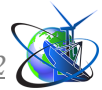
Найбільш складним та неоднозначним є питання визначення вогнестійкості будинку з блоків бетонних стінових трьохшарових та сфери можливого застосування таких конструкцій згідно діючого в Україні законодавства.

Основний нормативний документ який встановлює вимоги до проектування конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією житлових громадських промислових будівель і споруд є ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Згідно цього нормативу конструкції із фасадною теплоізоляцією повинні відповідати вимогам ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Ця вимога є цілком логічною та не викликає жодних складностей стосовно оцінки вогнестійкості. Але є ряд аспектів які обмежують використання у якості утеплювача пінополістирол, який відноситься до низької групи горючості Г1. Так для будівель та споруд умовною висотою понад 47 м без обмежень можна застосовувати матеріали теплової ізоляції та опоряджувального шару групи горючості НГ (негорючі).

Конструкції із фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатуркою або дрібноштучними виробами при застосуванні теплової ізоляції групи низької горючості Г1 і групи помірної горючості Г2 та штукатуркою або дрібноштучними виробами із негорючих матеріалів (у даному випадку це облицювальний шар із керамічної цегли товщиною 120 мм), та матеріалів групи низької горючості Г1 можуть застосовуватися для багатоповерхових будівель та споруд з умовною висотою менше ніж 26,5 м, за винятком дошкільних закладів освіти, закладів освіти та закладів охорони здоров'я, закладів для літніх людей тощо та будівель і споруд I ступеня вогнестійкості, будівель та споруд II та III ступенів вогнестійкості культурно-видовищних закладів, закладів дозвілля.

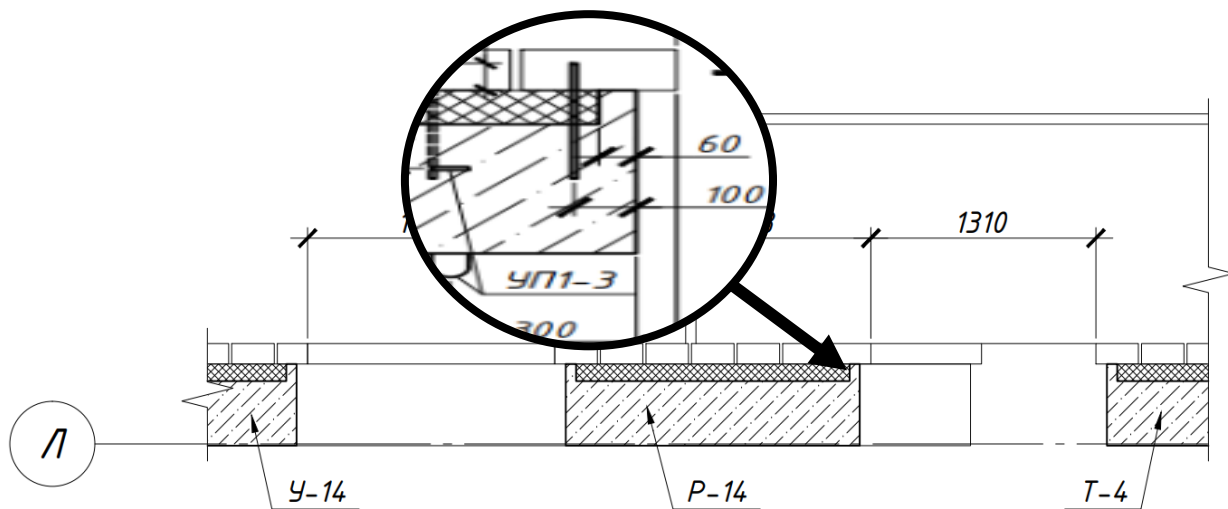


**Рисунок 1.3 – Кладочный план типового поверху розглянутої будівлі**



У разі застосування теплової ізоляції групи низької горючості Г1 і групи помірної горючості Г2 та опоряджувальним шаром із негорючих матеріалів та матеріалів групи низької горючості Г1 для будівель з умовною висотою від 9 м до 26.5 м включно обов'язково виконують пояси через кожних три поверхи та обрамлення віконних та балконних прорізів тепловою ізоляцією із негорючих матеріалів завширшки не менше ніж дві товщини використаної ізоляції.

Однак, у ДБН В.2.6-33:2018 хоча і зазначена можливість використання дрібноштучних виробів із негорючих матеріалів, але у конструктивних схемах надалі не розглядається. Крім того, у стінових блоках, що розглядаються, розташованих рядом з віконними чи дверними отворами, виконується монолітний бетонний виступ на висоту утеплювача 100 мм та товщиною 60 мм (рис. 1.4). Ця особливість вже ставить під питання необхідність обрамлення всіх прорізів негорючими матеріалами завширшки не менше ніж дві товщини використаної ізоляції.



**Рисунок 1.4 – Монолітний бетонний виступ стінових блоків.**

Об'єктивним є посилання на ДСТУ Б В.2.6-84:2009 Панелі стінові тришарові залізобетонні з утеплювачем. Хоча у даному нормативному документі розглядаються панелі на всю висоту поверху, але на них не накладається обмеження по умовній висоті будівлі, не треба виконувати пояси через кожні 3 поверхи, а також зазначається можливість використання полістиролу марки 25 або 35 у якості теплоізоляційного шару.

#### **Теплофізичні властивості огорожувальної конструкції**

Для визначення ефективності прийнятих конструктивних рішень проведено розрахунок тепловологісного стану огорожувальних конструкцій.

Розрахунок тепловологісного стану огорожувальних конструкцій будинку виконано графічно за допомогою програмного забезпечення для типових конструктивних рішень огорожувальних конструкцій будинку.

Розподіл температури в товщі огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$t(x) = t_6 - \frac{t_6 - t_3}{R_\Sigma} \left( \frac{1}{\alpha_6} + R_x \right), \quad (1.1)$$



де  $t_{\text{в}}$  – внутрішня температура приміщення,  $^{\circ}\text{C}$ , що визначається в залежності від призначення приміщення за додатком Г ДБН В.2.6-31 або за проектною документацією будинку;

$t_{\text{з}}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ , що визначається за ДСТУ-Н Б В.1.1-27 в залежності від регіону України для якого проводиться розрахунок, як середня місячна температура повітря;

$R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ ;

$\alpha_{\text{в}}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ , приймається за додатком Е ДБН В.2.6-31;

$R_x$  – опір теплопередачі шарів огорожувальної конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$ , що розташовані до площини, для якої проводиться розрахунок, починаючи з приміщення.

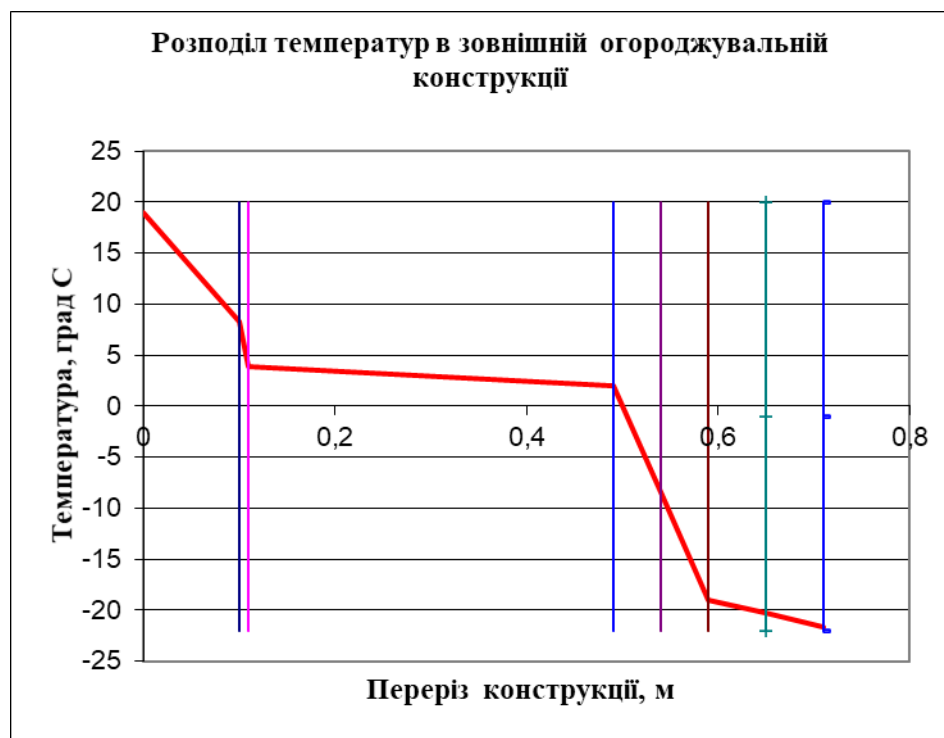
Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (1.2)$$

де  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_{\text{з}}$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ , які приймаються згідно з додатком Е;

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$ ;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (згідно з додатком Л),  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$ ;



**Рисунок 1.5 – Розподіл температур в огорожувальній конструкції при температурі зовнішнього повітря  $-23^{\circ}\text{C}$**

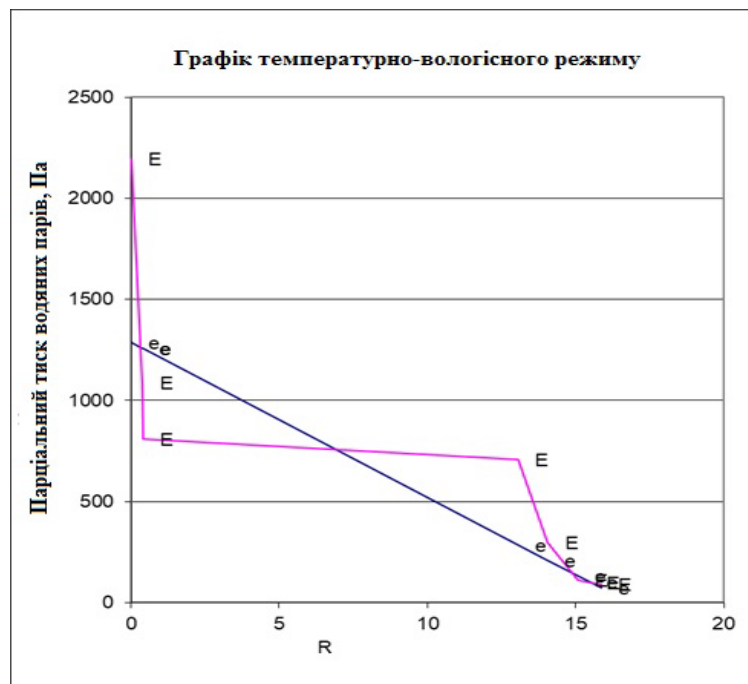


Отриманий температурний розподіл побудовано, відкладаючи по осі абсцис значення опорів паропроникненню. Парціальний тиск насиченої водяної пари  $E(R_e)$  визначається за довідковими даними  $E(t)$  по розподілу температури в товщі конструкції.

Парціальні тиски водяної пари  $e$  зовнішнього та внутрішнього повітря визначаються за розрахунковими значеннями відносної вологості повітря  $\varphi_\theta$  та значеннями парціального тиску насиченої водяної пари  $E$ , за формулою

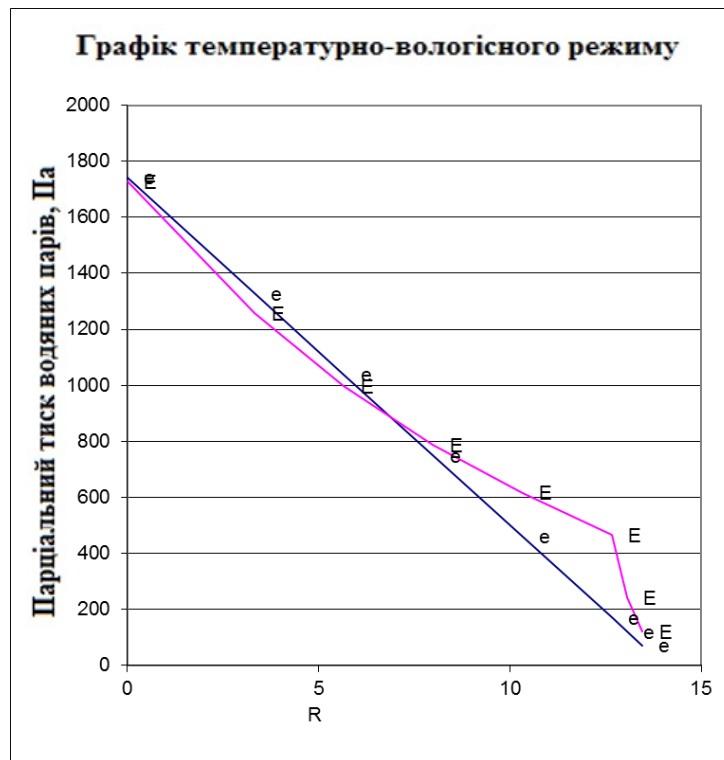
$$e = 0,01 \cdot \varphi_\theta \cdot E, \quad (1.3)$$

Значення відносної вологості  $\varphi_\theta$  в залежності від місяця року та місцезрештування об'єкту визначається за ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Графічну побудову розподілу парціальних тисків виконують наступним чином: по вісі абсцис відкладають шкалу опору паропроникненню  $R_e$ , по вісі ординат відкладають шкалу парціальних тисків  $E$  та  $e$ . У разі, якщо в результаті розрахунку огорожувальної конструкції для найбільш холодного місяця року за ДСТУ-Н Б В.1.1-27 розподіл  $e(R_e) < E(R_e)$  для будь-якого  $R_e \in [0, R_{e\Sigma}]$ , умови вважаються виконаними. У разі, якщо в результаті розрахунку огорожувальної конструкції для найбільш холодного місяця року за ДСТУ-Н Б В.1.1-27 лінії  $e(R_e)$  та  $E(R_e)$  перетинаються – це означає наявність зони конденсації водяної пари.

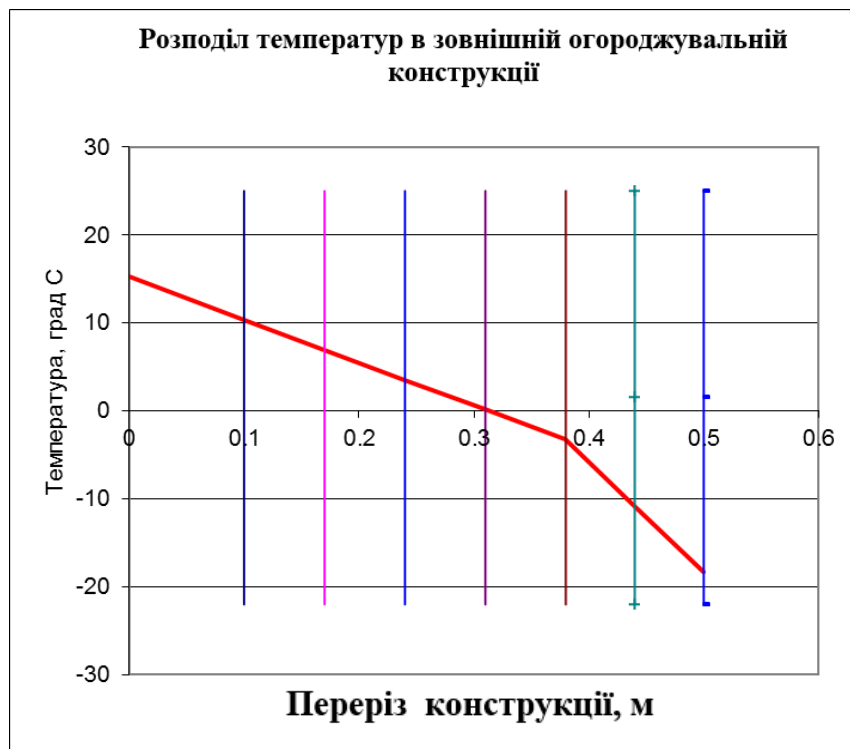


**Рисунок 1.6 - Температурно-вологісний стан огорожувальної конструкції при зовнішній температурі повітря  $-23^{\circ}\text{C}$**

Оскільки, у стінових блоках, що розглядаються, розташованих рядом з віконними чи дверними отворами, виконується монолітний бетонний виступ товщиною 60 мм – це може послужити мостиком холоду. Тому виконана окрема перевірка цього перерізу.



**Рисунок 1.7 - Температурно-вологісний стан огорожувальної конструкції при зовнішній температурі повітря  $-23^{\circ}\text{C}$  у місці влаштування монолітного виступу**



**Рисунок 1.8 - Розподіл температур в огорожувальній конструкції у місці влаштування монолітного виступу**

За результатами розрахунків можна зробити наступні **висновки**:

1. Розподіл парціальних тисків в огорожувальній конструкції при зовнішній температурі повітря  $-23^{\circ}\text{C}$ , свідчить про накопичення вологи майже





по всій поверхні конструкції. Тому обов'язково слід забезпечити вентиляцію повітряного прошарку.

2. Вентильовані повітряні прошарки мають бути завтовшки не менше ніж 40 мм і не більше ніж 150 мм.

3. Оптимальна товщина вентильованого повітряного прошарку у стінах становить від 60 мм до 100 мм. Поверхню теплоізоляції, що повернена у бік вентильованого прошарку, потрібно захищати повітрогідрозахисним шаром.

4. Система з повітряним вентильованим прошарком має особливі вимоги пожежної безпеки по негорючості.

5. Слід враховувати, що згідно I-d діаграмі при температурі внутрішнього повітря всередині приміщення + 22°C і відносній вологості 50%, точка роси на поверхні конструкції буде виникати при зниженні температури до 11 °C; при відносній вологості повітря 60% на конструкції виникне точка роси при зменшенні температури до 14°C.

6. Є недоцільним використання внутрішнього додаткового утеплення з використанням газоблоків, так як не враховані вимоги по використанню теплозахисних матеріалів і їх властивостей.

7. Занадто завищений термічний опір розглянутої конструкції – 4,8,м<sup>2</sup> К/Вт (при нормованому – 3,3, м<sup>2</sup> К/Вт).

8. Температура на поверхні монолітного виступу товщиною 60мм при температурі зовнішнього повітря-22°C буде 15°C, що взагалі припустимо і на внутрішній поверхні вологи не буде.

9. Враховуючи, що монолітний виступ огорожуючої конструкції знаходиться у зоні близької до системи опалення - можливо застосувати запропоноване конструкторське рішення.

10. Розрахунок тепловологісного стану показав придатність проектних рішень, але слід зауважити про занадто завищений термічний опір розглянутої конструкції – 4,8,м<sup>2</sup> К/Вт (при нормованому – 3,3, м<sup>2</sup> К/Вт), що свідчить про неекономічність прийнятих рішень. Також розподіл парціальних тисків в огорожувальній конструкції при зовнішній температурі повітря -23°C, свідчить про накопичення вологи майже по всій поверхні конструкції. Тому обов'язково слід забезпечити вентиляцію повітряного прошарку.

### Література:

1. Городецкий А.С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. / Городецкий А.С., Шмуклер В.С., Бондарев А.В. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.

2. Шмуклер В.С. Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6-98:2009 в порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01-84\* і EN 1992-1-1 (Eurocode 2) / Шмуклер В.С., Бабаєв В.М, Бамбура А.М., Стоянов Є.Г., Пустовойтова О.М., Резник П.А. // Довідково-учбовий посібник. - Харьков: Золотые страницы, 2015.

3. Шмуклер В.С., Климов Ю.А., Буряк Н.П. Каркасные системы облегченного типа. Харьков: Золотые страницы; 2008

4. Shmukler, V., Demchyna, B., Vozniuk, L., Petrova, O., Reznik, P.,



Nikulin, V. Variant design of the concrete frame structures (weight-strength analysis) – fib Symposium 2019: Concrete - Innovations in Materials, Design and Structures; Krakow; Poland

5. Франчук А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов, М.: НИИ строительной физики, 1969 - 142 с.

6. Звіт з оцінки вогнестійкості житлового будинку з блоків бетонних стінових трьохшарових// Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова/ В.С. Шмуклер, С.В. Поздєєв, В.В. Душин, Л.В. Гапонова, П.А. Резнік.-Харків,2019 р., 94с.

**Abstract:** The work was carried out based on the results of a complex study of the structures of a multi-story residential building with load-bearing longitudinal walls made of three-layer concrete wall blocks. The structure of the outer wall block consists of four layers - concrete 380 mm thick, insulation 100 mm thick and facing made of ceramic brick 120 mm thick, as well as internal facing with aerated concrete blocks. The most complex and ambiguous is the question of determining the fire resistance of a house made of three-layer concrete wall blocks and the scope of possible application of such structures. To determine the effectiveness of the adopted constructive decisions, the calculation of the heat-humidity state of the enclosing structures was carried out. The calculation of the heat-humidity state of the building's enclosing structures is performed graphically with the help of software for typical constructive solutions of the building's enclosing structures. Since, in the considered wall blocks, located next to the window or door openings, a monolithic concrete protrusion with a thickness of 60 mm is made - this can serve as a cold bridge. Therefore, a separate check of this section was performed. Based on the conducted research, it can be concluded that it is possible to apply the proposed design solution.

**Keywords:** Structural system, three-layer blocks, facade thermal insulation, heat-humidity condition, cold bridge