

є меншою від площі зробленої виїмки в ґрунті. І хоча будівельниками приймаються заходи щодо заповнення цих шпарин, все ж не вдається уникнути перерозподілу напружень і деформацій ґрунту в ході його будівництва. З метою уникнення негативних наслідків, пошкоджень існуючих будівель і фундаментів на поверхні землі необхідно, з одного боку, визначати природні, додаткові і загальні осідання окремих її точок, прогнозувати ці ефекти і визначати внутрішні зусилля в оправах тунелів, а з іншого боку, приймати відповідні ефективні заходи.

Точні методи носять поки що досить умовний характер і потребують вдосконалення. В статі наведені результати розрахунку внутрішніх силових факторів монолітної залізобетонної оправи склепінчастого тунелю. Такий аналіз було виконано за допомогою програмного комплексу PLAXIS-8.

Числові експерименти по дослідженню взаємодії ґрунтів основи пальових фундаментів та фундаментної плити будівлі зі склепінчастою оправою тунелів виконані із застосуванням математичної теорії планування експерименту.

На підставі аналізу наявної апріорної інформації з літературних джерел і з урахуванням реальних нашарувань ґрунтів основи південного регіону України в якості дослідних обрані фактори: номінальний проліт склепінчастої оправи тунелю, рівень підземних вод, наведений тип ґрунтових умов характерного для південного регіону України нашарування, який інтегрально ураховує вплив питомої ваги ґрунту, коефіцієнтів горизонтальної та вертикальної фільтрації (проникності), модуля Юнга, коефіцієнта Пуассона, зчеплення, кута внутрішнього тертя і ділатансії ґрунту, а також коефіцієнта його пружного відпору.

На основі розрахунків, представлені адекватні математичні моделі.

Математичні моделі зручно використовувати для оцінки впливу того чи іншого чинника, зокрема і у взаємодії один з одним, на сумарні і додаткові осідання (зрушення) земної поверхні в характерних точках, а також для вирішення завдань оптимізації в які досить математично обґрунтовані стохастическими залежностями параметрів, розглянутих із зазначених факторів дослідження.

Запропонована методика дозволяє швидко визначати основні і додаткові осідання земної поверхні без виконання громіздких розрахунків в ґрунтових умовах південного регіону України, а також прогнозувати можливі негативні наслідки в процесі влаштування тунелів.

склепінчастий тунель, каркас, загальні та додаткові опади земної поверхні, математичні моделі

Одержано (Received) 03.03.2020

Прорецензовано (Reviewed) 17.10.2020

Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020

УДК 692.23:699.86

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).200-209](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).200-209)

В.А. Пашинський, проф., д-р техн. наук, **С.О Джирма**, доц., канд. техн. наук,

М.В. Пашинський, канд. техн. наук

Центральнoукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: stas55871@ukr.net

Теплові характеристики вузлів примикання вікон до цегляних та залізобетонних стін цивільних будівель на території Кіровоградської області

Проаналізовані температурні поля вузлів бічного примикання металопластикових віконних блоків до стін житлових і громадських будівель, які зводилися в другій половині минулого століття, а також використовуються в сучасному цивільному будівництві. Моделювання за методом скінченних елементів дозволило визначити найменші температури поверхонь внутрішніх відкосів в кліматичних умовах Кіровоградської області. Для кожного з розглянутих вузлів перевірена можливість утворення конденсату на внутрішніх поверхнях стін з урахуванням положення віконних блоків по товщині стіни.

зовнішні стіни, примикання вікон, температура поверхні, конденсат

© В.А. Пашинський, С.О Джирма, М.В. Пашинський, 2020

В.А. Пашинский, проф., д-р техн. наук, **С.А. Джирма**, доц., канд. техн. наук,

Н.В. Пашинский, канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна,

Тепловые характеристики узлов примыкания окон к кирпичным и железобетонным стенам гражданских зданий на территории Кировоградской области

Проанализированы температурные поля узлов бокового примыкания металлопластиковых оконных блоков к стенам жилых и общественных зданий, которые возводились во второй половине прошлого века, а также используются в современном гражданском строительстве. Моделирование методом конечных элементов позволило определить наименьшие температуры поверхностей внутренних откосов в климатических условиях Кировоградской области. Для каждого из рассмотренных узлов проверена возможность образования конденсата на внутренних поверхностях стен с учетом положения оконных блоков по толщине стены.

внешние стены, примыкание окон, температура поверхности, конденсат

Постановка проблеми. Достатній рівень теплової надійності огорожувальних конструкцій забезпечує не лише енергоефективність громадських будівель, а й комфортність перебування в приміщеннях. Норми проектування ДБН В.2.6-31-2016 "Теплова ізоляція будівель" встановлюють три критерії для оцінювання теплової надійності огорожувальних конструкцій: достатній опір теплопередачі, допустима різниця температур внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні стіни, відсутність конденсату в зонах підвищеної теплопровідності. Досвід розрахунків показав, що вибір опору теплопередачі згідно з вимогами ДБН В.2.6-31-2016 практично завжди забезпечує виконання перших двох умов на плоских ділянках зовнішніх стін. Актуальною залишається проблема утворення конденсату в зонах підвищеної теплопровідності внаслідок падіння температури внутрішньої поверхні стін нижче точки роси. Однією з таких зон є розглянутий в даній роботі вузол бічного примикання віконних блоків до стін різних конструкцій, які використовуються в житлових і громадських будівлях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вимоги, критерії та засоби забезпечення теплової надійності огорожувальних конструкцій встановлені нормами проектування [1]. Одна з наведених в [1] граничних нерівностей вимагає, щоб при дії встановлених нормами [2] розрахункових температур зовнішнього повітря температура внутрішньої поверхні огороження в зонах підвищеної теплопровідності не опускалася нижче температури точки роси, яка залежить від температури й вологості внутрішнього повітря. У другій половині минулого століття в Україні масово зводилися житлові й громадські будівлі з цегляними стінами товщиною 510 мм та з панельними стінами з керамзитобетону, опір теплопередачі яких (близько $1 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$) був утричі меншим від сучасних вимог [1], рівних $2,8 \dots 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Виконаний в роботах [3, 4] аналіз температурних полів вузлів примикання вікон до таких стін показав, що температура внутрішніх відкосів може бути нижчою від температури точки роси. Це призводить до утворення конденсату на внутрішніх відкосах та прискореного виходу з ладу дерев'яних вікон. При новому будівництві використовуються цегляні стіни з зовнішнім фасадним утепленням, тришарові стіни з зовнішнім шаром з лицьової цегли, а також стіни з ніздрюватих бетонів. Теплоізоляційний шар виконується з мінераловатних або пінополістирольних плит, які мають досить близькі розрахункові значення коефіцієнтів теплопровідності в межах $0,035 < \lambda < 0,050 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [5].

Підвищити температуру відкосу можна за рахунок додаткового утеплення або зміщення віконного блоку всередину будівлі. Ця ідея була висловлена та підтверджена розрахунками в роботах [3, 4]. У статті [3] отримані температурні поля у вузлах примикання віконних блоків до стін різної конструкції при двох положеннях вікна по товщині стіни. Аналізувалися температури внутрішньої поверхні стін, а також положення нульової ізотерми. В роботі [4] отримана залежність температури в

критичній точці внутрішнього відкосу від положення металопластикового віконного блоку в цегляній стіні товщиною 510 мм при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для м. Кропивницький. Показано, що при установці вікна впритул до четверті температура на поверхні внутрішнього відкосу становить близько $+8^{\circ}\text{C}$, що призводить до утворення конденсату. Зміщення віконного блоку всередину будівлі істотно підвищує температуру в критичній точці відкосу. Необхідність та доцільна величина зміщення віконного блоку всередину стін різних конструкцій при різних розрахункових температурах зовнішнього повітря потребує більш серйозного обґрунтування.

Температурні поля вузлів у роботах [3, 4] були побудовані за допомогою програми THERM [6], розробленої в Каліфорнійському університеті США. Початковими даними для програми є конструкція вузла з розмірами й тепловими характеристиками матеріалів, температури зовнішнього та внутрішнього повітря, а також умови теплообміну між конструкцією й середовищем. Необхідні для аналізу значення температури й вологості внутрішнього повітря встановлені в ДБН [1] залежно від призначення приміщень. Температури зовнішнього повітря можна встановити за стандартом [2] або більш точно для Кіровоградської області – за даними статті [7]. Програма THERM будує теплові поля двомірних вузлів шляхом моделювання процесів теплопередачі методом скінченних елементів. Результати розрахунку можуть бути представлені у вигляді ізотерм, векторів теплового потоку та локальних температур в окремих точках конструкції.

Постановка завдання. За результатами аналізу температурних полів у вузлах бічного примикання віконних блоків до стін житлових і громадських будівель виявити можливість утворення конденсату на внутрішніх поверхнях цих вузлів з урахуванням кліматичних умов Кіровоградської області та положення віконних блоків у товщі стіни.

Виклад основного матеріалу. Дослідження орієнтується на термомодернізацію та нове будівництво житлових і громадських будівель. Необхідні для виявлення можливості утворення конденсату на внутрішній поверхні стіни температури точки роси визначені з урахуванням встановлених нормами [1] розрахункових значень температури й відносної вологості внутрішнього повітря та наведені в таблиці 1. Незначний розкид даних дозволяє в запас надійності прийняти для подальшого аналізу єдине значення температури точки роси $+11^{\circ}\text{C}$. Розрахункове значення температури внутрішнього повітря доцільно встановити рівним $+20^{\circ}\text{C}$, що відповідає найбільш масовим будівлям житлового та громадського призначення. Окрім того, це значення створить додатковий запас теплової надійності за критерієм утворення конденсату, оскільки при вищих температурах внутрішнього повітря зростуть також фактичні температури внутрішньої поверхні стін.

Таблиця 1 – Параметри мікроклімату в приміщеннях цивільних будівель

Призначення приміщень	Температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$	Вологість внутрішнього повітря, %	Температура точки роси, $^{\circ}\text{C}$
Житлові будинки та готелі	20	55	10,7
Офіси та заклади торгівлі	20	50	9,3
Навчальні та лікарняні заклади	21	50	10,2
Дитячі дошкільні заклади	22	50	11,1

Джерело: розроблено авторами за даними [1]

Температури зовнішнього повітря для розрахунків масивних цегляних стін прийняті рівними температурам найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92 та 0,98. За методикою роботи [7], яка базується на даних стандарту [2], встановлено, що

на території Кіровоградської області ці температури змінюються в межах від -20°C до -24°C . Нормами [1] встановлене розрахункове значення температури зовнішнього повітря для перевірки можливості утворення конденсату в першій температурній зоні, рівне -22°C . В запас надійності для усієї території Кіровоградської області прийнято розрахункове значення температури зовнішнього повітря -24°C .

Аналізуються найбільш характерні вузли бічного примикання віконного блоку до стін семи типів, конструкції яких схематично показані на ескізах в таблиці 3. В усіх вузлах використовуються металопластикові віконні блоки з елементами товщиною 70 мм та двокамерними склопакетами. Ущільнення вузлів примикання до стіни виконується згідно з вимогами стандарту [8]. Теплова ізоляція усіх стін, за винятком першого та третього варіантів, виконана з мінераловатних плит або близьких за теплопровідністю пінополістирольних плит. Товщина шару теплоізоляції забезпечує встановлений нормами [1] опір теплопередачі не менший за $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$. Враховані в подальших розрахунках теплофізичні характеристики матеріалів встановлені за [5] і наведені в таблиці 2. Детальний опис вузлів разом з аналізом їх температурного режиму виконано нижче.

В роботі [4] встановлено, що критичною зоною вузлів бічного примикання віконних блоків до стін, у якій спостерігається найнижча температура внутрішньої поверхні стіни, є місце примикання внутрішнього відкосу до віконної коробки. Для виявлення можливості утворення конденсату та раціонального положення віконного блоку в товщі стіни необхідно побудувати залежності температури в критичній точці внутрішнього відкосу від координати віконного блоку по товщині стіни для прийнятих вище температур зовнішнього і внутрішнього повітря й порівняти отримані результати з встановленою за даними таблиці 1 температурою точки роси $+11^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2 – Теплофізичні характеристики матеріалів і виробів

Позначення	Матеріали та вироби	Густина, $\text{кг}/\text{м}^3$	Теплопровідність, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$
1	Кладка з повнотілої керамічної цегли	1800	0,81
2	Кладка з пустотілої керамічної цегли	1400	0,64
3	Кладка з блоків ніздрюватого бетону	400	0,13
4	Стінова панель з керамзитобетону	1000	0,41
5	Штукатурка з вапняно-піщаного розчину	1600	0,81
6	Штукатурка на основі цементу	1800	0,93
7	Утеплювач з мінераловатної плити Rockwool	135	0,039
8	Піна монтажна поліуретанова	25	0,03
9	Металопластиковий віконний блок	30	0,037

Джерело: розроблено авторами за даними [5]

Температурні поля усіх досліджених вузлів побудовані в програмі THERM [6]. Для кожного типу вузла виконані розрахунки при декількох величинах зміщення віконних блоків всередину приміщення відносно їх початкового положення, показаного на схемах з таблиці 3. При моделюванні теплового режиму вузлів встановлена температура зовнішнього повітря -24°C й температура внутрішнього повітря $+20^{\circ}\text{C}$. Основні розміри елементів конструкції вказані на ескізах з таблиці 3, а теплофізичні характеристики використаних матеріалів наведені в таблиці 2. У якості теплоізоляційного шару можуть використовуватися мінераловатні плити інших виробників, а також плити з пінополістиролу, які мають коефіцієнти теплопровідності, близькі до наведених в таблиці 2.

Результати досліджень усіх вузлів зведені в таблицю 3, де вказані: позначення (номер) типу вузла, склад стіни, схема вузла з початковим положенням віконного блоку а також температури критичної точки t_{cr} при різних величинах x зміщення віконного блоку від початкового положення всередину приміщення. Наведені в таблиці 3 ескізи є схематичними, тому дрібні деталі ущільнення вузлів за стандартом [8] (пароізоляційні стрічки, аерозольні герметики, ізоляційні плівки, попередньо стиснуті ущільнюючі стрічки) на цих ескізах умовно не показані.

Таблиця 3 – Температури критичної зони вузлів бічного примикання віконного блоку до стін різної конструкції

Тип вузла	Склад стіни	Ескіз вузла	x , мм	t_{cr} , °C
1	<ul style="list-style-type: none"> повнотіла цегла 510 мм штукатурка 20 мм 		0 30 60 90 120 150	7,7 8,4 8,9 9,4 9,7 10,3
2	<ul style="list-style-type: none"> штукатурка 20 мм мінватна плита 100 мм повнотіла цегла 510 мм штукатурка 20 мм 		0 30 60 90 120 150	10,7 11,2 11,4 11,8 11,9 12,3
3	<ul style="list-style-type: none"> керамзитобетон 300 мм штукатурка 20 мм 		0 25 50 75 100	8,4 8,9 9,5 9,5 9,6
4	<ul style="list-style-type: none"> штукатурка 20 мм мінватна плита 100 мм керамзитобетон 300 мм штукатурка 20 мм 		0 25 50 75 100 125	13,0 12,7 12,5 12,5 13,2 12,8

Закінчення таблиці 3

Тип вузла	Склад стіни	Ескіз вузла	x , мм	t_{cr} , °C
5	<ul style="list-style-type: none"> штукатурка 20 мм мінватна плита 100 мм порожниста цегла 380 мм штукатурка 20 мм 		0	13,1
			25	13,0
			50	13,0
			75	13,1
			100	13,0
			125	13,2
			150	13,1
6	<ul style="list-style-type: none"> порожниста цегла 120 мм мінватна плита 100 мм порожниста цегла 380 мм штукатурка 20 мм 		0	13,4
			25	13,4
			50	13,5
			75	13,5
			100	13,4
			125	13,4
			150	13,5
7	<ul style="list-style-type: none"> штукатурка 20 мм мінватна плита 100 мм ніздрюватий бетон 250 мм штукатурка 20 мм 		0	12,8
			25	12,7
			50	12,7
			75	13,2
			100	13,1

Джерело: розроблено авторами

Результати виконаних розрахунків узагальнені на графіку з рисунка 1, побудованому за даними таблиці 3. Кожен з пронумерованих на графіку типів вузла представлений лінією, яка відображає зміни температури поверхні внутрішнього відкосу t_{cr} в критичній точці вузла залежно від величини x зміщення віконного блоку від початкового положення всередину приміщення. Точка перетину з горизонтальною лінією, яка відповідає температурі точки роси $+11^{\circ}\text{C}$, вказує на величину зміщення, при якій конденсат на поверхні внутрішнього відкосу не утворюється.

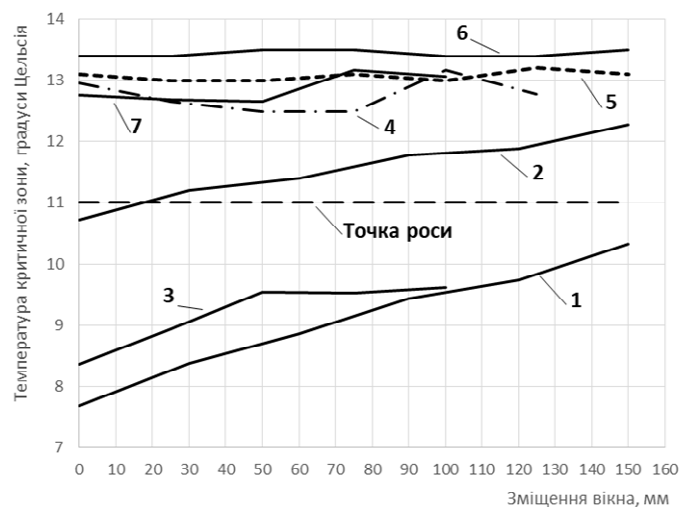


Рисунок 1 – Залежності температур в критичних точках вузлів від положення віконних блоків

Джерело: розроблено авторами

Вузол типу 1 відповідає цегляній стіні житлової чи громадської будівлі, які масово зводилися в другій половині минулого століття, експлуатуються до цього часу та будуть експлуатуватися ще десятиліттями. У таких будівлях дерев'яні вікна часто замінюють на сучасні металопластикові конструкції, не виконуючи додаткове утеплення фасаду. Ущільнення вузла зазвичай виконують монтажною піною, бажано з використанням спеціальних ізоляційних виробів згідно з вимогами [8], а внутрішні відкоси формуються із штукатурки. У початковому положенні вікно встановлюється практично впритул (на відстані 10...15 мм) до чверті в цегляній стіні. При зміщенні вікна всередину приміщення зазор між чвертю та зовнішньою поверхнею віконного блоку заповнюється мінераловатною плитою чи пінополістиролом. З таблиці 3 і рисунка 1 видно, що при такому положенні вікна температура критичної зони внутрішнього відкосу $t_{cr} = +7,7^{\circ}\text{C}$ є нижчою від температури точки роси $+11^{\circ}\text{C}$. Це обумовлює можливість утворення конденсату на поверхні відкосу. По мірі зміщення вікна всередину приміщення температура внутрішнього відкосу зростає до $t_{cr} = +10,3^{\circ}\text{C}$ при зміщенні на $x = 150$ мм, але залишається нижчою від точки роси $+11^{\circ}\text{C}$. У цьому випадку на улаштування підвіконня залишається усього 170 мм товщини стіни, тому подальше зміщення вікна всередину приміщення є недоцільним з архітектурно-ергономічної точки зору. Виконані розрахунки змушують констатувати непридатність до нормальної експлуатації вузла типу 1 без додаткового фасадного утеплення.

Вузол типу 2 представляє собою термомодернізовану цегляну стіну першого варіанту. Фасадне утеплення виконується з пінополістирольних чи мінераловатних плит із зовнішнім оздоблювально-захисним шаром товщиною 10...20 мм. Товщина теплоізоляції 100 мм забезпечує мінімально допустиме нормами [1] значення опору теплопередачі $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$. Дані таблиці 3 і рисунок 1 показують, що при початковому положенні віконного блоку найнижча температура внутрішнього відкосу $t_{cr} = +10,7^{\circ}\text{C}$ є дещо нижчою від прийнятої температури точки роси $+11^{\circ}\text{C}$, але відповідає вимогам до більшості будівель, перелічених в таблиці 1. При зміщенні вікна всередину приміщення зазор між чвертю та зовнішньою поверхнею віконного блоку заповнюється матеріалом, з якого виконане фасадне утеплення. З рисунка 1 видно, що при зміщенні віконного блоку на $x \geq 15$ мм конденсат на поверхні відкосу не утворюється.

Вузол типу 3 є аналогом вузла типу 1 для випадку крупнопанельних стін з керамзитобетону, які також експлуатуються в наш час. Конструкція вузла відрізняється відсутністю чверті, яка замінюється зовнішнім відкосом із штукатурки. Віконний блок зазвичай встановлюється на відстані близько 50 мм від зовнішньої грані стінової панелі. Дані таблиці 3 та рисунок 1 показують, що температура критичної зони вузла є нижчою від точки роси при усіх можливих зміщеннях віконного блоку. Це не дозволяє нормально експлуатувати крупнопанельні стіни без додаткового утеплення.

Вузол типу 4 є аналогом вузла типу 2 для випадку крупнопанельних стін з керамзитобетону, які пройшли термомодернізацію шляхом додаткового фасадного утеплення. При переміщенні вікна від показаного в таблиці 3 початкового положення всередину будівлі зовнішній відкіс утеплюється мінеральною ватою товщиною 50 мм. З таблиці 3 і рисунка 1 видно, що температура критичної зони вузла є вищою від точки роси при усіх розглянутих положеннях віконного блоку. Тому положення вікна при його заміні слід обирати, виходячи з архітектурно-ергономічних уявлень.

Вузол типу 5 використовується в цегляних стінах новобудов. Несуча частина стіни товщиною 380 мм виконана з порожнистої цегли, а фасадна теплоізоляція – з мінераловатної плити товщиною 100 мм, зовні захищеною штукатуркою на основі цементного розчину товщиною 10...20 мм. У показаному в таблиці 3 початковому положенні вікна на рівні зовнішньої грані несучої частини стіни шар теплоізоляції утворює чверть. При зміщенні вікна всередину приміщення зовнішній відкіс

утеплюється плитою з мінеральної вати чи з пінополістиролу товщиною 50 мм. Температура критичної зони практично не залежить від положення вікна.

Вузол типу 6 виконується в тришаровій цегляній стіні. Внутрішня несуча частина стіни товщиною 380 мм виконана з порожнистої цегли, а теплоізоляція представляє собою плиту з мінеральної вати товщиною 100 мм. Зовнішній захисний шар товщиною 120 мм виконано з лицьової цегли, яка утворює чверть, показану на рисунку з таблиці 3. При зміщенні вікна всередину приміщення зазор між чвертю, утвореною зовнішнім шаром лицьової цегли, та зовнішньою поверхнею віконного блоку заповнюється матеріалом, використаним для основного шару теплоізоляції. Його товщина складає 50 мм. З таблиці 3 та рисунка 1 видно, що температура критичної зони є практично незмінною й істотно вищою від температури точки роси, що гарантує надійну роботу вузлів при усіх положеннях віконного блоку.

Вузол типу 7 характерний для сучасного каркасного будівництва. Самонесуча стіна виконана з блоків ніздрюватого бетону товщиною 250 мм, теплоізоляції з мінераловатної плити товщиною 50 мм та зовнішньої захисної штукатурки на основі цементного розчину товщиною 10...20 мм. У початковому положенні віконний блок встановлюється на рівні зовнішньої поверхні стінових блоків впритул до чверті, утвореної теплоізоляцією. При зміщенні вікна всередину приміщення зовнішній відкіс утеплюється мінераловатною плитою товщиною 50 мм. Дані таблиці 3 та рисунок 1 показують, що температура критичної зони вузла мало залежить від положення вікна в товщі стіни і в усіх розглянутих випадках помітно перевищує температуру точки роси. Тому положення вікна слід обирати з урахуванням архітектурно-ергономічних вимог.

Загальний вигляд рисунка 1 дозволяє розділити проаналізовані вузли на три групи. Неутеплені вузли цегляних і панельних стін (типи 1 і 3) не забезпечують надійність за умовою утворення конденсату ні при яких положеннях віконного блоку в товщі стіни. В утепленому вузлі цегляної стіни (тип 3) температура критичної зони істотно зростає при зміщенні вікна всередину приміщення і перевищує точку роси практично при всіх положеннях вікна. У вузлах типів 4...7 температура критичної зони майже не залежить від положення віконного блоку та є на 1,5...2,5°C вищою від температури точки роси. Така стабільність температур критичних точок пояснюється наявністю теплоізоляції зовнішніх відкосів, на відміну від вузлів 1, 2 і 3 типів, у яких на зовнішніх відкосах наявні відкриті поверхні цегляної кладки або стінової панелі.

Висновки:

1. Виконаний аналіз температурних полів дозволив встановити температури критичних зон вузлів бічного примикання вікон до цегляних і панельних стін різної конструкції та виявити можливість утворення конденсату на внутрішніх поверхнях цих вузлів при різних положеннях віконних блоків у товщі стіни.

2. Вузли бічного примикання вікон до цегляних і панельних стін цивільних будівель без додаткового фасадного утеплення не відповідають вимогам до теплової надійності за критерієм утворення конденсату при усіх реально можливих положеннях віконних блоків у товщі стіни.

3. В кліматичних умовах Кіровоградської області фасадне утеплення існуючих чи нових стін, виконане відповідно до вимог ДБН В.2.6-31-2016 "Теплова ізоляція будівель", практично в усіх випадках гарантує відсутність конденсату на внутрішніх поверхнях віконних відкосів незалежно від положення вікон у товщі стіни.

4. Розроблена методика може застосовуватися для аналізу температурного режиму та оцінювання теплової надійності вузлів інших типів за критерієм утворення конденсату на внутрішніх поверхнях огорожень в зонах теплопровідних включень.

Список літератури

1. ДБН В.2.6-31:2016: Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 01-04-2017]. Київ: Міністерство будівництва України, 2016. 31 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 123 с.
3. A Stolarska, J Strzałkowski, Halina Garbalińska. Using CFD software for the evaluation of hygrothermal conditions at wall-window perimeters. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2018. Vol. 415. DOI:10.1088/1757-899X/415/1/012046
4. Вплив положення віконних блоків по товщині стіни на теплотехнічні характеристики вузла їх примикання / Пашинський В.А. та ін. *Sciences of Europe*. 2017. No 21, Vol 3. С. 8–13.
5. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний від 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2014. 51 с.
6. THERM 2.0 Program Description. Berkeley CA 94720 USA, 1998. URL: <https://windows.lbl.gov/sites/default/files/Downloads/therm2.pdf> (Дата звернення: 20.05.2020)
7. Семко В.О., Пашинський В.А., Джирма С.О., Пашинський М.В. Температурний режим експлуатації будівель на території Кіровоградської області. *Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2019. Вип. 1(32). С 235-243.
8. ДСТУ Б В.2.6-79:2009. Конструкції будинків і споруд. Шви з'єднувальні місць примикань віконних блоків до конструкції стін. Загальні технічні умови. [Чинний від 01.04.2010]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 26 с.

References

1. Teplova izoliatsiia budivel. [Thermal insulation of buildings]. (2016). *DBN V.2.6-31:2016 from 01 April 2017*. Kyiv: Ministerstvo budivnytstva Ukrainy [in Ukrainian].
2. Zakhyst vid nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluatatsiinykh vplyviv, vid pozhezh. Budivselna klimatolohiia. [Protection against dangerous geological processes, harmful operational impacts, from fire. Building climatology]. (2010). *DSTU-N B V.1.1–27: 2010*. Kyiv, Ministerstvo rehionalnoho rozvytku ta budivnytstva Ukrainy [in Ukrainian].
3. A Stolarska, J Strzałkowski & Halina Garbalińska. (2018). Using CFD software for the evaluation of hygrothermal conditions at wall-window perimeters. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 415*. DOI:10.1088/1757-899X/415/1/012046 [in English].
4. Pashynskiy, V.A., Nastoiashchyi, V.A., Dzhyrma, S.O., Plotnikov, O.A. & Ostapchuk, A.S. (2017). Vplyv polozhennia vikonnykh blokiv po tovschyni stiny na teplotekhnichni kharakterystyky vuzla yikh prymkannia. [The influence of the position of window blocks by the wall thickness on the thermal characteristics of their adjoining node]. *Sciences of Europe, No 21, Vol 3*, 8-13 [in Ukrainian]
5. Metody vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia utepлення budivel. [Methods of choosing of insulation material for building insulation]. (2014). *DSTU B V.2.6-189: 2013 from 01 January 2014*. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
6. THERM 2.0 Program Description. Berkeley CA 94720 USA, 1998. *windows.lbl.gov*. Retrieved from: <https://windows.lbl.gov/sites/default/files/Downloads/therm2.pdf> [in English].
7. Semko, V.O., Pashynskiy, V.A., Dzhyrma, S.O. & Pashynskiy M.V. (2019). Temperaturnyi rezhym ekspluatatsii budivel na terytorii Kirovohradskoi oblasti. [Temperature regime of buildings operation in the Kirovohrad region]. *Tsentrálnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky – Central Ukrainian Scientific Bulletin. Engineering sciences, Vol. 1(32)*, 235-243 [in Ukrainian].
8. Konstruktsii budynkiv i sporud. Shvy ziednuvalni misty prymkan vikonnykh blokiv do konstruktsii stin. Zahalni tekhnichni umovy. [Construction of buildings and structures. The seams in the adjoining points of window blocks to the construction of the walls. General specifications.] (2009). *DSTU B V.2.6-79:2009 from 01 April 2010*. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy [in Ukrainian].

Victor Pashynskiy, Prof., DSc., **Stanislav Dzhyrma**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Mykola Pashynskiy**, PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Thermal Characteristics of Window Junctions to Brick and Reinforced Concrete Walls of Civil Buildings in the Kirovograd Region

Existing design standards require that the temperature of the inner surface of the enclosure in the zones of high thermal conductivity should not fall below the temperature of the dew point. This phenomenon can occur

in a place of window framing to the wall of residential and public buildings, which were massively produced in the second half of the twentieth century. Condensation can be avoided by raising the surface temperature of the inner window jamb extensions. This can be done by adding an additional insulation or displacement of the block frame window inside the building. The aim of the work is to calculate the appropriate values of the displacement of the block frame window inside the wall of different types for the climatic conditions of the Kirovograd region.

The framing of metal-plastic windows to the walls of various structures that were produced in the second half of the twentieth century are analyzed. The insulation is performed in accordance with DBN B.2.6-31-2016. The lowest design temperature of the coldest five-day period within the territory of the Kirovograd Region is $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. As a safety margin, the dew point temperature for residential and public buildings for various purposes is taken to be $+11\text{ }^{\circ}\text{C}$. Finite element modeling in the THERM program environment made it possible to construct the temperature fields of the framing of metal-plastic windows to the walls of various structures and to obtain the very temperature of the inner window jamb extensions at various positions of the window frame within the wall. For each of the nodes examined, the possibility of condensation on the inner surfaces of the walls was established taking into account the position of window frame within the wall.

As a result of the studies, it was found that the nodes of the side framing of the windows to the brick and panel walls of civil buildings without additional facade insulation do not meet the requirements for thermal reliability according to the condensation criterion. Facade insulation of existing or new walls, made in accordance with the requirements of DBN B.2.6-31-2016 "Thermal insulation of buildings", in almost all cases guarantees the absence of condensation on the internal surfaces of window jambs.

outside walls, windows framing, surface temperature, condensation

Одержано (Received) 09.06.2020

Прорецензовано (Reviewed) 08.07.2020

Прийнято до друку (Approved) 19.10.2020

UDC 624.073:624.016

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).209-217](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).209-217)

Oleksandr Semko, Prof., Dr. tech. sci., **Anton Hasenko**, Assoc. Prof., Ph.D. tech. sci.,
Aleksey Fenko, Assoc. Prof., Ph.D. tech. sci.

*Educational and Scientific Institute of Architecture and Construction, National University
"Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava, Ukraine*

e-mail: gasentk@gmail.com

J Godwin Emmanuel B. Arch., Pursuing Ph.D, Assoc. Prof., Res. sch.

C.A.R.E. School of Architecture, No.27, Thayanoor village, Trichy, Tamil Nadu, India,

e-mail: godwinarchitect@gmail.com

Victor Dariienko, Assoc. Prof., Ph.D. tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

e-mail: vvdarienko@gmail.com

Architectural and constructive decisions of a triangular reinforced concrete arch with a self-stressed steel brace

The article describes the influence of overall dimensions, namely the ratio of lifting height to the span of the triangular reinforced concrete arch of the coating, to the change in internal forces in its cross sections. The change of axial force in steel rods and reinforced concrete half-panels and the change of bending moment in reinforced concrete half-panels depending on the angle of inclination of roof are determined. According to the obtained values of the effort, the required diameters of the working reinforcement and its cost are determined.

Triangular reinforced concrete arch of a covering, self-stressed brace, architectural and constructive decisions