

УДК 711.551:697.347

В. М. Соколенко*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5073-2694>

Кафедра Будівництва, урбаністики та просторового планування

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, Україна, 01042

К. В. Соколенко

PhD, ст. викл., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3334-7855>

Кафедра Будівництва, урбаністики та просторового планування

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, Україна, 01042

О.Ю. Коліушко

магістр, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4398-2933>

Кафедра Будівництва, урбаністики та просторового планування

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, Україна, 01042

П.М. Герасим

магістр, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1440-6834>

Кафедра Будівництва, урбаністики та просторового планування

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, Україна, 01042

*автор-кореспондент, e-mail: 13wms13@ukr.net

Дослідження роботи теплоізоляції одношарової системи на етапі життєвого циклу промислового об'єкта

Цитувати як:

Соколенко, В. М., Соколенко, К. В., Коліушко, О.Ю., Герасим, П.М. (2025). Дослідження роботи теплоізоляції одношарової системи на етапі життєвого циклу промислового об'єкта. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 493-504. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-42](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-42)

© 2025, Соколенко В. М., Соколенко К. В., Коліушко О.Ю., Герасим П.М.

Розглядається проблема ефективності зовнішнього огороження промислового об'єкта з металевим каркасом і одношаровою системою стін. Виявляються та аналізуються недосконалі рішення щодо огорожувальних конструкцій, що виникли через проектні, організаційні та будівельні фактори. Проведено кількісну оцінку характеру одношарової огорожувальної конструкції та виявлено характерного теплового містку вузла, визначено його вплив на середній коефіцієнт теплопередачі U фасаду, ризики конденсації та річні енерговитрати. Сформульовано практичні рекомендації щодо локальної реконструкції фасаду.

Проаналізовано комплекс факторів, що впливають на максимальний термін експлуатації будівлі, зокрема, локальне проникнення вологи в утеплювач, корозію металевих елементів, пошкодження декоративно-захисних покриттів. Довгострокові негативні наслідки без реагування та локальної реконструкції

фасаду призводять до скорочення фактичного терміну експлуатації фасадної оболонки з розрахункових 30–35 років до 20–25 років, збільшення загальних експлуатаційних витрат за 10 років на 15–20 %. На підставі виконаного теплотехнічного аналізу вузлів, розрахунку коефіцієнта теплопередачі та виявлених дефектів експлуатації огорожувальних конструкцій сформовано комплекс рекомендацій, спрямованих на усунення негативних наслідків та підвищення надійності промислової будівлі, зокрема: локальна реконструкція фасадів з установкою теплових розривів (ізоляційних блоків) у прольотах, дублювання теплоізоляції внутрішнім шаром 50–80 мм з суцільною пароізоляцією, герметизація швів; перехід на сеновіч-панелі; діагностика; розробка вимог до монтажу; проектно-нормативна підтримка. Впровадження цих рекомендацій підвищує надійність і ремонтпридатність конструкцій, знижує експлуатаційні витрати протягом усього життєвого циклу та подовжує фактичний термін служби фасадних систем.

Ключові слова: теплотехнічний розрахунок, локальна реконструкція фасадів, тепла модернізація будівель, утеплення фасадів, металевий каркас, одношарова стінова система.

Вступ

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. У промислових будівлях каркасного типу оболонки зі стінових профільованих листів з прошарком мінеральної вати часто проектують і монтують за «типовими» схемами. Найчастіші похибки – недооцінка повторюваних та точкових теплових містків (прогони/рейки, наскрізні самонарізні гвинти, стики), стискання й усадка м'якої вати, розриви пароізоляції та повітронепроникного контуру. У підсумку розрахункове значення коефіцієнта теплопередачі стіни U зростає, а локальні зони у місцях кріплень і прогонів охолоджуються до температури точки роси, що призводить до конденсації, корозії обшивки та додаткових енерговтрат. Такі ефекти прямо враховуються міжнародними методиками ISO 6946 (теплотехнічні розрахунки) та ISO 13788 (оцінка ризику поверхневої та міжшарової конденсації) [1]. У статті наведено результати обстеження та теплотехнічного аналізу промислових будівель F-1 та F-3 «Індустріального парку «Біла Церква». Фокус дослідження – вузол ХК281-А кріплення профільованого листа LPA900 до горизонтального прогону, де під дією кріплень відбувається локальне стискання м'якого скловолкна[2].

У сучасній українській практиці реконструкції та модернізації будівель наголошується на необхідності врахування всіх стадій життєвого циклу [3], однак вимоги до ремонтпридатності й реконструкції часто нормуються формально[4,5]. Концепція надійності будівель базується на методі граничних станів та коефіцієнтах надійності за навантаженнями й матеріалами; експлуатаційна придатність огорожень визначається також критеріями теплозахисту та вологості. Проблематика реконструкції та теплової модернізації будівель та споруд є фокусом досліджень значної

групи вітчизняних науковців. Україна має великий досвід модернізації та відновлення промислових об'єктів, міської забудови. Накопичений досвід систематизовано у державних будівельних нормах [6-9]. Технічний прогрес, вимоги економії підтримують науково-практичні дослідження в цьому напрямку.

Мета статті. визначити умови та чинники, що призвели до негативного результату на етапі зведення та експлуатації промислової будівлі з індустріальним сталевим каркасом.

Відповідно до поставленої мети вирішуються наступні завдання:

Систематизація негативних випадків теплової модернізації будівель;

Визначення та аналіз дефектних рішень огорожуючих конструкцій що виникли за рахунок конструктивних та організаційно-будівельних чинників;

Розробити проектно-технологічні рішення щодо усунення дефекту, рекомендувати умови та обмеження, що сприятимуть унеможливленню подібних будівельних прорахунків та наслідків у майбутньому.

Матеріали та методи

У роботі використовуються методи системного аналізу, математичне моделювання, інформаційно аналітичні методи.

Інформаційну базу складають довідково-технічні та літературні джерела, проектні матеріали.

Результати та обговорення

Після початку повномасштабної війни один з виробників харчової продукції здійснив релокацію з м. Харків до Індустріального парку «Біла Церква» [10-11]. Як виробничі будівлі обрано корпуси F-1 (Цех з виробництва електротехнічної продукції літ. «Л-2») та F-3 (рис.1), які у вихідному стані відповідають вимогам індустріальних сталевих каркасів виробництва компанії Astron (EN 10025-2, S355J2; болтові з'єднання класу 10.9) та оснащені одношаровими стіновими системами з профільованого листа.

У процесі 2022–2023 рр. виконано внутрішні ремонтно-будівельні роботи, монтаж технологічного обладнання, систем ОВК, електротехнічних та сантехнічних мереж. На етапі першого року експлуатації в осінньо-зимовий період зафіксовано надмірні тепловтрати й локальне зволоження фасадів у зоні кріплень профільованих листів.

Практика монтажу одношарової стінової системи показала, що у місцях кріплення профільованого листа до прогонів відбувається зминання волокнистого утеплювача, втрата його товщини та переривання континуальності теплоізоляції (порушення цілісності шару теплоізоляції в огорожувальних конструкціях будівлі стінах, покрівлі, перекриттях тощо), внаслідок чого утворюються так звані «містки холоду».



Рис. 1. Генеральний план – а, та загальний вигляд промислової будівлі F-1 «Індустріального парку «Біла Церква» - б.

Каркас будівель – сталеві рами виробництва компанії Astron (Люксембург) із прогонами стін і покриття, без вертикальних зв'язків між колонами, що забезпечує вільне планування. Огороджувальні конструкції стін – одношарова система на основі профільованого листа LPA900 з внутрішнім волокнистим утеплювачем INF 100 мм та паро-/вітрозахисними шарами внутрішнього простору будівлі (рис.2). Слабке місце вузла – лінія прогону, вузол ХК281-А та подібні вузли (рис. 3), де скловолокно локально стискається кріпленнями до товщини ~29 мм, що змінює теплотехнічні параметри вузла.



Рис. 2. Фото конструкції одношарової системи профільованого листа LPA900 з внутрішнім волокнистим утеплювачем INF 100 мм.



Рис. 3. Схема вузла ХК281-А кріплення профільованого листа до металевго прогону каркасу будівлі.

З метою аналізу задля виправлення дефектного рішення, було кількісно оцінено характер роботи огорожувачої одношарової конструкції, та зокрема формування виявленого теплового містка вузла ХК281-А, визначено його вплив на середній коефіцієнт теплопередачі U фасаду, ризику конденсації, річні енергетичні втрати і сформовано практичні рекомендації з локальної реконструкції фасаду.

Для огорожувальних конструкцій промислових будівель у нашому регіоні типові нормативні вимоги до опору теплопередачі $R_{req} \approx 1.7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (за вихідними даними попередніх розрахунків для об'єкта), що передбачає застосування безперервного теплоізоляційного шару та мінімізацію містків холоду [1,6].

Розрахунок опору теплопередачі огорожувальних конструкцій проведено за класичною формулою теплотехнічного розрахунку опору теплопередачі багатшарових огорожувальних конструкцій [1,6], яка застосовується в усіх нормативних документах (ДБН, ДСТУ, EN, ISO):

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \left(\frac{d_i}{\lambda_i} \right) + R_{se}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (1)$$

де: U — коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

R_{si} — опір теплопередачі з боку внутрішнього повітря, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

R_{se} — опір теплопередачі з боку зовнішнього повітря, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

d_i — товщина i -го шару конструкції, м;

λ_i — коефіцієнт теплопровідності матеріалу, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Для розрахунку прийнято наступні параметри:

- $\lambda_{\text{вату}} = 0,040$ — для мінераловатного утеплювача, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- $R_{si} = 0,13$ — внутрішній опір, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;
- $R_{se} = 0,04$ — зовнішній опір, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

При товщині утеплювача $d_{\text{вату}} = 100$:

$$R_{1\Sigma} = 0,1 \times 0,040 = 2,50 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \quad (2)$$

Повний термічний опір для огорожувальної конструкції:

$$U_1 = \frac{1}{0,13 + 2,5 + 0,04} = 0,375, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3)$$

Для вузла ХК281-А, де зменшення товщини утеплювача до $d = 29$ мм:

$$R_{2\Sigma} = 0,029 \times 0,040 = 0,725 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \quad (4)$$

Повний термічний опір для зони зменшення товщини вузла ХК281-А:

$$U_2 = \frac{1}{0,13 + 0,725 + 0,04} = 1,117, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5)$$

Тобто опір теплопередачі огорожувальних конструкцій відповідає базовим вимогам ($U_1 = 0,375 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$), однак у місцях переривання теплоізоляції вздовж прогонів спостерігається суттєве зростання теплопередачі — $U_2 = 1,117 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, що підтверджує наявність «теплових містків» та поясне втрати тепла і ризику конденсації.

Локальні містки холоду зумовлюють зниження внутрішньої температури поверхні, появу конденсату та мікробіологічного ураження, корозію кріплень і сталевих елементів вторинного каркаса, деградацію волокнистого утеплювача (втрата товщини, усадка, зменшення термічного опору R). Це знижує експлуатаційну придатність огорожень і підвищує ризики з точки зору надійності за другою групою граничних станів (теплозахист, вологісний режим, довговічність) [12].

Вплив на граничний термін експлуатації здійснює сукупність чинників, серед яких слід виокремити:

Локальне зволоження утеплювача. У місцях зниження товщини утеплювача до 29 мм коефіцієнт теплопередачі зростає утричі ($U_2 = 1,117$

Вт/м²·К проти $U_i = 0,375$). Це призводить до зниження температури внутрішньої поверхні до $\sim 13,7$ °С, що відповідає зоні ризику конденсації. Волога у волокнистому утеплювачі збільшує λ , погіршує теплотехнічні характеристики та пришвидшує його руйнування.

Корозія металевих елементів. Періодичне зволоження в зоні прогонів створює умови для корозії оцинкованих профілів і кріплень. Це зменшує залишкову несучу здатність каркаса та скорочує граничний термін експлуатації на 10–15 % від проєктного.

Порушення декоративного та захисних покриттів. Намокання й обмерзання призводить до появи плям, здуття фарби, відшарування лакофарбового шару, що вимагає частішого ремонту фасаду.

Витрати для підтримання мікроклімату складають компоненти:

Енергетичні витрати. Через додаткові тепловтрати $\Delta U \approx 0,74$ Вт/(м²·К) у смузі прогонів сезонні втрати сягають $\sim 12,3$ МВт·год. Це відповідає $\approx 1,3$ тис. м³ природного газу для корпусу підприємства.

Перевантаження систем опалення вентиляції та кондиціонування. Для збереження необхідної температури в цехах системи опалення, вентиляції та кондиціонування працюють з підвищеним навантаженням, що призводить до швидшого зносу обладнання та зростання витрат на технічне обслуговування.

Мікроклімат і якість продукції. У харчовій промисловості нестабільність температурно-вологісного режиму впливає на умови виробництва та зберігання продукції. Конденсат може створити ризик мікробіологічного забруднення, що несумісне з вимогами стандартів IFS/BRC.

Довгострокові негативні наслідки без реагування та локальної реконструкції фасаду призводять до зменшення реального терміну служби фасадної оболонки з розрахункових 30–35 років до 20–25 років без проведення модернізації; зростання сумарних експлуатаційних витрат упродовж 10 років на 15–20 % (додаткові енерговтрати, ремонти, заміна кородованих вузлів) підвищення ризику аварійних ситуацій: намокання утеплювача з подальшим промерзанням створює внутрішні напруження та тріщини, що може потребувати локальної реконструкції.

Для прийняття обґрунтованого та економічно зваженого рішення по усуненню вище зазначеного недоліку, потрібно проведення аналізу виявлених відхилень теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій від нормативних вимог. Результати теплотехнічного розрахунку та натурних обстежень показали суттєве зростання коефіцієнта теплопередачі у зонах переривання теплоізоляційного шару, що підтверджує наявність «теплових містків». Це явище призводить до локального зниження температури внутрішніх поверхонь, ризику конденсації та передчасної деградації утеплювача, а також підвищення

експлуатаційних витрат на підтримання мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Відповідно до положень ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель» та ДСТУ EN ISO 6946:2019, проектувальник та експлуатуюча організація зобов'язані забезпечити нормативний рівень опору теплопередачі та відсутність ризику конденсації у шарі конструкцій [1,6]. Порушення теплотехнічної однорідності оболонки будівлі суперечить цим вимогам і ставить під загрозу не лише енергоефективність, а й граничний термін експлуатації конструкцій.

Тому аналіз причин виникнення дефекту та формування рекомендацій є обов'язковим етапом для:

встановлення джерела проблеми (проектні, технологічні чи організаційні чинники);

обґрунтування заходів усунення (локальна реконструкція, заміна системи огороження, впровадження додаткових шарів утеплення чи ізоблоків);

підвищення надійності та довговічності будівлі за рахунок запобігання повторному виникненню дефектів у процесі експлуатації;

зменшення експлуатаційних витрат на опалення, вентиляцію й підтримання нормативного мікроклімату у виробничих приміщеннях;

забезпечення відповідності міжнародним стандартам у харчовій галузі (IFS, BRC), де вимоги до температурно-вологісного режиму є критичними для безпечності продукції.

При аналізі проекту «Будівництво цеху з виробництва електротехнічної продукції на території промислового майданчика по вул. Леваневського № 66-а, м. Біла Церква (в межах Шкарівської сільської ради), розробленого ТОВ «Архітектурно-Конструкторське Бюро «Віхарев» [13], проекту організації будівельних робіт та актів виконаних будівельних робіт, встановлені такі причини виникнення дефекту, а саме:

проектні – відсутність безперервного теплоізоляційного шару в зоні прогону, недостатнє врахування впливу кріплень та стиснення вати.

технологічні – неповне заповнення/ущільнення утеплювача, порушення пароізоляції, дефекти примикань.

управлінські – відсутність переліку контрольних операцій при монтажі та вхідного контролю матеріалів, непередбачені карти вузлів для локального виправлення дефектів.

На підставі виконаного теплотехнічного аналізу вузлів, розрахунку коефіцієнта теплопередачі та виявлених дефектів експлуатації огорожувальних конструкцій сформовано комплекс рекомендацій, спрямованих на усунення негативних наслідків та підвищення надійності промислової будівлі:

1. Локальна реконструкція фасадів: установлення терморозривів (ізоблоків) у лініях прогонів; дублювання теплоізоляції внутрішнім шаром 50–80 мм із безперервною пароізоляцією; герметизація стиків.

2. Перехід на сендвіч-панелі (мінеральна вата 120–140 мм або PUR/PIR) у найбільш відповідальних фасадних зонах для гарантованого досягнення нормативного R та повної відсутності лінійних містків.

3. Діагностика: тепловізійне обстеження у проєктний мороз (нічний час), контроль вологості в товщі утеплювача, перевірка герметичності пароізоляції й повітропроникності огорожень (blower-door, локальні димові тести).

4. Вимоги до монтажу: застосування карт операцій, поетапний фото-контроль, зберігання теплоізоляції, виконання швів і примикань за інструкціями виробників, випробування вибіркокових вузлів.

5. Проєктно-нормативний супровід: актуалізація теплотехнічних розрахунків на стадії «РД» з урахуванням вузлів; порівняння варіантів (single-skin + ізоблоки vs сендвіч-панелі) за життєвим циклом не менше 50 років (ДСТУ Б ISO 15686 (частини 1–5) «Будівлі та споруди. Планування терміну служби») [5].

Можна зробити висновок, що виявлені відхилення теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій мають комплексний характер і обумовлені поєднанням проєктних, технологічних та організаційно-управлінських чинників. Наявність лінійних «теплових містків» у вузлах типу ХК281-А призводить до зростання коефіцієнта теплопередачі до 1,117 Вт/(м²·К), що майже утричі перевищує значення у польовій зоні (0,375 Вт/(м²·К)) та безпосередньо впливає на енергоефективність будівлі, довговічність фасадної оболонки й стабільність мікроклімату у виробничих приміщеннях.

Висновки

Встановлено, що у лінії прогону фактична товщина волокнистого утеплювача зменшується до 29 мм, що формує тепловий місток. Проведено розрахунок опору теплопередачі та внутрішньої температури поверхні, визначено ризик конденсації, оцінено річні енергетичні втрати та економічні наслідки. Запропоновано проєктно-технологічні рішення щодо усунення дефекту (встановлення ізоблоків/перехід на сендвіч-панелі, локальна реконструкція фасадів, а також регламенти контролю якості монтажу й експлуатації).

Запропоновані заходи з локальної реконструкції фасадів, альтернативні рішення із застосуванням сендвіч-панелей, а також впровадження системної діагностики та контролю дозволяють мінімізувати негативні наслідки й забезпечити відповідність нормативним вимогам (ДБН В.2.6-31:2021, ДСТУ EN ISO 6946:2019) та міжнародним стандартам у харчовій промисловості (IFS, BRC). Реалізація цих рекомендацій підвищує

надійність та ремонтпридатність конструкцій, зменшує експлуатаційні витрати протягом усього життєвого циклу й продовжує фактичний термін служби фасадних систем.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. DSTU B EN ISO 6946:2019. Budivelni konstruksii ta budivelni vyroby. Teplovyi opir i koefitsient teploperedachi. – Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2019.
2. Astron Buildings. LPA900 Single-skin wall system. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://www.astron.biz/en/building-system/products/wall/lpa900> (data zvernennia: 20.09.2025).
3. Makhinko A.V., Skliarenko S.O. Problemy normuvannia vymoh do rekonstruksii ob'ektiv budivnytstva na stadii zhyttievoho tsyклу. – Visnyk NUVHP. Ser. Tekhnichni nauky, 2024, №3(107). – DOI:10.31713/vt3202419.
4. DBN V.1.2-14:2009. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktivnoi bezpeky budivel i sporud. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009.
5. ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles. – Geneva: ISO, 2011.
6. DBN V.2.6-31:2016. Teplova izoliatsiia budivel. (2016). K.: Minbud Ukrainy.
7. DBN V.2.6-33:2008. Konstruksii budynkiv i sporud. Konstruksii zovnishnikh stin iz fasadnoiu teploizoliatsiieiu. (2009). K.: Minbud Ukrainy.
8. DSTU B V.2.6-35:2008. Konstruksii budynkiv i sporud. Konstruksii zovnishnikh stin iz fasadnoiu teploizoliatsiieiu ta oporiadzhenniam industrialnymy elementamy z ventylovanym povitrianyam prosharkom. (2009). K.: Minbud Ukrainy.
9. Farenjuk H.H. Osnovy zabezpechennia enerhoefektyvnosti budynkiv ta teplovoi nadiinosti ohorodzuvalnykh konstruksii / H.H. Farenjuk. – K.: Hama-Prynt, 2009. – 216 s.
10. Industrialnyi park «Bila Tserkva». Komertsiiina nerukhomist. [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://ip-bt.com/en/buildings/commercial-real-estate/> (data zvernennia: 20.09.2025).
11. Kontseptsiiia industrialnogo parku «Bila Tserkva». – Kyiv: 2022. (elektronnyi dokument u skladi proektu).

12. Pashynskiy V.A. Osnovy teorii nadiinosti budivel i sporud. – Kropyvnytskyi: TsNTU, 2016. – 155 s.

13. Budivnytstvo tsekhu z vyrobnytstva elektrotekhnichnoi produktsii na terytorii IPBTs. Poiasniuvalna zapyska. – Kyiv: 2023. (proektna dokumentatsiia).

Література

1. ДСТУ Б EN ISO 6946:2019. Будівельні конструкції та будівельні вироби. Тепловий опір і коефіцієнт теплопередачі. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

2. Astron Buildings. LPA900 Single-skin wall system. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.astron.biz/en/building-system/products/wall/lpa900> (дата звернення: 20.09.2025).

3. Махінько А.В., Скляренко С.О. Проблеми нормування вимог до реконструкції об'єктів будівництва на стадії життєвого циклу. – *Вісник НУБГП. Сер. Технічні науки*, 2024, №3(107). – DOI:10.31713/vt3202419.

4. ДБН В.1.2-14:2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009.

5. ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles. – Geneva: ISO, 2011.

6. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. (2016). К.: Мінбуд України.

7. ДБН В.2.6-33:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. (2009). К.: Мінбуд України.

8. ДСТУ Б В.2.6-35:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. (2009). К.: Мінбуд України.

9. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.

10. Індустріальний парк «Біла Церква». Комерційна нерухомість. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ip-bt.com/en/buildings/commercial-real-estate/> (дата звернення: 20.09.2025).

11. Концепція індустріального парку «Біла Церква». – Київ: 2022. (електронний документ у складі проекту).

12. Пашинський В.А. Основи теорії надійності будівель і споруд. – Кропивницький: ЦНТУ, 2016. – 155 с.

13. Будівництво цеху з виробництва електротехнічної продукції на території ІПБЦ. Пояснювальна записка. – Київ: 2023. (проектна документація).

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 14.11.2025	Received 14.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 15.11.2025	Received in revised form 15.11.2025
Прийнято 25.11.2025	Accepted 25.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

V. M. Sokolenko*

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5073-2694>

Department Of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 17 John Paul II Str., Kyiv, Ukraine, 01042

K. V. Sokolenko

Ph.D, Senior Lecturer, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3334-7855>

Department Of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 17 John Paul II Str., Kyiv, Ukraine, 01042

O.Y. Koliushko

Master, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4398-2933>

Department Of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 17 John Paul II Str., Kyiv, Ukraine, 01042

P.M. Herasym

Master, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1440-6834>

Department Of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 17 John Paul II Str., Kyiv, Ukraine, 01042

*corresponding author, e-mail: 13wms13@ukr.net

Research on the performance of single-layer thermal insulation systems during the life cycle of industrial facilities

How to Cite:

Sokolenko, V.M., Sokolenko, K.V., Koliushko, O.Y., Herasym, P.M. (2025). Research on the performance of single-layer thermal insulation systems during the life cycle of industrial facilities. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 24, 493-504. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-42](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-42)

Abstract. The problem of the effectiveness of the external enclosure of an industrial facility with a metal frame and a single-layer wall system is considered. Defective solutions for enclosing structures that arose due to design and organizational and construction factors are identified and analyzed. A quantitative assessment of the nature of the single-layer enclosure structure and the identified characteristic thermal bridge of the node was performed, and its impact on the average heat transfer coefficient U of the facade, condensation risks, and annual energy losses was determined. Practical recommendations for local facade reconstruction were formulated.

A set of factors affecting the maximum service life of the building was analyzed, in particular, local moisture penetration into the insulation, corrosion of metal elements, and damage to decorative and protective coatings. Long-term negative consequences without response and local reconstruction of the facade lead to a reduction in the actual service life of the facade shell from the calculated 30–35 years to 20–25 years, an increase in total operating costs over 10 years by 15–20%.

Based on the thermal analysis of the units, the calculation of the heat transfer coefficient, and the identified defects in the operation of the enclosing structures, a set of recommendations was formed aimed at eliminating the negative consequences and increasing the reliability of the industrial building, in particular: local reconstruction of facades with the installation of thermal breaks (insulation blocks) in the span lines, duplication of thermal insulation with an internal layer of 50–80 mm with continuous vapor barrier, sealing of joints; transition to sandwich panels; diagnostics; development of installation requirements; design and regulatory support. Implementation of these recommendations increases the reliability and maintainability of structures, reduces operating costs throughout the entire life cycle, and extends the actual service life of facade systems.

Keywords: thermal engineering calculations, local facade reconstruction, thermal modernization of buildings, facade insulation, metal frame, single-layer wall system.