

УДК 699.865(866)

к. н., доцент Тарасов В.К.,

tvk1937@ukr.net , ORCID: 0000-0002-4404-3454,

к.т.н., доцент Банах А. В.,

andrew.banakh@gmail.com , ORCID: 0000-0002-0517-2157,

доцент Полікарпова Л. В.,

lily.polikarpova@gmail.com , ORCID: 0000-0003-2539-8353,

Інженерний інститут Запорізького національного університету,

Макушин М. А.,

misha.makushin2019@gmail.com , ORCID: 0000-0001-5714-808X,

ТОВ «Центр будівельних технологій», м. Запоріжжя

DOI: 10.32347/2076-815x.2019.71.380-389

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

Визначено причини недостатньої ефективності та надійності теплоізоляційного укриття вертикальних стін житлових і промислових будівель і споруд. Обґрунтована та розроблена навісна панель промислового виготовлення, яка має можливість надійного зчеплення з поверхнею укриття та забезпечує високу герметичність з'єднання. Представлена розрахункова схема теплопередачі із робочого приміщення в навколишнє середовище через несучі стіни та різні теплоізоляційні матеріали укриття. Теоретично та експериментально досліджено позитивні можливості нового укриття в порівнянні з відомими розробками. Визначено оптимальні параметри укриття, що забезпечують нормативні вимоги до устрою, та характеристики теплоізоляції.

Ключові слова: теплоізоляційні укриття, аналіз недоліків, доцільність, ефективність, герметичність, новизна, розрахункова схема, дослідження, нормативні вимоги, оптимальні параметри

Постановка проблеми. Однією з основних проблем сучасного промислового і цивільного будівництва є значні витрати енергії для створення допустимого мікроклімату приміщень. В холодний період року це стосується пошуку заходів зменшення теплових втрат при опаленні будівель, а влітку виникає необхідність боротись з перегрівом внаслідок дії сонячної радіації. Особливо важливим є можливість збереження тепла при опаленні житлових будівель, що пов'язано зі значною вартістю тепла та соціальною напругою в суспільстві. Істотно знижується вартість послуг на опалення за рахунок зменшення неvirобничих витрат газу чи вугілля на теплоцентралях і підвищення коефіцієнта корисної дії при опаленні.

Аналіз останніх досліджень. При розробці проекту споруди необхідно врахувати всі можливі варіанти і шляхи втрат тепла. Значна його кількість може йти через стіни. Для невеликих будинків (до 2-х поверхів) втрати складають до 30 %, а з ростом поверховості сучасних міст (до 16-ти поверхів і більше) вони можуть зростати до 50 %. В цих випадках особливо важливим є використання теплозахисного укриття стін.

Проведений аналіз наявних розробок і джерел показує на різнобічність підходів та вимог до навісних теплозахисних панелей та плит будівель і споруд [1...3]. Проте їх вирішення вимагає значних зусиль ручної праці для їх точної установки на вертикальні стіни і забезпечення необхідної герметичності та надійності при експлуатації при перепадах температур і дії вітрових навантажень [4]. Недостатньо також розроблена методика розрахунків реальної теплопровідності складної системи «внутрішнє середовище – стіна – утеплювач – зовнішнє середовище». Представляється необхідним подальше вдосконалення навісних панелей з вибором сучасних ефективних теплоізоляційних матеріалів для різних температурних зон, підвищеною герметичністю і надійністю закріплення та розробки раціональної методики розрахунків з урахуванням умов експлуатації та змінних погодних параметрів.

Мета роботи – вивчення особливостей конструкцій навісних теплоізоляційних панелей, виявлення причин недостатньої ефективності теплозахисту будівель та споруд; дослідження розробленої панелі високої герметичності, надійності закріплення; створення панелі промислового виробництва з можливістю прискореного монтажу без ідеальної підгонки стиків та скороченням обсягу ручної праці.

Результати досліджень. Від теплотехнічних якостей зовнішніх огорожень будівель залежить сприятливий мікроклімат приміщень, тобто забезпечення допустимої температури та вологості повітря; кількість тепла, що втрачається будівлею у зимовий час; температура внутрішньої поверхні огороження, що виключає створення парів конденсату [5]. Це впливає на теплозахисні властивості огороження та його довговічність. Таким чином від огороження залежить вирішення актуальної сучасної проблеми для населення, особливо пов'язаної із значною вартістю опалення в холодні пори року. Крім того, що виникає можливість значної економії витрат дорогих невідновлюваних енергоресурсів (газу, вугілля) на опалення, знижуються значні витрати електрики на кондиціонування приміщення влітку в зв'язку з помітним потеплінням клімату в Україні.

Для підвищення надійності та ефективності теплозахисту будівель і споруд, що експлуатуються, проведено детальний аналіз відомих розробок теплоізоляційних конструкцій. З урахуванням їх особливостей і деяких

недоліків розроблена та випробувана навісна теплоізоляційна панель промислового виробництва [5].

З метою підвищення міцності зчеплення з основною поверхнею, спрощення процесу монтажу розроблена навісна теплоізоляційна панель для будівель і споруд, в якій використовується оригінальна конфігурація внутрішньої і зовнішньої поверхні. Устрій панелі представлено на рис. 1.

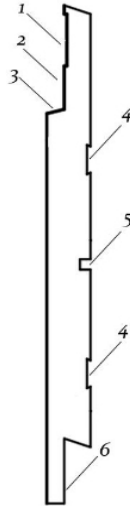


Рис. 1. Устрій навісної теплоізоляційної панелі: 1 – зовнішній паз; 2 – поглиблення; 3 – зріз; 4 – внутрішній паз; 5 – канавка; 6 – замок

З лицьового боку панель має фігурний виріз висотою до 1/5 вертикального розміру панелі, що складається з двох частин: паза 1, поглиблення 2, зрізу 3 для замка. Із внутрішньої сторони на панелі розташовані трапецієподібні пази 4 у вигляді конфігурації «ластівчин хвіст», а між ними виконана прямокутна канавка 5 посередині панелі. Замок 6 має вигляд прямокутного паза з гострим кутом, рівним куту зрізу 3 панелі у верхній її частині. Фігурний виріз 1, 2 призначено для розміщення кріплення панелі у вигляді поліпропіленових дюбелів і декоративної рельєфної кладки або облицювання. Пази 4 заповнюється цементним клеєм і служать для поліпшення адгезії панелі до утеплювальної поверхні. Це значно ускладнює відрив панелі від поверхні основи у перпендикулярному до неї напрямку, наприклад, при дії сильного вітру. Прямокутний паз 5 посередині панелі служить для запобігання самочинного сповзання панелі зі стіни вниз і для центрування плити. Паз для замка 6 закриває головки дюбелів і забезпечує можливість стоку води та вологи з панелей. Вибір висоти фігурного вирізу до 1/5 вертикального розміру панелі

обумовлено необхідністю розміщення головок дюбелів кріплення та декоративної кладки. Збільшення висоти вирізу небажано з-за зниження міцності панелі.

Для розрахунку параметрів теплоізоляції необхідно враховувати нормативні вимоги до теплотехнічних властивостей зовнішніх огорож будівель. На їх стан впливає:

- сприятливий мікроклімат, тобто забезпечення температури та вологості повітря в приміщенні не нижче нормативних вимог;
- кількість тепла, що втрачається будівлею в зимовий час;
- температура внутрішньої поверхні огорожі, що гарантує від осадження на ній конденсату;
- зволожений режим огорожі, що впливає на її теплозахисні якості і довговічність.

Створення мікроклімату всередині приміщення забезпечується за рахунок: відповідної товщини захисної конструкції; потужності систем опалення, вентиляції або кондиціонування.

Формула розрахунку загального опору теплопередачі багатошарових огорожень включає послідовно несучі та огорожувальні елементи [6]:

$$R_0 = R_v + R_{п.п} + R_{н.к} + R_{о.к} + R_n,$$

де R_v – опір теплообміну у внутрішній поверхні конструкції, $m^2 \cdot K / Вт$;

R_n – опір теплообміну у зовнішній поверхні конструкції, $m^2 \cdot K / Вт$;

$R_{п.п}$ – опір теплопровідності повітряного прошарку, приймається відсутнім внаслідок щільного закріплення панелей на основі цементним розчином, $m^2 \cdot K / Вт$;

$R_{н.к}$ – опір теплопровідності несучої конструкції, $m^2 \cdot K / Вт$;

$R_{о.к}$ – опір теплопровідності огорожувальної конструкції (теплоізоляційна панель), $m^2 \cdot K / Вт$.

Для розрахунків параметрів теплозахисних панелей враховувались вимоги [1] щодо основних параметрів теплоізоляції:

- мінімально допустимі значення опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій $2,8 m^2 \cdot K / Вт$;
- нормативні теплові витрати на опалення для житлових будинків в залежності від поверховості (для 4...9 поверхів – $48 кВт \cdot год / m^3$; для 10...16 поверхів – $42 кВт \cdot год / m^3$);
- допустима температура приміщень $21 \text{ }^\circ\text{C}$;
- максимальна зовнішня температура для II температурної зони України в холодний період року $t = -19 \text{ }^\circ\text{C}$.

Визначивши теплові характеристики будинку та допустимі параметри мікроклімату приміщення, опір теплопровідності $R_{o,k}$ навісної панелі дорівнює:

$$R_{o,k} = R_0 - (R_v + R_{п.п} + R_{н.к} + R_n),$$

$$R_{o,k} = \delta_{із} / \alpha_v ,$$

де $\delta_{із}$ – товщина теплоізоляції, м;

α_v – коефіцієнт теплопровідності зовнішньої поверхні теплозахисної огорожі, Вт / (м · К).

При визначеному опорі $R_{o,k}$ і нормативної величини матеріалу теплозахисної панелі α_v знаходиться її товщина:

$$\delta_{із} = R_{o,k} \cdot \alpha_v .$$

Результати розрахунків параметрів необхідного теплозахисту для стіни будинків із різних однорідних матеріалів наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

Необхідна товщина теплозахисту стін з однорідних матеріалів

№	Матеріал стіни	Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт / (м · °С)	Необхідна товщина, м
1	Пінопласт	0,037	0,11
2	Ековата	0,041	0,12
3	Ізовер	0,044	0,13
4	Газобетон	0,183	0,54
5	Пінобетон	0,21	0,62
6	Цегла RAUF 2.1 NF (трепельна)	0,27	0,79
7	Силікатна цегла	0,87	2,56
8	Залізобетон 2500 кг/м ³	1,7	5,1

Номограми потрібної товщини теплозахисту стін для матеріалів із табл. 1 представлено на рис. 2.

З врахуванням наведеної методики розрахунків вибрано теплозахисний матеріал і його параметри. Навісні теплоізоляційні панелі з пінополістиролу типу ПСБ-С-25 були випробувані на ряді будівельних об'єктів. Розроблено технологічну карту послідовності процесу формування теплоізоляційного покриття:

- панелі виготовлялись за заданою формою в промислових умовах з нанесенням покриття з кварцового піску фракції 0,2...0,5 мкм або мармурової крихти;

- на стіні будівлі (основи) знизу встановлювали стартову планку;
- на поверхню стіни наносився розчин цементу і прикріплювали першу панель із попередньо заповненими пазами розчином цементного клею. Панель додатково закріплювали анкерами;
- зверху наступну панель встановлювали таким чином, щоб довгий паз (замок) закривав головки анкерів;
- при встановленні панелей наступного ряду вертикальний стик укривався піною для полістирольних плит і до нього стикувалася попередньо підготовлена бічна панель;
- після закінчення монтажу додатково зашпаровувалися вертикальні шви між панелями (рис. 3).

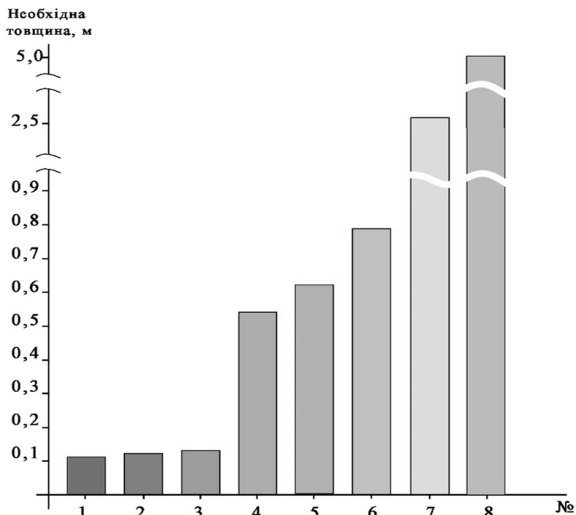


Рис. 2. Номограми потрібної товщини стін для забезпечення нормованого теплозахисту робочих приміщень будівлі

Проведено випробування міцності та експлуатаційних властивостей навісної панелі з використанням у якості покриття кварцового піску та мармурової крихти (табл. 2).

Результати випробувань показали, що нове покриття перевищує вимоги ДСТУ: за міцністю зчеплення – на 40 %, за коефіцієнтом водопоглинання – у 1,27...1,33 рази, а холодостійкість відповідає нормативним вимогам.

Навісні панелі можуть піддаватися багаторазовому покриттю фарбами на водній основі, а покриття панелей мармуровою крихтою як екологічно чистим матеріалом усуває мікротріщини та полегшує вагу конструкції. Таке покриття

не боїться високих і низьких температур, має міцний та еластичний захисний шар. Зовнішній декоративний шар не відшаровується та не розтріскується з осипанням.

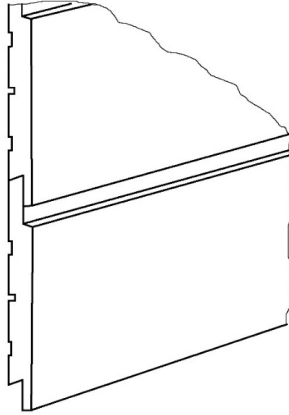


Рис. 3. Схема монтажу панелей

Таблиця 2.

Результати випробувань панелей

Найменування показника	Вимоги		Фактичні показники для покриття	
	для підгрупи ФС [7]	для полімерного декоративного шару [8]	на кварцовому піску	на мармуровому борошні
Міцність зчеплення з основою, МПа	не менше 0,3	не менше 0,5	0,42	0,36
Коефіцієнт водопоглинання, за добу, кг/м ²	не менше 0,2	не менше 0,2	0,105	0,158
Холодостійкість, циклів	не менше 50	не менше 50	витримує 50	витримує 50

Висновки. Визначено ряд недоліків розповсюджених навісних панелей будівель та споруд, які знижують їх теплоізоляційні властивості в холодний і жаркий періоди року. Виділено необхідність підвищення герметичності закріплення панелей до вертикальних стін об'єкту, та можливості серійного виробництва в промислових умовах.

Розроблена конструкція навісної панелі промислового виробництва із спеціальними пазами на внутрішній і зовнішній стороні, що забезпечує підвищену герметичність, високу надійність кріплення. Панелі мають міцне зчеплення з основою, що захищає їх відрив при дії вітрових і температурних

навантажень.

Представлено методику розрахунків допустимих параметрів утеплювачів з вибором ефективних теплоізоляційних матеріалів.

Проведено експериментальне і аналітичне дослідження міцності зчеплення з основою та експлуатаційних властивостей панелей з різним покриттям. Доведено можливість суттєвого зменшення часу монтажу теплового укриття об'єкту та зниження обсягу ручної праці.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 31 с. (Державні будівельні норми України).
2. Патент України № 10001, МПК 7 E04F13/00. Лищовальна плита / Чернуха М. І., заяв. 22.04.2016 ; опубл. 17.10.2005. Бюл. № 10, 2005.
3. Способ установки теплоизоляционных панелей: пат. 2468165 Российская Федерация: МПК E04F13/08; заявл. 22.10.08; опубл. 27.11.2012.
4. Васильченко О.В. Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій. Харків: НУЦЗУ, 2010. 372 с.
5. Навісна теплоізоляційна панель для будівель і споруд: пат. 111378 Україна: МПК E04F13/08; заявл. 22.04.16; опубл. 10.11.16. Бюл. № 21. 6 с.
6. Лихненко Е.В. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций гражданских зданий. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. 26 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-233:2010. Будівельні матеріали. Суміші будівельні рідкі модифіковані. Загальні технічні умови. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 15 с. (Державний стандарт України).
8. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги. [Чинний від 2009-06-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 20 с. (Державний стандарт України).

к.т.н., доцент Тарасов В.К.,

к.т.н., доцент Банах А.В., доцент Поликарпова Л.В.,

Инженерный институт Запорожского национального университета,
Макушин М.А., ООО «Центр строительных технологий», г. Запорожье

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВНЕШНЕЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Определены причины недостаточной эффективности и надежности

теплоизоляционного укрытия вертикальных стен жилых и промышленных зданий и сооружений. Обоснована и разработана навесная панель промышленного изготовления, которая имеет возможность надежного сцепления с поверхностью укрытия и обеспечивает высокую герметичность соединения. Представлена расчетная схема теплопередачи из рабочего помещения в окружающую среду через несущие стены и разные теплоизоляционные материалы укрытия. Теоретически и экспериментально исследованы позитивные возможности нового укрытия по сравнению с известными разработками. Определены оптимальные параметры укрытия, которые обеспечивают нормативные требования к устройству, и характеристики теплоизоляции.

Ключевые слова: теплоизоляционные укрытия, анализ недостатков, целесообразность, эффективность, герметичность, новизна, расчетная схема, исследование, нормативные требования, оптимальные параметры

Ph.D., as.professor Tarasov V.K., Ph.D.,
as.professor Banakh A.V., as.professor Polikarpova L.V.,
Engineering Institute Zaporizhzhia National University,
Makushin M.A., «Building Technologies Center, Ltd.», Zaporizhzhia

IMPROVEMENT OF EXTERNAL THERMAL INSULATION PROTECTION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

The causes for the lack of efficiency and reliability of the thermal insulation protection of the vertical walls of residential and industrial buildings and structures are identified. It seems necessary to improve further the hinged panels with the modern effective thermal insulation materials for different temperature zones increasing tightness and reliability of fixing and development of rational calculation method taking into account operating conditions and variable weather parameters. A hinged industrial panel that has the possibility of reliable adhesion with the surface of the shelter and provides a high tightness of the connection is substantiated and developed. On the front side, the panel has a cutout up to 1/5 of the vertical size of the panel that consists of the groove, the recess and the slice for locking. On the inside of the panel are trapezoidal grooves in the configuration of «dovetail», between them is a rectangular groove in the middle of the panel. The lock has the appearance of a rectangular slot with an acute angle equal to the slice angle of the panel at the top of it. The cutouts are designed to accommodate the mounting of the panel in the form of polypropylene dowels and decorative embossing or cladding. The grooves are filled with cement and serve to improve the adhesion of the panel to

the insulation surface. A rectangular groove in the middle of the panel is used to prevent the panel from sliding down the wall from the wall and centering the plate. The groove for the lock closes the dowel heads and allows water and moisture to drain from the panels. A design diagram of heat transfer from the working room to the environment through load-bearing walls and various heat-insulating shelter materials is presented. The positive possibilities of the new shelter in comparison with the known developments are theoretically and experimentally investigated. Optimal shelter parameters that provide regulatory requirements for the device, as well as thermal insulation characteristics have been determined.

Keywords: thermal insulation shelters, defect analysis, expediency, efficiency, impermeability, novelty, calculation model, research, normative requirements, optimal parameters

REFERENCES

1. DBN V.2.6-31:2016. Teplova izoliatsiia budivel. [Chynnyi vid 2017-05-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2017. 31 s. (Derzhavni budivelni normy Ukrainy).
2. Patent Ukrainy № 10001, MPK 7 E04F13/00. Lytsuvalna plyta / Chernukha M. I., zaiav. 22.04.2016 ; opubl. 17.10.2005. Biul. № 10, 2005.
3. Sposob ustanovki teploizoliatsionnykh panelei: pat. 2468165 Rossiiskaia Federatsiia: MIIK E04F13/08; zaiavl. 22.10.08; opubl. 27.11.2012.
4. Vasylichenko O. V. Bezpeka ekspluatatsii budivel i sporud ta yikh povedinka v umovakh nadzvychainykh sytuatsii. Kharkiv: NUTsZU, 2010. 372 s.
5. Navisna teploizoliatsiina panel dlia budivel i sporud: pat. 111378 Ukraina: MPK E04F13/08; zaiav. 22.04.16; opubl. 10.11.16. Biul. № 21. 6 s.
6. Likhnenko Ye. V. Teplotekhnicheskii raschiot ograzhdaiushchikh konstruksii grazhdanskikh zdanii. Orenburg: GOU OGU, 2003. 26 s.
7. DSTU B V.2.7-233:2010. Budivelni materialy. Sumishi budivelni ridki modyfikovani. Zahalni tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 2011-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2011. 15 s. (Derzhavnyi standart Ukrainy).
8. DSTU B V.2.6-36:2008. Konstruksii budynkiv i sporud. Konstruksii zovnishnikh stin iz fasadnoiu teploizoliatsiieiu. Klasyfikatsiia i zahalni tekhnichni umovy. [Chynnyi vid 2009-06-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2009. 20 s. (Derzhavnyi standart Ukrainy).