

УДК 691.327, 693.9

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.169.2017.111130>

## ЕФЕКТИВНІ СТІНОВІ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Канд. техн. наук Є. М. Петрикова, асп. О. В. Михайлов (КНУБіА)

## ЭФФЕКТИВНЫЕ СТЕНОВЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Канд. техн. наук Е. Н. Петрикова, асп. А. В. Михайлов (КНУСиА)

## EFFICIENT WALL SYSTEMS FOR OBJECTS OF RAILWAY INFRASTRUCTURE

Associate professor E. Petrikova, PhD student A. Mikhylov (Kyiv National University of Construction and Architecture)

*У статті досліджено можливість застосування різних стінових систем на об'єктах інфраструктури залізниці та проведено порівняння за основними експлуатаційними показниками, які є важливими для забезпечення нормальних умов роботи людей, а саме теплотехнічні показники: теплопровідність матеріалу, опір теплопередачі конструкції, паропроникність, що відповідає за комфортні умови перебування людини в приміщенні. Розглядався також час монтажу конструкції, оскільки час в логістичному бізнесі є одним з основних показників, який впливає на собівартість перевезень.*

**Ключові слова:** *стінові системи, опір теплопередачі, ефективність, довговічність, екологічність, піноперлітобетон, суцільність конструкції, критерії.*

*В статье исследована возможность применения различных стеновых систем на объектах инфраструктуры железной дороги и проведено сравнение по основным эксплуатационным показателями которые важны для обеспечения нормальных условий работы людей, а именно такие теплотехнические показатели: теплопроводность, сопротивление теплопередаче конструкций, паропроницаемость, отвечающая за комфортные условия пребывания людей в помещении. Рассматривалось также время монтажа конструкции, поскольку время в логистическом бизнесе является одним из основных показателей, влияющих на себестоимость.*

**Ключевые слова:** *стеновые системы, сопротивление теплопередаче, эффективность, долговечность, экологичность, пеноперлитобетон, целостность конструкции, критерии.*

*The article explores the possibility of using different wall systems on the objects of the railway infrastructure, and compares the main performance indicators with what are important to ensure the normal conditions of human robots, as well as thermal performance of heat conduction, resistance to heat transfer of structures, vapor permeability, this indicator is responsible for comfortable conditions of people stay in room . The time of installation of the structure was also considered, since time in the logistics business is one of the main indicators that affects the cost price.*

*The comparison was made between the most common wall systems, such as a three-layer wall panel, foam perlite concrete walls, and walls with the use of technology ventilated faced, and facade with a plaster ball. All the presented systems fully comply with the normative requirements*

for construction, but the most suitable ones for the use in the railway infrastructure are options for the construction of structures.

**Keywords:** Wall systems, heat resistance, effectiveness, durability, ecological compatibility, foam-perlite concrete, design integrity, criteria.

**Вступ.** Всі ми знаємо, що залізниця – це не тільки інженерні споруди, які потрібні для забезпечення надійного і стабільного руху потягів, але і об'єкти інфраструктури. Залізничний транспорт неможливо уявити без таких об'єктів інфраструктури, як залізничні вокзали, депо, адміністративні, диспетчерські приміщення та багатьох інших споруд.

До будівель на залізниці ставлять жорсткі вимоги, особливу увагу приділяють таким показникам, як безпечність, оскільки ці будівлі відносять до громадських, деякі будівлі піддаються впливу складних технологічних факторів, таких як струм, перевезення горючих матеріалів, низькочастотна вібрація. Ці аспекти висувають вимоги до горючості матеріалів, з яких виконані будівлі; довговічності будівель, оскільки за допомогою залізничного транспорту перевозять дуже багато агресивних речовин, також відходів, солей та ін. Особливу увагу на залізниці приділяють швидкості зведення конструкцій, оскільки часто будівництво біля залізниці ускладнює рух потягів та призводить до збитків, також важливою потребою є можливість демонтажу і подальшого перенесення конструкції. Тому цікавість викликають ефективні швидкокомтовані стінові конструкції. Будівельні управління при залізниці давно вже обрали технологію «збірних залізобетонних конструкцій» як найбільш швидкий, надійний, економічно доцільний спосіб будівництва. **Зовнішні стіни** – найбільш складна конструкція будівлі. Вони піддаються численним і різноманітним силовим і несиловим впливам. Стіни сприймають власну масу, постійні і тимчасові навантаження від перекриттів і дахів, вплив вітру, деформацій земної поверхні, сейсмічних

сил і ін. Із зовнішнього боку зовнішні стіни підлягають впливу сонячної радіації, атмосферних опадів, змінних температур і вологого зовнішнього повітря, зовнішнього шуму, а з внутрішнього – впливу теплового потоку, потоку водяної пари, шуму. Виконуючи функцію зовнішньої огорожувальної конструкції і композиційного елемента фасадів, а часто несучої конструкції, **зовнішня стіна повинна відповідати вимогам** міцності, довговічності та вогнестійкості, що відповідає класу капітальності будівлі, захищати приміщення від несприятливих зовнішніх впливів, забезпечувати необхідний температурно-вологісний режим огорожувальних приміщень, володіти декоративними якостями. Одночасно конструкція зовнішньої стіни повинна задовольняти індустриальні вимоги, а також економічні вимоги щодо мінімальної матеріаломісткості і вартості, так як зовнішні стіни є найбільш дорогою конструкцією (20-25 % вартості конструкцій будівлі) [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На будівельному ринку України представлено широке розмаїття рішень для стінових огорожувальних конструкцій будівель. Причому різність їх підходів дозволяє робити стінові огорожувальні конструкції ефективними та різноманітними, покращити теплофізичні показники. За рахунок цих матеріалів можливе зменшення витрат енергоносіїв, які у свою чергу є затратним елементом у формуванні собівартості залізничних перевезень. Як показує світова практика, найбільш перспективним конструкційно-теплоізоляційним матеріалом для вирішення зазначених проблем є ніздрюватий бетон, який є одним з найбільш екологічно чистих матеріалів [2]. В порівнянні зі звичайною силікатною

цеглою стіна з ніздрюватого бетону практично в 4 рази легша, її термічний опір вищий більш ніж у 8 разів, а ефективність за термічним опором еквівалентна 55 цеглинам [3]. Ніздрюватий бетон знижує рівень шумів у 10 разів у порівнянні зі звичайним бетоном. Цей матеріал має властивість урівнювати коливання температури і вологості, що забезпечує достатньо високу морозостійкість; його, як деревину, можна пиляти, стругати, свердлити, в нього легко забиваються цвяхи, він не горить, не гниє, не старіє, не виділяє токсичних речовин. За коефіцієнтом екологічності (комфортності) будівлі з ніздрюватого бетону серед усіх будівельних матеріалів знаходяться на другому місці після будівель з деревини [4]. Однак технологічний рівень сучасних ніздрюватих бетонів має певні проблеми. Це стосується як технологічного процесу виготовлення матеріалу, так і його властивостей. Зокрема, технологічний процес виготовлення ніздрюватобетонних виробів відрізняється підвищеною складністю та енергоємністю, внаслідок чого матеріал поступається за вартістю деяким іншим теплоізоляторам, зокрема пінопластам (хоч і значно переважає їх за міцністю, вогнестійкістю тощо). Аналіз останніх тенденцій у галузі вирішення зазначених проблем дозволяє зробити висновок, що перспективними напрямками прогресу в технології ніздрюватих бетонів є вдосконалення технологічного обладнання, оптимізація пористої структури ніздрюватих бетонів, а також модифікування матриці матеріалу в напрямку покращання міцності та інших функціональних властивостей. Розроблені в ДНДІВМ Петропавловським О. Н., Чистяковим В. В., Гелеверою А. Г., Ковальчуком О. Ю. наукові основи управління структурою і властивостями пористих бетонів і композиційних матеріалів з використанням лужних в'язучих систем дозволяють прогнозувати можливість розробки теплоізоляційних та теплоізоляційно-конструкційних пінобе-

тонів неавтоклавного тверднення середньою густиною менше  $550 \text{ кг/м}^3$ .

**Мета роботи.** Метою роботи було дослідження можливості застосування стінових систем в будівництві залізничних інфраструктурних об'єктів, визначення найбільш ефективних стінових систем саме для залізниці, порівняння основних переваг та недоліків цих стінових систем.

**Методи дослідження.** Для порівняння стінових систем використовували стандарти [3, 9]. За допомогою цих стандартів проводився порівняльний аналіз конструкцій.

**Результати проведених досліджень.** *Тришарова зовнішня стінова панель товщиною 400 мм.* Панельне будівництво було і є дуже популярним рішенням, оскільки дозволяє звести до мінімуму «мокрі» процеси, що призводить до підвищення швидкості будівництва, стабільної якості будівель, здешевлення собівартості будівництва [5]. Тому така технологія має широке розповсюдження в країнах зі стабільною економікою. Поділяють тришарові стінові панелі (рис. 1) за типом теплоізоляційного шару:

- пінополістирол – в них найменша собівартість, але найгірша екологічність, цей утеплювач можна вважати ефективним і довговічним;

- мінераловатні – висока собівартість, добра екологічність, невисока довговічність у вологих умовах, прекрасна пожежобезпечність за стандартом Г4.

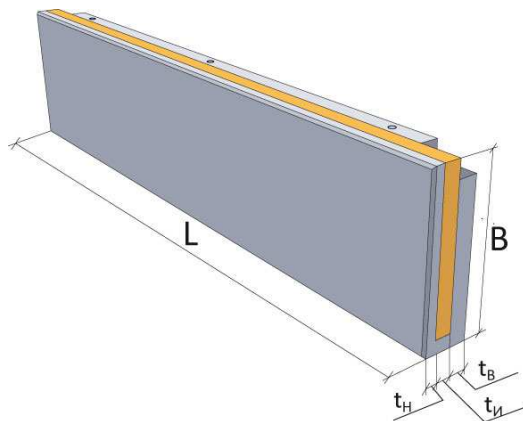


Рис. 1. Модель тришарової стінової панелі

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорі огорожувальної конструкції [3] розраховується за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де  $\alpha_B$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · К), які приймаються згідно з додатком Е;

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, м<sup>2</sup> · К/Вт;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К).

Теплопровідності, елементів стінової панелі:

- бетон товщиною 160 мм –  $\lambda_p = 2,04$  Вт/(м · К);

- плити пінополістирольні товщиною 170 мм ПСБ-С 35 –  $\lambda_p = 0,05$  Вт/(м · К);

- цементно-піщаний розчин товщиною 5 мм –  $\lambda_p = 0,81$  Вт/(м · К).

Опір теплопередачі тришарової стінової панелі товщиною 400 мм

$$R = \frac{0,16}{2,04} + \frac{0,17}{0,05} + \frac{0,16}{2,04} + \frac{0,05}{0,81} = 3,46 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Використовувані при панельному будівництві стіни являють собою бетон, плити пінополістирольні, цементно-піщаний розчин. Перевагами такої технології можна вважати швидкий монтаж, що дозволяє підтримувати високі темпи зведення нових об'єктів, низьку собівартість будівництва, стабільність якісних показників будівель.

Недоліками технології тришарової зовнішньої стінової панелі можна вважати неекологічність при використанні як теплоізолятора пінополістиролу, низьку паропроникність, що може призводити до конденсації вологи на поверхні стіни, зовнішній вигляд, який потребує

оздоблення для надання конкурентного вигляду, неможливість ремонту утеплювача або його поновлення обмежує строк служби конструкції і зводить строк ефективної експлуатації до строку служби утеплювача.

**Піноперлітобетонна зовнішня стінова панель товщиною 480 мм.** Піноперлітобетонні стінові панелі відносяться до класу цілісних панелей – це такі панелі, цілісність конструкції яких утворюється під час формування (без наступного з'єднання її окремих армованих бетонних або інших основних елементів між собою). Перлітобетонні зовнішні стінові панелі мають багато особливостей, які якісно вирізняють їх з-поміж інших представлених стінових систем. Перевагою перлітобетонних стінових панелей є те, що всі компоненти, які застосовуються для виробництва перлітобетону, є українськими. Особливу цікавість викликає можливість виготовлення перлітобетонів на потужностях звичайних бетонних заводів. Цей факт надає широкі можливості розповсюдження цієї технології на теренах нашої держави.

Стінову панель шириною 480 мм суцільно литу подано на рис 2. Вона має високі теплотехнічні характеристики, а саме опір теплопередачі 4 Вт/м · К. Цей показник не тільки відповідає вимогам норм, а навіть перевищує їх. Поверхня виробу має декоративний ефект (рис. 3), чимось нагадує штукатурку короїд або барашок, тому поверхня виробу не потребує оздоблювальних робіт. Ці фактори зумовлюють широкі можливості застосування піноперлітобетонних стінових панелей в народному господарстві, житловому будівництві та різних об'єктах інфраструктури.

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорі огорожувальної конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де  $\alpha_6$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м<sup>2</sup> · К), які приймаються згідно з додатком Е;

$R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару конструкції, м<sup>2</sup> · К/Вт;

$\lambda_{ip}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К).



Рис. 2. Стінова панель фасадна



Рис. 3. Фотографія фасадної частини стінової панелі

Теплопровідності, елементів стінової панелі:

- піноперлітобетон в умовах експлуатації -  $\lambda_p = 0,19$  Вт/(м · К);

- опір теплопередачі піноперлітобетонної стінової панелі 480 мм;

- в сухому стані  $R = \frac{0,48}{0,19} = 2,52$  м<sup>2</sup> · К/Вт;

- в умовах експлуатації  $R = \frac{0,48}{0,19} = 2,52$  м<sup>2</sup> · К/Вт.

Особливу увагу хотілось би приділити довговічності [6] перлітобетонних панелей, адже багатьом відомо, що основними конкурентами в галузі для них є пінополістирол і мінеральна вата, але їх головний недолік – це недовговічність (15-25 років експлуатації, після яких пінополістирол і мінеральна вата втрачають свої функціональні властивості). Це зумовлено

багатьма факторами зволоженням (мінеральна вата) є гідрофільним матеріалом і зволоження призведе до втрати функціональних властивостей всієї системи. Перлітові панелі в свою чергу можуть прослужити 50 років і більше без втрати своїх теплофізичних властивостей.

Також характерною особливістю піноперлітобетонних панелей є звуко- і віброзахисні властивості [7]. Ці показники дуже важливі для залізниці, оскільки будови біля залізниці мають постійні вібраційні і звукові навантаження.

**Стіни з використанням технології вентильованих фасадів.** Найбільш перспективними вважаються навісні вентильовані фасадні системи з повітряним зазором (рис. 4, 5). Ця конструктивна система дозволяє не лише утеплити фасад,



але і застосовується просто для облицювання і захисту огорожувальних конструкцій, а також надає архітектурної виразності будівлі. Навісна фасадна система з повітряним зазором називається вентильованим фасадом [8].

Одним з основних критеріїв вибору теплоізоляційних матеріалів для вентильованих систем є середня густина матеріалу [9]. При збільшенні поверховості зростає і середня густина використовуваних теплоізоляційних плит.

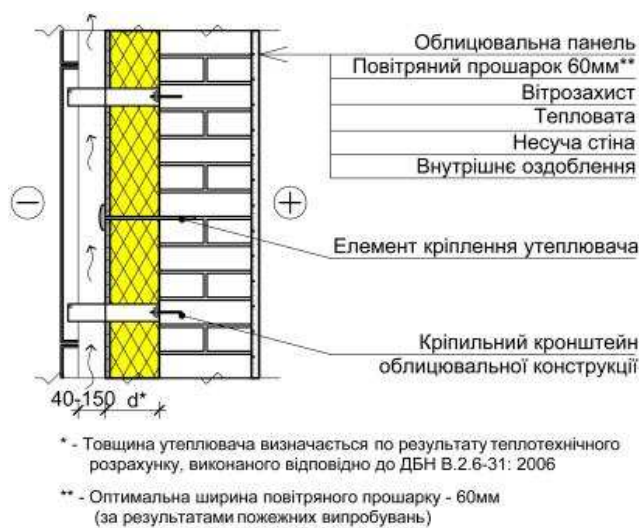


Рис. 4. Схема утеплення вентильованого фасаду

При висоті будівлі більше ніж 10 метрів вже рекомендується застосування плит щільністю більше  $70 \text{ кг/м}^3$ . Такі плити гнучкі і в той же час досить жорсткі, їх можна надійно зафіксувати у вертикальному положенні (вони не сповзають). Досить часто у будівельній практиці використовується двошарова ізоляція, що в принципі добре, оскільки плитами другого шару теплоізоляції вдається перекрити стики плит першого шару і цим зменшити тепловтрати.

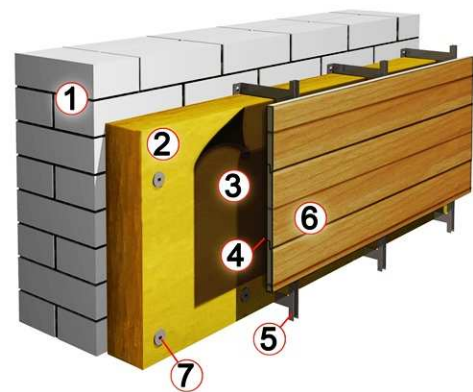


Рис. 5. Вентильований фасад

Утеплювач в даному випадку кріпиться до несучої стіни дюбелями або вставляється в кістяк (який кріпиться до стіни). Для такого фасаду краще застосовувати мінеральну вату (у плитах) з щільністю від 45 до  $100 \text{ кг/м}^3$ . Утеплювач треба обов'язково захищати зовні вітрозахисною супердифузійною мембраною.

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огорожувальної конструкції розраховується за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ p}}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де  $\alpha_{\text{в}}$ ,  $\alpha_3$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

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

$\lambda_{i \text{ p}}$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Теплопровідності елементів системи з використанням системи «вентильований фасад»:

- теплопровідність керамічної цегли,  $\lambda_{\text{р}} = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ , товщина півцегли 380 мм для формули 0,38 м;

- у скороченому вигляді  
 $R = \frac{0,38}{0,58} = 0,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт};$   
 - мінеральна вата в умовах експлуатації -  $\lambda_p = 0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}.$

Опір теплопередачі в цілому системи в умовах експлуатації

$$R = \frac{0,48}{0,19} + \frac{0,1}{0,05} = 2,65 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Разом з іншими способами утеплення в Україні набули популярності системи

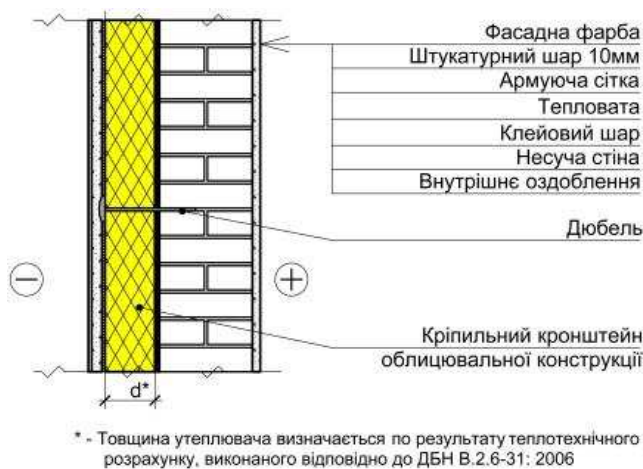


Рис. 6. Схема утеплення фасаду "мокрим" методом в розрізі

Опір теплопередачі системи, яка використовує як несучий елемент газобетон товщиною 300 мм і як утеплювач мінеральну вату, в умовах експлуатації

$$R = \frac{0,3}{0,15} + \frac{0,1}{0,06} = 3,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Цей показник відповідає нормам [3] та навіть перевищує їх.

Важливими факторами, які впливають на якість та довговічність такого фасаду, є: склосітка, яка запобігає утворенню тріщин, що зумовлені усадковими процесами в гідроізоляційній цементній клейовій суміші, яка безпосередньо впливає на

зовнішньої теплоізоляції будинків [10] зі штукатуркою, або "мокрі" фасади (рис. 6, рис.7). Цей спосіб утеплення часто застосовують при реконструкції і капітальному ремонті, заздалегідь обстеживши технічний стан фасаду, що утеплюється. Важливим чинником безпроблемного функціонування такої системи є міцність і надійність основи огорожувальної конструкції, на яку монтується система. Для утеплення застосовується мінеральна вата, середня густина якої не нижче 140 кг/м³.

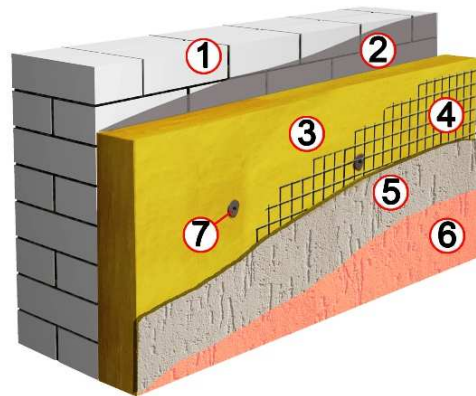


Рис. 7. Схема утеплення фасаду "мокрим" методом:

- 1 – несуча стіна; 2 – клейовий шар;
- 3 – мінеральна вата; 4 – армуюча сітка;
- 5 – штукатурний шар; 6 – фасадна фарба; 7 – дюбель

довговічності теплоізоляційної системи в цілому, оскільки теплоізолятор (мінеральна вата) є гідрофільним матеріалом і зволоження призведе до втрати функціональних властивостей всієї системи [10].

#### Висновки:

1. Проведені дослідження виявили основні технологічні переваги та недоліки стінових систем та окреслили перспективи подальшого застосування цих стінових систем в будівництві на залізниці, але з обов'язковим підбором стінових систем під конкретні умови експлуатації споруди:

- застосування технології збірних перлітобетонних стінових панелей має ряд переваг в порівнянні з іншими технологіями, оскільки застосовується суцільна готова конструкція панелі і робота не супроводжується «мокрими» процесами, що сприяє пришвидшенню здачі в експлуатацію;

- через те, що піноперлітобетонні стінові панелі мають низьку вагу, виготовлені з використанням ефективної конструкційно-теплоізоляційної піноперлітобетонної суміші, яка після набору марочної міцності має насипну

густину 600 кг/м<sup>3</sup>, такі конструкції легкі в монтажі та дозволяють застосовувати малі підйомні механізми;

- теплозахисні показники цих систем приблизно однакові і відповідають стандарту [3], але з попередніх досліджень було виявлено різні показники довговічності таких стінових систем, що є дуже важливим показником для експлуатації та зменшення витрат на фонди. За цим показником найцікавіше виглядають стінові системи з піноперлітобетону.

2. Всі ці переваги зумовлюють можливість використання піноперлітобетонних стінових систем для будівництва різноманітних об'єктів на залізниці.

### *Список використаних джерел*

1. Кожевников, И. Г. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения / И. Г. Кожевников, И. Н. Бутовский // Методы определения сопротивления теплопередаче гражданских конструкций. – М.: НИИСФ Госстроя СССР, 1984. – 95 с.
2. Krivenko, P. V. Heat-Resistant Cellular Concretes Based on Alkaline Cements [Text] Krivenko P.V. Kovalchuk O.Yu. // Use of Foamed Concrete in Construction: Proc. Intern. Conf. "Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities". – Scotland, UK, 2005. – P. 97-104.
3. ДБН В.2.6-31:2013 Конструкції будинків і споруд. Конструкції. Теплова ізоляція будівель [Текст]: чинний від 2013-09-01. – К.: Укрархбудінформ. – 62 с. – (Державний стандарт України).
4. Энергозбереження в капітальному будівництві [Текст] / Ю. Г. Ковальчук, С. Р. Крамаренко, В. Т. Дуров [та ін.] // Доповіді наук.-техн. конф. "Будівельні матеріали ХХІ-го століття: комфорт житла та енергозбереження". – К.: НДІБМВ, 1998. – С. 19-30.
5. Сажнев, Н. П. Ячеистый бетон – современный строительный материал [Текст] / Н.П. Сажнев, Н.Н. Сажнев // Теория и практика применения ячеистого бетона в строительстве: сб. науч. тр. – Днепропетровск: ПГАСА, 2005. – Вып. 1. – С. 25-31.
6. Давидюк, А. Н. Конструкционно-теплоизоляционные легкие бетоны [Текст]: справочник / А.Н. Давидюк. – Ростов н/Д., 2010. – 22 с.
7. Михайлов, О. В. Ефективні будівельні матеріали [Текст] / О.В. Михайлов, Є.М. Петрикова // Доповіді наук.-техн. конф. "Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка: «Особливості підбору складу піноперлітобетону». – К.: НДІБМВ, 2015. – №56. – 67 с.
8. Горяйнов, К. Э. Технология теплоизоляционных материалов и изделий [Текст] / К. Э. Горяйнов, С. К. Горяйнова. – М.: Стройиздат, 1982. – 376 с.
9. ДБН В.2.6-33:2008. Конструкції будинків і споруд. Стіни. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією [Текст]. – чинний від 2008-12-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 21 с.



10. ДБН В.2.6-33:2008. Конструкції будинків і споруд. Стіни. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією [Текст]. – чинний від 2008-12-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 21 с. – (Державний стандарт України).

---

Петрикова Євгенія Миколаївна, канд. техн. наук, доцент, Київський національний університет будівництва та архітектури. E-mail: jeki2008@i.ua.

Михайлов Олексій Вікторович, аспірант кафедри технологій будівельних конструкцій Київського національного університету будівництва та архітектури. Тел.: +38068-357-42-52. E-mail: alexmikh92@yandex.ua.

Petrikova Evgeniya, associate professor, PhD., Department of technology building construction, Kyiv National University of Civil Engineering & Architecture. E-mail: jeki2008@i.ua.

Mikhylov Alexey, student. Ph.D, Department of technology building construction, Kyiv National University of Civil Engineering & Architecture. Tel.: +38068-357-42-52. E-mail: alexmikh92@yandex.ua.

Стаття прийнята 10.05.2017 р.