

УДК 674.817-41: 692.23

М.Д. Мельничук, В.М. Скуба, Д.А. Гусачук, П.О. Лисюк

Луцький національний технологічний університет

РОЗРОБКА МОНОЛІТНОГО ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ СПУЧЕНОГО ПЕРЛІТУ

У статті приведено результати дослідження оптимального складу монолітного теплоізоляційного матеріалу на основі спученого перліту родовища «Фогош» (Закарпатська обл., Україна). Досліджено основні фізико-механічні властивості даного матеріалу та відповідність стандарту. Встановлено, що досліджуваний монолітний термперліт відповідає вимогам ДСТУ та може бути рекомендований, як теплоізоляційний матеріал для ізоляції енергетичного і нагрівального технологічного устаткування з температурою робочої поверхні від +370 до +870К.

Ключові слова: спучений перліт, монолітний термперліт, рідке скло, теплоізоляція

М.Д. Мельничук, В.М. Скуба, Д.А. Гусачук, П.О. Лисюк

РАЗРАБОТКА МОНОЛИТНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВНИИ ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТА

В статье приведены результаты исследования оптимального состава монолитного теплоизоляционного материала на основе вспученного перлита месторождения «Фогош» (Закарпатская обл., Украина).. Исследованы основные физико-механические свойства данного материала и соответствие стандарту. Установлено, что исследуемый монолитный термперлит соответствует требованиям ГОСТ и может быть рекомендован, как теплоизоляционный материал для изоляции энергетического и нагревательного технологического оборудования с температурой рабочей поверхности от +370 до +870К.

Ключевые слова: вспученный перлит, монолитный термперлит, жидкое стекло теплопроводность

M. Melnychuk, V. Skuba, D. Husachuk, P. Lysiuk

DEVELOPMENT OF MONOLITHIC HEAT-INSULATING MATERIAL BASED ON EXPANDED PERLITE

The article presents the results of a study of the optimal composition of the monolithic heat-insulating material based on expanded perlite of deposit "Fogosh" (Zakarpatski region, Ukraine). The basic physical and mechanical properties of this material and compliance with the standard are investigated. It is established that the investigated monolithic thermal perlite meets the requirements of State standards of Ukraine and can be recommended as thermal insulation material for insulation and energy and heating process equipment with the working surface temperature from +370 to +870K.

Keywords: expanded perlite, monolithic thermal perlite, liquid glass, thermal insulation

Постановка проблеми. Спучений перлітовий пісок використовується в якості утеплювача, як у чистому вигляді, так і в теплоізоляційних виробках: будівель, споруд, обладнання. Легкий (45 ... 200 кг/м³) і негорючий пористий матеріал, що працює за температур від -273 ° до +900 ° С.

Лідером у виробництві спученого перліту та продукції з нього є США, де щорічно виробляється близько 7 млн м³ цього продукту. До 2005 року лідерство у цій сфері належало Греції, також великими виробниками на ринку є Японія та Китай.

В Україні функціонує з 1960 року родовище перліту «Фогош» (Закарпатська обл.), запаси якого становлять 13,4 млн. тонн. Закарпатське родовище відоме не лише в Україні, а й далеко за її межами. В Україні перліт переважно застосовують, як засипну теплоізоляцію у чистому вигляді та близько 30% у виробництві сухих будівельних сумішей компаніями «Кнауф Гіпс», «СМС-Кнауф» (Молдова), «Хенкель», «Артіль». Аналіз зарубіжного і вітчизняного досвіду застосування спученого перліту показує, що крім традиційних сфер застосування цього матеріалу, відомих як в Україні, так і за кордоном, з'явилися та інтенсивно розвиваються нові напрямки, які поки мало освоєні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В ході досліджень було проаналізовано наукові статті таких вчених як Г.М. Самадова, У.Р. Усманова, С.В. Бухаров [1], в наукових роботах яких було досліджено теплоізоляційні властивості матеріалів на основі перліту. За останні 15 років інститутом "Теплопроект" (Росія) були розроблені і пройшли всі необхідні екологічні та вогняні випробування такі теплоізоляційні матеріали на основі перліту, як лігноперліт, епсоперліт, термперліт і перлітодіатоміт [2-3]. На сьогодні в Росії відбувається запуск промислових потужностей для виготовлення термперліту. Досить обмежений об'єм опублікованих праць присвячених дослідженню монолітних теплоізоляційних матеріалів на основі перліту, очевидно, що такого роду дослідження становлять великий комерційний інтерес і автори приховують отримані результати.

Постановка завдань. На основі викладеного можна сформулювати завдання дослідження, яке полягає в визначенні оптимального складу, способу формування монолітних матеріалів наповнених спученим перлітом, проведення досліджень на визначення теплопровідності, водопоглинання та сорбційної вологості, міцності на стиск.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для отримання даного матеріалу першочергово необхідно визначити його склад та співвідношення компонентів. Для усунення зайвої вологи композиція виливалась в форми з сітчастим дном. Сушили композит за кімнатної температури та за температур: 90 °С, 120 °С, 140 °С. Використовували форми з суцільним та сітчастим дном.

Експерименти з розробки оптимального складу матеріалу проводилися з використанням симплекс-гратчастого плану (Шеффе) третього порядку. В якості вихідних величин визначалися стандартні фізико-механічні показники для теплоізоляційних матеріалів відповідно до ГОСТ 17177-94: Y1 - щільність матеріалу, ρ , кг / м³; Y2 - міцність на стиск за 10% -вої лінійної деформації [σ_{10}], МПа; Y3 – коефіцієнт теплопровідності. Варіаційними факторами в експерименті являлись (у перерахунку на 1 м³ готового матеріалу): X1 - кількість наповнювача в абсолютно сухому стані, кг; X2 - кількість в'язучого, % від X1; X3 - кількість пластифікатора, % від X1.

Оптимальним складом композиції вважали такий, у якому досягали мінімальної густини і теплопровідності за задовільних значень механічної міцності.

Композиції з кращими значеннями показників представлені в таблиці 1.

Таблиця 1

Масові співвідношення компонентів

№ композиції	1	2	3	4	5
Кількість наповнювача, %	90	80	70	60	50
Кількість в'язучого, %	5	10	15	20	25
Кількість пластифікатора, %	5	10	15	20	25

Компоненти додавались в наступній послідовності: спочатку замішувався пластифікатор, туди додавалась в'язуча речовина, після чого поступово вмішувався перліт.

Для усунення зайвої вологи композиція виливалась в форми з сітчастим дном. Сушили композит за кімнатної температури та за температури 90 °С, 120 °С, 140 °С. Використовували форми з суцільним та сітчастим дном.

Дослідження на водопоглинання матеріалу (згідно ГОСТ 14457 – 90) полягає в вимірюванні маси води, вбраної зразком сухого матеріалу, частково зануреним у воду рисунок 1, протягом заданого часу [5].



Рис.1 Зразки досліджуваних матеріалів

У ванну на сітчасту підставку поміщали зразок і фіксували його положення сітчастим вантажем. Потім заливали у ванну воду температурою 22 °С так, щоб рівень води був вищий навантажувача на 20...40 мм. Через 24 години після заливання води зразок переносили на підставку і через 30 секунд зважували на сухому піддоні. Масу води, що витекла з зразка під час зважування в піддон, включали в масу насиченого водою зразка.

На рисунку 2 показані результати вимірювання водопоглинання. Можна спостерігати, що за різного вмісті в'язучого водопоглинання практично однакове. І не відповідає стандарту. Тобто за рахунок високої

адсорбції перліту матеріал вбирає багато води. Тому потребує гідрофобізації поверхневого шару, що дозволить значно зменшити водопоглинання перлітного матеріалу теплоізоляції, це може бути реалізовано, шляхом введення кремнійорганічних добавок.

В, %

80
70
60
50
40
30
20
10
0

1 2 3 4 5 № композиції

Рис.2 Діаграма коефіцієнта водопоглинання для різних композицій

Суть методу визначення сорбційної вологості (згідно ГОСТ 17177 – 94) полягає в вимірюванні маси води, адсорбованої зразком сухого матеріалу при певних умовах протягом заданого часу.

Пробу масою 35 г поміщали у попередньо висушений і зважений стаканчик і висушували до постійної маси відповідно до розділу, зважують і до проведення випробування зберігають в ексікаторі над хлористим кальцієм. Склянку з пробкою матеріалу поміщали над водою в ексікатор і витримують протягом 24 або 72 год. Потім склянку з пробкою матеріалу виймають з ексікатора і зважують. Обсяг проб матеріалу, одночасно поміщених в ексікатор, не повинен перевищувати 50 % обсягу повітряного простору в ексікаторі.

Сорбційну вологість $W_{\text{сорб}}$ в відсотках визначали за формулою:

$$W_{\text{сорб}} = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} \times 100\% ,$$

де m_1 – маса склянки з пробкою після витримання над водою;

m_2 – маса склянки з пробкою після висушування до постійної маси;

m_3 – маса склянки.

На рисунку 3 зображено результати дослідження сорбційної вологості.

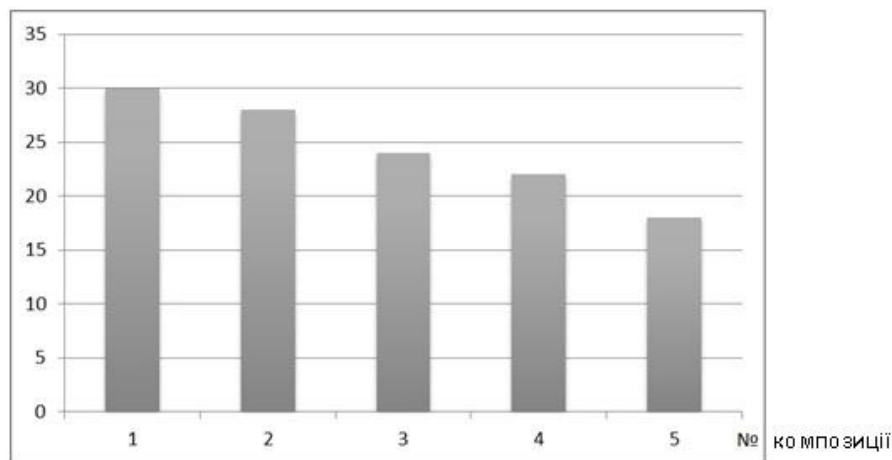
Сорбційна
вологість, %

Рис.3 Діаграма сорбційної вологості для різних композицій

Згідно діаграми сорбційної вологості спостерігається лінійна залежність поглинання вологи за умови збільшення вмісту в'язучого, це можна пояснити тим що в кожному зразку зменшується кількість відкритих пор і поглинання відбувається все менше.

Морозостійкість зразків визначали за ДСТУ Б В.2.7-47-96 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги.

На рисунку 4 зображено результати дослідження морозостійкості.

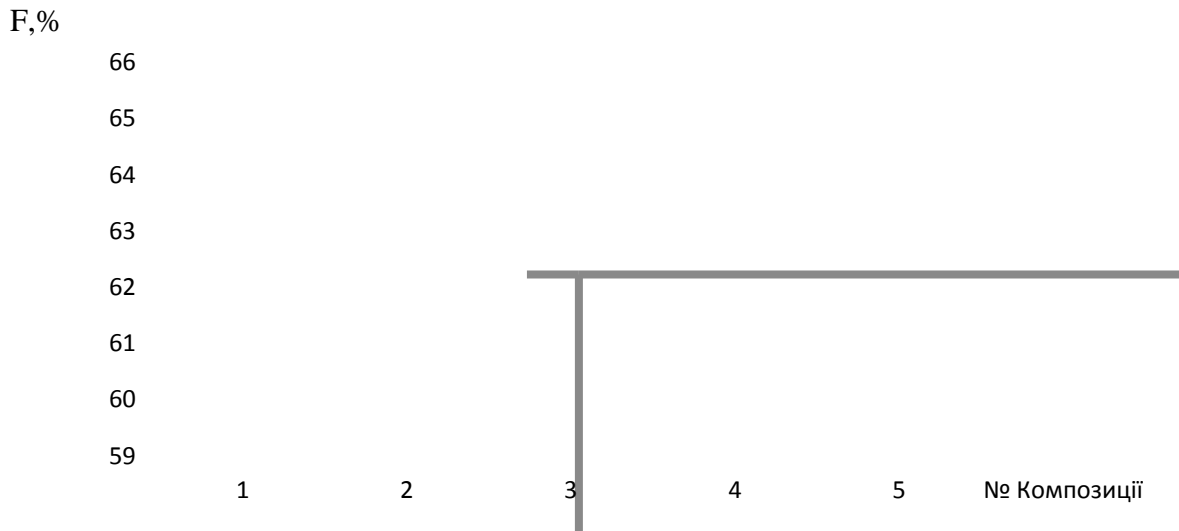


Рис.4 Діаграма морозостійкості для різних композицій

Згідно діаграми спостерігається лінійне зростання морозостійкості за збільшення в'язучого рідкого скла. Одержані дані дають змогу припустити, що за відсутності деструктивних процесів хімічної взаємодії компонентів перліту такий матеріал має вищі характеристики морозостійкості порівняно з перлітом сипучим.

Дослідження міцності на стиск проводили за відомою методикою. Межу міцності на стиск розраховували за формулою

$$R = \frac{P}{S},$$

де P - руйнуюче зусилля, кг;

S - площа зразка, см^2 .

Результати дослідження границі міцності на стиск представлено на рисунку 5.

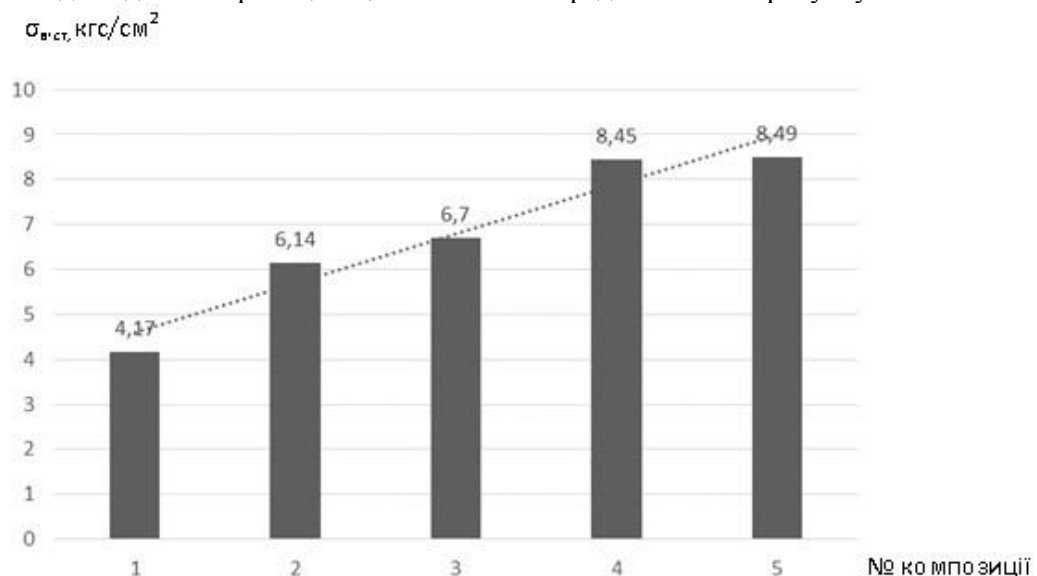


Рис. 5 Залежність зміни границі міцності на стиск для різних композицій

Згідно залежності зі збільшенням вмісту в'язучого покращується міцність матриці, цьому сприяє рідке скло, саме тому композиція витримує вищі навантаження

Визначення теплопровідності здійснювали методом імітаційного моделювання. Зразок поміщається між нагрівачем та охолоджуючим середовищем, так як це показано на рисунку 6.

Тепловий потік проходить від нагрівача II через досліджувані зразки і відводиться протікає через холодильник III водою. Холодильник являє собою ємність зі спіральними канавками, що створюють циркуляцію охолоджувальної води, яка забезпечує однакову температуру на охолоджуваних поверхнях досліджуваних зразків. Для зменшення втрат теплоти через торцеві поверхні зразків у навколишнє середовище передбачений теплоізоляційний кожух I, з асбоцементу. Гарячі спай 1 і 2 термопар розташовані на зовнішній поверхні (яка охолоджується), гарячі спай з 3 по 6 термопари розташовані на внутрішній поверхні (яка нагрівається) зразка, гарячий спай 7 термопари встановлений на зовнішній поверхні теплоізоляційного кожуха і служить для визначення теплових втрат через торцеву поверхню зразків.

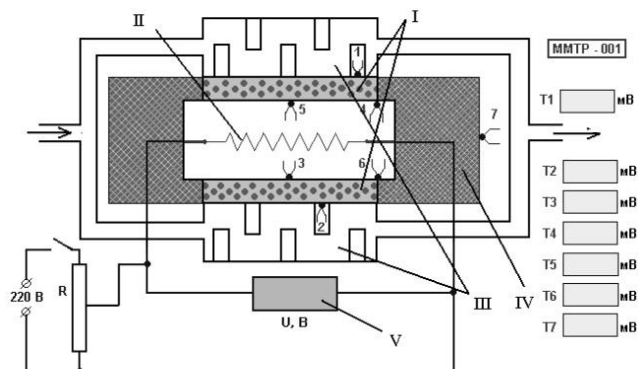


Рис. 6 Експериментальна установка для визначення теплопровідності
(1,2,3,4,5,6,7 – спай термопари)

Значення теплопровідності визначали за формулою:

$$\lambda = \frac{q \cdot \delta}{t_{c_1} - t_{c_2}}$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності;

q – густина теплового потоку, Вт/м²;

δ – товщина стінки, м;

t_{c_1} і t_{c_2} – температура на стінках, °C;

На рисунку 7 зображено результати вимірювання теплопровідності, у вигляді гістограми.

λ , Вт/м·°C

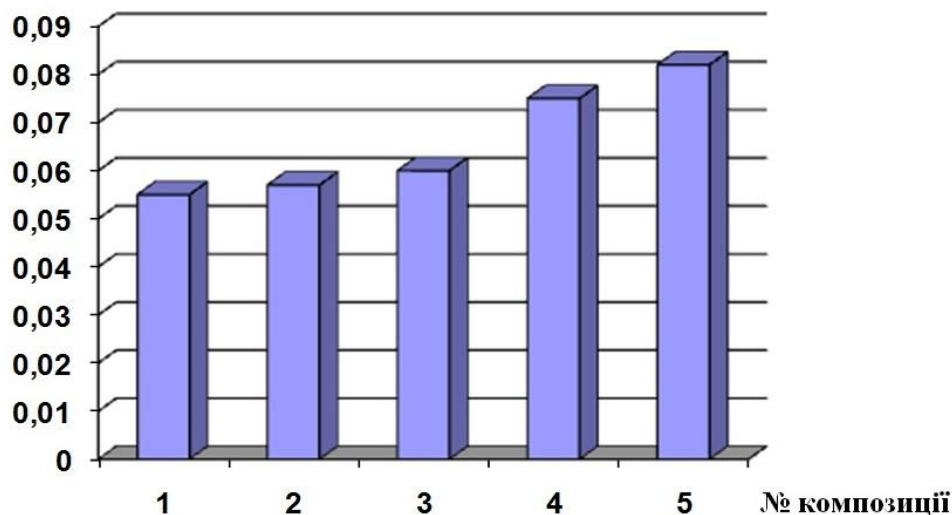


Рис.7 Діаграма коефіцієнта теплопровідності для різних композицій

Як свідчать результати досліджень найкращими характеристиками володіє композиція №3 (теплопровідність – 0,060 Вт/м·°С, водопоглинення – 72 %, сорбційна вологість – 24%, границя міцності на стиск – 6,7 кгс/см².), що забезпечують відповідний склад, спосіб формування та режим відпалу. В даному зразку було використано невелику кількість рідкого скла, та пластифікатора, рідке скло розподілене рівномірно. Сорбційна вологість також покращується за рахунок хороших гігроскопічних властивостей рідкого скла.

Висновки.. Композиція матеріалу під номером 3, найкраще відповідає вимогам ДСТУ до теплоізоляційних матеріалів і за питомою густиною і за теплопровідністю. Однак дані зразки не пройшли випробовування на водопоглинання, тому потребує додаткових заходів гідрофобізації для застосування у промислових та житлових будівельних конструкціях. Монолітний матеріал на основі перліту з використанням в якості в'язучого рідкого скла витримав випробування міцності на стиск і може бути рекомендований, як теплоізоляційний матеріал для ізоляції енергетичного і нагрівального технологічного устаткування з температурою робочої поверхні від + 370 до + 870 К.

1. Самадова Г.М., Усманов У.Р., Усманов Р., Назаров Х.М. Исследование возможности получения термперлитовых теплоизоляционных материалов на основе обсидано-перлитовых пород / Доклады академии наук Таджикистана. Физическая химия. -2013. – том 56 №9. – С.708-713
2. Овчаренко Е.Г. Утеплители на основе вспученного перлита. / журнал Строительные материалы XXI века. Технологии. Оборудование. -2003. №2.- С.18-21.
3. Ермолина, А. В., Миронов, П. В. Теплоизоляционный материал на основе древесно-волоконистых продуктов / Химия растительного сырья. – 2011. – № 3. – С. 197-200.
4. Гнип И.Я., Кершулис В.И., Веялис С.А. Теплофизические свойства эковаты // Строительные материалы. 2000. №11. С. 25-27.