

УДК 691.333

О.А. Григоренко, С.В. Шаповал

Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕЗВИПАЛЮВАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В роботі проведено дослідження фізико-механічних властивостей безвипалювальних будівельних матеріалів на основі місцевої глинистої сировини, отриманих методом формування під тиском та модифікованих шляхом введення комплексних добавок, що містять в своєму складі шлаколузні матеріали – мікрокремнезем, основні шлаки та гідратоване вапно.

Ключові слова: *глина, шлак, вапно, водостійкість, морозостійкість, водопоглинання, міцність на тиск.*

Постановка проблеми

На сьогодні пріоритетним напрямком розвитку промисловості будівельних матеріалів України є ресурсо- та енергозбереження. За сукупністю якісних характеристик будівельної продукції, а також від її собівартості безпосередньо залежить конкурентоспроможність підприємства будівельної галузі.

Вартість будівельних матеріалів залежить від того, з якої сировини вони виробляються, наскільки енергозатратною є технологія їх виробництва і на якій відстані від виробництва матеріалів знаходиться сировинна база. Істотно знизити вартість будівельних матеріалів, зокрема, і будівництва, в цілому, дозволить виготовлення будівельних матеріалів на місці їх споживання з місцевої сировини і з використанням безвипалювальних технологій.

Розробка безвипалювальних водостійких будівельних матеріалів на основі місцевої глинистої сировини є актуальним завданням, яке може бути вирішена шляхом введення активних мінеральних добавок, що сприяють утворенню водостійких новоутворень.

Вирішення завдання отримання безвипалювальних будівельних матеріалів на основі місцевої глинистої сировини, а також дослідження фізико-механічних властивостей таких матеріалів має велике наукове і практичне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Підвищенню водостійкості безвипалювальних будівельних матеріалів на основі місцевої глинистої сировини належної уваги не приділяється. Ряд проведених досліджень [1-4], дозволяють зробити висновок, що підвищення водостійкості можна досягти декількома шляхами:

- включенням до складу сировини в'язучих типу цементу або вапна;

- використанням добавок тваринного і рослинного походження;
- просоченням затверділих виробів смолами;
- обробкою сірчаною кислотою або розчинами лугів.

Зазначені способи підвищення водостійкості матеріалів і виробів на основі глинистої сировини дозволяють отримати «нерозмивні» і «атмосферостійкі» будівельні матеріали. Однак, отримати водостійкі безвипалювальні будівельні матеріали із коефіцієнтом розм'якшення більшим за 0,8 представлені способи не дозволяють.

Аналіз науково-технічної літератури показав, що найбільш перспективним способом захисту від вологи є модифікація глиномаси різними добавками. Застосування їх дозволяє підвищити не тільки водостійкість, а й механічну міцність виробів.

Одним з перспективних напрямків розробки новітніх будівельних матеріалів є використання мінеральношлакових в'язучих, які складаються з 40 - 60% шлаку і 60 - 40% подрібнених гірських порід, геотшлакових, що містять 10 - 20% шлаку і 80 - 90% гірських порід і геосинтетичних (геополімерних) в'язучих з гірських порід з активаторами твердіння і добавками-модифікаторами [5].

Дослідження, які були проведені раніше [6-8], дозволяють стверджувати про можливість отримання безвипалювальних будівельних матеріалів на основі місцевої глинистої сировини з прийнятними міцнісними показниками. Для подальшого впровадження розроблених матеріалів необхідне дослідження їх фізико-механічних показників.

Метою цієї статті є дослідження фізико-механічних властивостей безвипалювальних будівельних матеріалів на основі місцевої глинистої сировини, отриманих методом формування під тиском.

Виклад основного матеріалу

Для дослідження використовувався суглинок родовища цегельної сировини «Харківське-2» з числом пластичності 14,35. Візуально вихідна суміш являє собою пухку породу червоно-коричневого кольору з вмістом карбонатів до 3%.

Гранулометричний і хімічний склад використаної глини представлені в табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Гранулометричний склад використовуваної глини, %

Розмір часток, мм			
більше 0,1	0,1 – 0,05	0,05 – 0,005	менше 0,005
12,32	21,83	44,65	21,20

Таблиця 2

Хімічний склад використовуваної глини

Вміст компонентів, %									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O / K ₂ O	SO ₃	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻
77,20	9,14	3,16	0,61	1,01	2,10	1,31	0,31	3,22	1,94

Дослідження проводили на зразках отриманих модифікацією глини шляхом введення комплексних добавок, що містять в своєму складі шлаколузні матеріали: мікрокремнезем, основні шлаки, а також гідратоване вапно [6] – вапняно-кремнеземистий модифікатор.

Оцінку фізико-механічних властивостей водостійких будівельних матеріалів здійснювали на зразках оптимального складу [8] з розмірами 50×50×50 мм, зачинених у лужному середовищі і обмежених контактних умовах, отриманих пресуванням під тиском 20 МПа, з подальшою температурно-вологісною обробкою при 90-95°C протягом 8 год (в режимі 2+4+2).

Водостійкість зразків оцінювали за коефіцієнтом розм'якшення, який визначали за формулою:

$$K_p = \frac{R_{ст.в}}{R_{ст.сух}} \cdot 100, \quad (1)$$

де $R_{ст.в}$ – границя міцності на стиск водонасичених зразків, МПа; $R_{ст.сух}$ – границя міцності на стиск зразків, висушених до постійної маси, МПа.

Критерієм водостійкості будівельного матеріалу брали коефіцієнт розм'якшення. Матеріал вважається водостійким, якщо його границя міцності в насиченому водою стані зменшується не більше ніж на 20%. Визначення границі міцності зразків матеріалів при стиску в насиченому водою стані проводили відповідно до ДСТУ Б В.2.7-45:2010 [9].

Були проведені дослідження з визначення коефіцієнта розм'якшення зразків будівельного матеріалу на основі необпаленої глини з оптимальним вмістом вапняно-кремнеземистого модифікатора [8] в залежності від гранулометричного складу. Досліджувалися зразки з дисперсністю основних компонентів 0,315, 0,63, 1,25 мм. Результати досліджень наведено в таблиці 3 і на рис. 1.

Таблиця 3

Показники водостійкості будівельних матеріалів на основі необпаленої глини

№/дисперсність	Границя міцності при стиску зразків, МПа		Коефіцієнт розм'якшення, K_p
	сухих, $R_{ст.сух}$	водонасичених, $R_{ст.в}$	
Контрольний зразок (компоненти різного фракційного складу)	19,4	15,7	0,81
1 (1,25 мм)	19,5	15,8	0,81
2 (0,63 мм)	21,7	18,2	0,84
3 (0,315 мм)	24,2	19,8	0,82

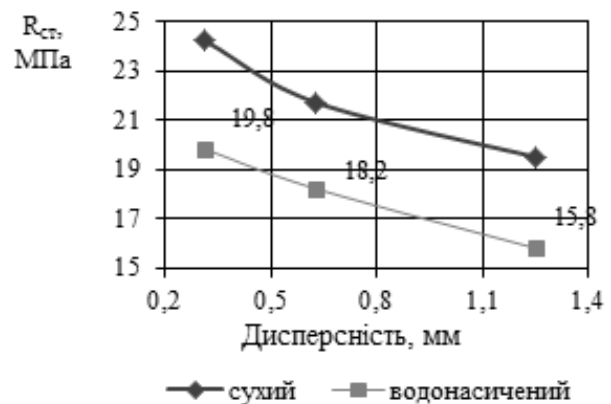


Рис. 1. Залежність границі міцності на стиск в сухому і водонасиченому стані від дисперсності компонентів суміші

Таким чином, згідно з даними в табл. 3 та рис. 1 встановлено, що показники міцності на стиск зростають при збільшенні дисперсності компонентів суміші. Однак, кращі показники по водостійкості має склад з дисперсність 0,63 мм.

Визначення водопоглинання проводили відповідно до ДСТУ Б В.2.7-42-97 [10]. Водопоглинання визначали на 3-х зразках зазначених розмірів, попередньо висушених в сушильній шафі при температурі 105±5°C. Висушені зразки, після визначення маси укладали в посудину з водою при температурі 20±5°C так, щоб рівень води в посудині був вище верху зразків, не менше ніж на 20 мм. У такому положенні зразки витримували протягом 48±1 ч. Після чого їх витягували з посудини, видаляли вологу з поверхні вологою тканиною і зважували.

Водопоглинання зразка (W_i) у відсотках за масою вираховували за формулою:

$$W_i = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (2)$$

де m_1 – маса зразка, насиченого водою, г; m – маса зразка, висушеного до постійної маси, м.

Результати дослідження представлені в табл. 4 як середнє арифметичне значення результатів визначення водопоглинання трьох зразків, розраховане з точністю до 1%.

Таблиця 4

Результати дослідження водопоглинання водостійких будівельних матеріалів на основі необпаленої глини

№	Маса сухого зразка, m, г	Маса насиченого водою зразка, m_1 , г	Водопоглинання, W_m , %
1	201	213	5,97
2	202	225	11,38
3	212	236	6,60
Середнє арифметичне			8

З результатів випробувань (табл. 4) видно, що застосування вапняно - кремнеземистого модифікатора оптимального складу і виготовлення зразків за описаною методикою дозволяє отримати будівельний матеріал з водопоглинанням по масі в межах 8%.

Оцінку морозостійкості зразків визначали по втраті їх маси відповідно ДСТУ Б В.2.7-42-97 [10] в кліматичній камері Feutron. Межею морозостійкості вважали найбільшу кількість циклів, яке матеріал

витримав при втраті маси не більше 5%. Значення втрати маси (Δm) зразків визначали за формулою:

$$\Delta m_i = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \quad (3)$$

де m_1 – маса зразка, насиченого водою, г; m_2 – маса зразка насиченого водою, після потрібного числа циклів випробування, м.

Результати дослідження представлені в табл. 5 як середньоарифметичне значення результатів визначень втрати маси всіх зразків, розраховане з точністю до 1%.

Таблиця 5

Показники морозостійкості водостійких будівельних матеріалів на основі необпаленої глини

Цикл	Маса зразка, г		Втрата маси, Δm , %	Примітки
	насиченого водою, m_1	насиченого водою, після потрібного числа циклів випробування, m_2		
1	225	225	0	-
10	225	225	0	Пошкодження відсутні
20	225	225	0	Пошкодження відсутні
30	225	225	0	Пошкодження відсутні
40	225	223	0,8	Мікротріщини
50	224	222	1,3	Лущення
60	223	221	1,7	Лущення
70	221	219	2,7	Викришування
74	218	212	5,8	Розшарування

Таким чином, результати випробувань показують (табл. 5), що отриманий на підставі досліджень будівельний матеріал з необпаленої глини має морозостійкість до $F = 50$ циклів.

Зовнішній вигляд зразків після випробувань на морозостійкість представлений на рис. 2.

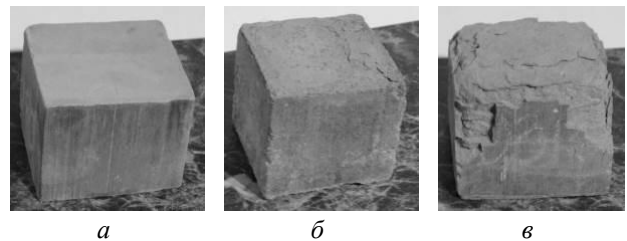


Рис. 2. Зразки після випробувань на морозостійкість: а – до випробувань; б – після 50 циклів; в – після 74 циклів.

Висновки

Таким чином розроблено безвипалювальні будівельні матеріали на основі місцевої глинистої сировини з оптимальним вмістом вапняно-кремнеземистого модифікатора, що містить в своєму складі мікрокремнезем, основні шлаки, а також гідратоване вапно, отриманих методом формування під тиском.

Дослідження фізико-механічних властивостей показали прийнятні показники: міцність на стиск 10,7 МПа, коефіцієнт розм'якшення $K_p = 0,83$, водопоглинання $W_m = 8$ і морозостійкість $F = 50$ циклів, що дозволяє використовувати даний будівельний матеріал у малоповерховому будівництві.

Література

1. Минке, Гернот. Глинобетон и его применение [Текст] / Гернот Минке. – Калининград: ФГУИПП Янтарный сказ, 2004. – 232 с.
2. Minke, G. (2012). Building with earth: design and technology of a sustainable architecture. Berlin: Walter de Gruyter, 199.
3. Калашиников, В. И. Глиношлаковые строительные материалы: монография [Текст] / Под общ. ред. В.И. Калашиникова. – Пенза: ПГАСА, 2000. – 206 с.
4. Ерошкина, Н.А. Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов на основе минерально-щелочных и геополлимерных вяжущих: учеб. пособ. [Текст] / Н. А. Ерошкина, М. О. Коровкин. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 156 с.
5. Калашиников, В. И. Исследование прочностных свойств вибропрессованных и виброуплотненных бетонов на композиционном карбонатношлаковом вяжущем [Электронный ресурс] / В.И. Калашиников, К.Н. Махаметова, А.В. Петухов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/pdf/2015/1/1155.pdf>.
6. Григоренко, О.А. Моделирование властивостей безвипалювальних глинованяношлакових композицій, отриманих методом формування під тиском [Текст] / О.Г. Вандоловський, О.А. Григоренко, О.Б. Деденьова // Системи обробки інформації: Зб. наук. праць. – Харків: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2016. – Вип.3 (140). – С. 199-202.
7. Hryhorenko, O., Lobanova, A., Kazimagomedov, I., Plakhotnikov, K., Lulyko, O. (2017) Influence of complex chemical additives on the water resistant silicate materials. MATEC Web of Conferences. 6th International Scientific Conference "Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings" (Transbud-2017). Retrieved from https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/30/mateconf_tr2017_01005.pdf.
8. Пат. 111316 Україна, МПК C04B 14/10 (2006.01), C04B 7/34 (2006.01), C04B 22/06 (2006.01), C04B 28/08 (2006.01), C04B 111/27 (2006.01). Сировинна суміш для виготовлення безвипалювальних водостійких глиношлакових виробів [Текст] / О.Г. Вандоловський, О.А. Григоренко; заявл. 08.09.2015; опубл. 11.04.2016, Бюл. №7. – 2 с.

9. Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови [Текст]: ДСТУ Б В.2.7-45:2010. – [Чинний від 2010-12-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 43 с. – (Національний стандарт України).
10. Будівельні матеріали. Методи визначення водопоглинання, густини і морозостійкості будівельних матеріалів і виробів [Текст]: ДСТУ Б В.2.7-42-97. – [Чинний від 2010-11-01]. – К.: Держкоммістобудування України, 1997. – 34 с. – (Державний стандарт України).

References

1. Minke, Gernot. (2004). Clay concrete and its application. Kaliningrad: FGUIPP Yantarniy skaz, 232.
2. Minke, G. (2012). Building with earth: design and technology of a sustainable architecture. Berlin: Walter de Gruyter, 199.
3. Kalashnikov, V. I. (2000). Clayslag building materials: monograph. Penza: PGASA, 206.
4. Eroshkina, N.A., Korovkin, M.O. (2013). Resource- and energy-saving technologies of building materials based on mineral-alkaline and geopolymeric binders: study. way. Penza: PGUAS, 156.
5. Kalashnikov, V.I., Makhmetova, K.N., Petukhov, A.V. (n.d.) Investigation of the strength properties of vibropressed and vibrocompacted concrete on composite carbonate-slag binder. Modern problems of science and education. Retrieved from <http://www.science-education.ru/pdf/2015/1/1155.pdf>.
6. Vandolovsky, O.G., Hryhorenko, O.A., Dedenova, O.B. (2016). Simulation of raw clay-calc-slag composites properties of obtained by molding. Systems of information processing: Collected sciences works, 3 (140), 199-202.
7. Hryhorenko, O., Lobanova, A., Kazimagomedov, I., Plakhotnikov, K., Lulyko, O. (2017) Influence of complex chemical additives on the water resistant silicate materials. MATEC Web of Conferences. 6th International Scientific Conference "Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings" (Transbud-2017). Retrieved from https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/30/mateconf_tr2017_01005.pdf.
8. Vandolovsky, O.G. & Grigorenko, O.A. (2011) Pat. 111316 Ukraine, IPC C04B 14/10 (2006.01), C04B 7/34 (2006.01), C04B 22/06 (2006.01), C04B 28/08 (2006.01), C04B 111/27 (2006.01). Raw material for the production of non-combustible water-resistant clays-slag products; stated. 09/08/2015; has published Apr 11, 2011, 7, 2.
9. Building materials. Concretes are carved. General technical conditions: ДСТУ Б В.2.7-45: 2010. - [Valid from 2010-12-01]. - K.: Minregionbud of Ukraine, 2010. - 43 p. - (National Standard of Ukraine).
10. Building materials. Methods of determination of water absorption, density and frost resistance of building materials and products: ДСТУ Б В.2.7-42-97. - [Valid from 11.11.2010]. - K.: State Committee for the Construction of Ukraine, 1997. - 34 p. - (State standard of Ukraine).

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Кондращенко, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ГРИГОРЕНКО Олена Анатоліївна
кандидат технічних наук
Харківський національний університет міського
господарства ім. О.М. Бекетова
E-mail – elenkagrigenko@meta.ua

Автор: ШАПОВАЛІ Світлана Володимирівна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського
господарства ім. О.М. Бекетова
E-mail – svitlana.shapoval@kname.edu.ua

RESEARCH OF PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES WITHOUT KILNS BUILDING MATERIALS

O.A. Hryhorenko, S.V. Shapoval

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Today, the priority direction of the development of the building materials industry in Ukraine is resource and energy conservation. By the combination of qualitative characteristics of construction products, as well as from its cost, the competitiveness of the construction industry depends directly.

The cost of building materials depends on what raw materials they are produced, how energy-consuming is the technology of their production and at what distance from the production of materials is the raw material base. Significantly lower the cost of building materials, in particular, and construction, in general, will allow the manufacture of building materials at the place of their consumption of local raw materials and using non-combustion technologies.

The development of non-combustible water-resistant building materials based on local clay raw materials is an urgent task that can be solved by introducing active mineral additives that promote the formation of water-resistant tumors.

Solving the problem of obtaining non-combustible building materials on the basis of local clay raw materials, as well as studying the physical and mechanical properties of such materials, has great scientific and practical significance.

In this work, the study of physical and mechanical properties of non-combustible building materials on the basis of local clay raw materials, which were obtained by the method of formation of pressure.

Loose deposits of brick raw materials "Kharkivske-2" were used for research. Modification of the studied building materials was carried out by introducing into their composition complex additives containing in their composition slag-materials – microsilica, basic slag and hydrated lime.

The evaluation of the physical and mechanical properties of water-resistant building materials was carried out on samples of an optimal composition with dimensions of 50 × 50 × 50 mm, closed in alkaline medium and limited contact conditions obtained by pressing under pressure of 20 MPa, followed by temperature-humidity treatment at 90-95°C for 8 hours (in mode 2+4+2). The indicators of water absorption, water resistance, compression strength and frost resistance were studied.

Non-combustible building materials on the basis of local clay raw materials with optimal content of limestone-silica modifier with acceptable operational parameters, which allows their use in low-rise building.

Keywords: clay, slag, lime, water resistance, frost resistance, water absorption, compressive strength.