

**ЕФЕКТИВНІ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ
НАНОМОДИФІКОВАНИХ ШЛАКОМІСТКИХ ЦЕМЕНТІВ**

Д-р техн. наук К.К. Пушкарьова, канд. техн. наук М.В. Суханевич, асп. А.С. Марціх

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ
НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫХ ШЛАКОСОДЕРЖАЩИХ ЦЕМЕНТОВ**

Д-р техн. наук Е.К. Пушкарева, канд. техн. наук М.В. Суханевич, асп. А.С. Марцих

**EFFECTIVE WATERPROOFING MATERIALS BASED ON NANOMODIFIED SLAG
CONTAINED CEMENTS**

DSc K.K. Pushkarova, PhD M.V. Sukhanevych, Postgraduate A.S. Martsikh

У статті досліджено вплив вуглецевих нанотрубок, що дисперговані в пластифікаторах, на фізико-механічні властивості штучного каменю на основі шлакомістких цементів, модифікованих природними добавками алюмосилікатного складу, а також властивості гідроізоляційних покриттів, отриманих на їх основі. Показано позитивний вплив комплексної добавки на механічні властивості шлакомісткого цементного тіста та захисні властивості цементно-піщаного покриття за рахунок участі добавки в формуванні новоутворень.

Ключові слова: *шлакомісткий портландцемент, наномодифікація, вуглецеві нанотрубки, пластифікатор, механічні властивості, гідроізоляційні покриття, капілярне водопоглинання.*

В статье исследовано влияние углеродных нанотрубок, диспергированных в пластификаторах, на физико-механические свойства искусственного камня на основе шлакосодержащих цементов, модифицированных природными добавками алюмосиликатного состава, а также свойства гидроизоляционных покрытий, полученных на их основе. Показано положительное влияние комплексной добавки на механические свойства шлакосодержащего цементного теста и защитные свойства цементно-песчаного покрытия за счет участия добавки в формировании новообразований.

Ключевые слова: *шлакосодержащий портландцемент, наномодификация, углеродные нанотрубки, пластификатор, механические свойства, гидроизоляционные покрытия, капиллярное водопоглощение.*

This article research the influence of carbon nanotubes on physical and mechanical properties of artifical stone on the basis of slag contained cements, which are modified by natural additives of aluminosilicate composition. It was found that complex additive dispersion of nanotubes in plasticizers (melamineformaldehyde and lignosulfonate types) positive effect on the strength of slag contained artifical stone. Shown the positive effect of the nanotubes (in an amount of 0,005...0,01% of weight of cement) on the properties of the waterproofing protective coatings. Developed composition of waterproofing materials can be recommended for waterproofing of engineering structures with the aim of increasing their lifetime.

Keywords: *slag containing cement, nanomodification, carbon nanotubes, plasticizer, mechanical qualities, waterproofing coating, capillary water absorption.*

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

Вступ

Бетонні та залізобетонні конструкції залишаються основними спорудами промислового та громадського призначення. Більшість промислових бетонних конструкцій, особливо масивних, запроектовано на тривалий термін – більше 100 років, проте з часом вони починають втрачати свої функціональні властивості. Для запобігання таким явищам використовують захисні та ремонтні тонкошарові покриття, що дозволяють відновити цілісність та працездатність споруд без їх демонтажу.

Відомою нанорозмірною добавкою для модифікації цементних систем та отримання гідроізоляційних покриттів є вуглецеві нанотрубки, що мають ряд унікальних властивостей та викликають інтерес у вчених різних країн [1-3].

Попередніми роботами [4,5] було показано ефективність введення нанотрубок у цементні системи у вигляді дисперсій пластифікаторів різних типів. Присутність наномодифікатора в кількості 0,005...0,015% від маси шлакомісткої в'язучої речовини сприяє підвищенню основних фізико-механічних властивостей штучного каменю. При дослідженні процесів структуроутворення [6] було показано формування більш досконалої структури штучного каменю в присутності 1% вуглецевих нанотрубок в дисперсії пластифікаторів, найефективнішими з яких виявились пластифікатори лігносульфанатного та меламінформальдегідного складів.

Природними добавками, які застосовують для гідроізоляційних сумішей є глини, в тому числі каолін та бентоніт, які виступають в ролі водотримуючого та пластифікуючого компонента при модифікації цементних в'язучих речовин [7]. Використання бентоніту та каоліну для виготовлення гідроізоляційних матеріалів є відомим, проте підвищення їх ефективності в складі цементних систем може бути здійснене шляхом поєднання їх природних

властивостей з найсучаснішими науковими досягненнями нанотехнологій [8].

Мета роботи

Метою роботи є дослідження гідроізоляційних властивостей покриттів, отриманих на основі шлакомісткого цементу, модифікованого комплексною добавкою, що містить вуглецеві нанотрубки та мікронаповнювач у вигляді бентоніту та каолініту.

Сировинні матеріали та методи досліджень

Як сировинні матеріали в дослідженнях використовували портландцемент марки ПЦ-П/А-Ш 400, розчини пластифікаторів лігносульфанатного типу (з незначним вмістом полікарбоксилату) Sika-Plast 520 (ТМ «Sika») та меламінформальдегідного типу Muraplast FK-98 (ТМ «МС-Vauchemie»), фракціонований кварцовий пісок (<0,63 мм) та неочищені багатошарові вуглецеві нанотрубки, що вкриті аерогелем кремнію, з міжплощинними відстанями 0,34...0,36 нм і розміром частинок 60...200 нм.

Вуглецеві нанотрубки вводили в цементну матрицю у вигляді дисперсій пластифікатора в кількості 1% від маси цементу. Вміст нанотрубок в дисперсії складав 0,5, 1 та 1,5% від маси пластифікатора. Дисперсії готували в гомогенізаторі кавітаційного принципу дії, що забезпечує рівномірне розподілення нанотрубок в пластифікаторі.

Для надання цементним покриттям підвищеної водонепроникності були застосовані природні добавки алюмосилікатного складу: бентоніт та каолін. Мікронаповнювачі подрібнювали до питомої поверхні не менше ніж 10 000 см²/г та вводили у кількості 5% від маси в'язучої речовини під час виготовлення гідроізоляційного покриття складу Ц:П=1:1,5.

Міцність цементного каменю визначали на зразках-кубах 2х2х2 см та зразках-балочках 1х1х6 см після твердіння в

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

стандартних умовах протягом 3, 7 та 28 діб. Капілярне водопоглинання покриттів, нанесених на підготовлену бетонну основу, визначали за допомогою трубки Карстена за методикою [9].

Результати досліджень та їх обговорення

Кінетику набору міцності штучного каменю при випробуванні зразків на стиск та на згин наведено на рис.1 та рис.2 відповідно.

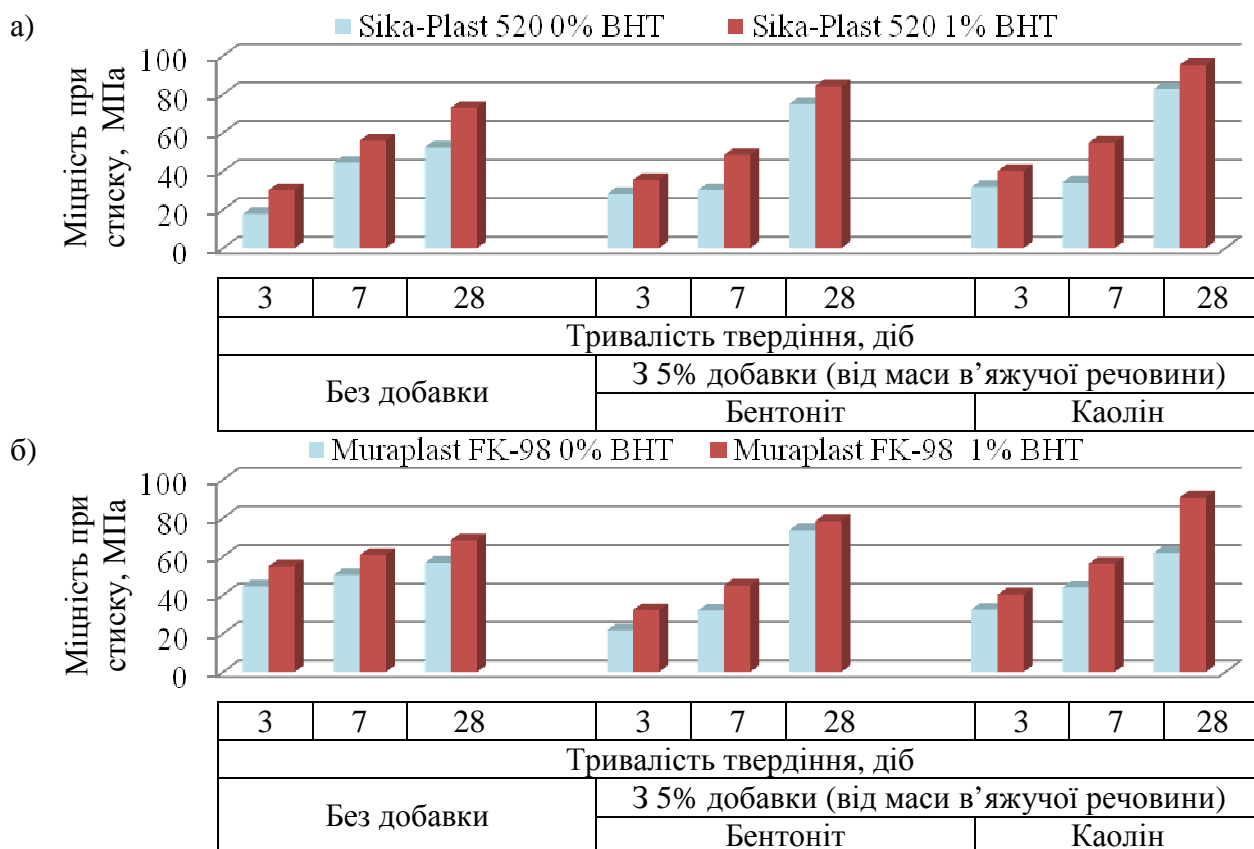


Рис.1. Кінетика набору міцності на стиск цементного каменю на основі шлакомісткого портландцементу, модифікованого природними добавками алюмосилікатного складу та дисперсіями вуглецевих нанотрубок в пластифікаторах: а) Sika-Plast 520, б) Muraplast FK-98

При дослідженні зміни міцності зразків на стиск було встановлено позитивний вплив добавки дисперсій нанотрубок на міцність шлакомісткого цементного тіста та відмічено збільшення міцності всіх складів на 6...45% порівняно з міцністю зразків без нанотрубок.

Застосування добавок алюмосилікатного складу для модифікації шлакомісткого цементу знижує ранню міцність каменю на 3 та 7 добу, проте міцність зразків на 28 добу твердіння вища на 15...30% порівняно зі зразками без добавки глини, при чому найбільше зростання міцності характерне саме для зразків з нанотрубками. Також можна

зауважити, що міцність зразків на стиск з добавкою каоліну дещо вища, ніж з добавкою бентоніту.

Найбільш високим значенням міцності на 28 добу характеризується цементний камінь, модифікований добавкою каоліну та дисперсії нанотрубок на основі пластифікатора Sika-Plast 520 (рис.1, а), міцність якого досягає 95,2 МПа, що на 80% перевищує міцність контрольного складу з добавкою чистого пластифікатора.

Аналогічна тенденція щодо зниження ранньої міцності складів з добавкою глини спостерігається і при визначенні міцності зразків на згин, однак на 28 добу

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

спостерігається підвищення міцності зразків з добавками бентоніту та каоліну. Міцність на згин зразків, модифікованих нанотрубками завжди вища, порівняно з немодифікованими і найвищою є для складу в'язучої речовини на основі шлакомісткого цементу, модифікованого добавкою

бентоніту та дисперсії нанотрубок на основі меламінформальдегідного пластифікатора Muraplast FK-98 і становить 18,8 МПа на 28 добу твердіння, що на 38% більше, ніж міцність контрольного складу з добавкою чистого пластифікатора.

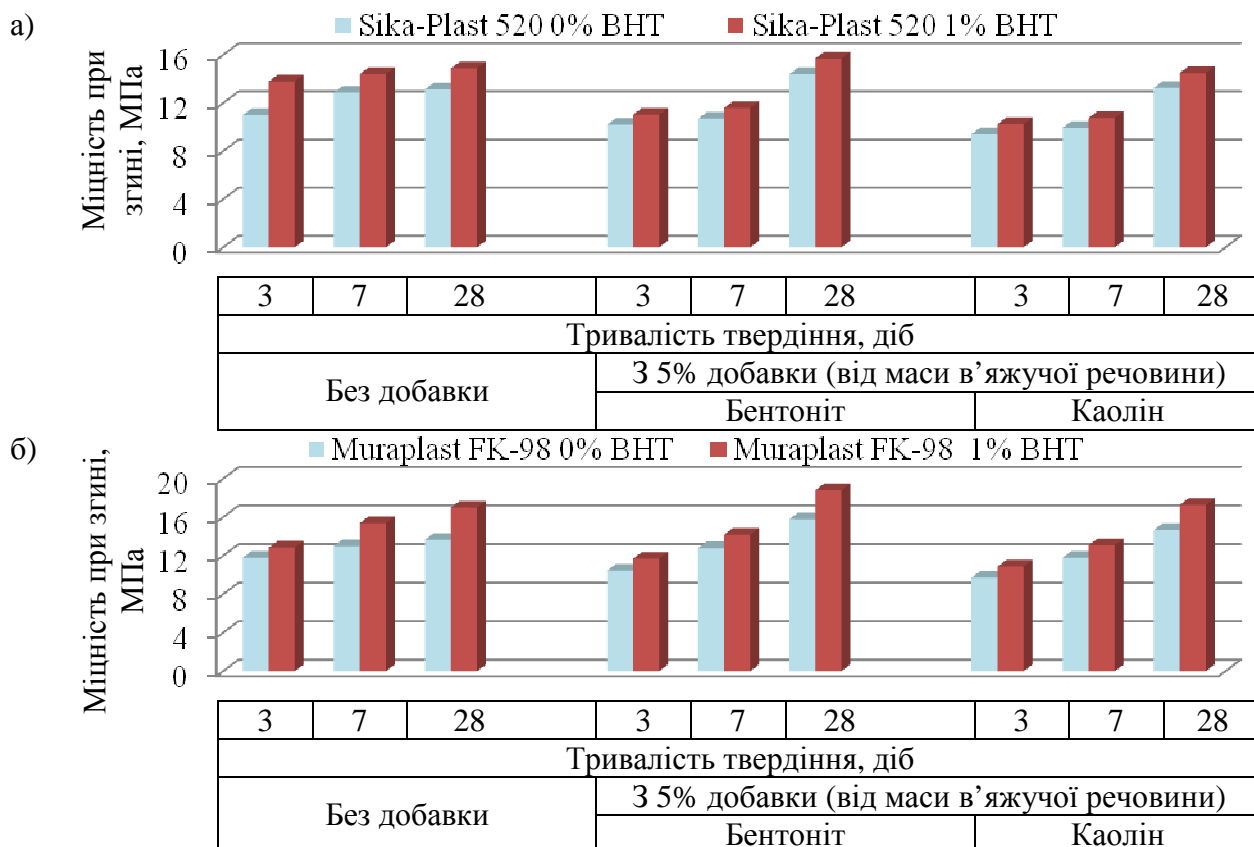


Рис.2. Кінетика набору міцності на згин цементного каменю на основі шлакомісткого портландцементу, модифікованого природними добавками алюмосилікатного складу та дисперсіями вуглецевих нанотрубок в пластифікаторах: а) Sika-Plast 520, б) Muraplast FK-98

Капілярне водопоглинання для гідроізоляційних покриттів на основі шлакомісткого цементу, модифікованого дисперсіями нанотрубок в пластифікаторі та добавками алюмосилікатного складу досліджене за методикою [9], наведено на рис. 3.

Встановлено, що найнижчим водопоглинанням характеризуються покриття на основі шлакомісткого цементу, модифікованого дисперсіями нанотрубок на основі пластифікатора Muraplast FK-98, причому добавка бентоніту сприяє більш

високому зниженню водопоглинання, ніж в разі використання каолініту.

Виявлена тенденція пояснюється особливостями структурної побудови бентоніту та каоліну. Бентоніт має структуру у вигляді шарів, пакети якого пов'язані між собою обмінними катіонами лужних та лужноземельних металів. В результаті взаємодії з водою навколо цих катіонів утворюється водонепроникний гель. Мінерал каолініт також має шарувату будову, але, на відміну від бентоніту, між пакетами існує водневий зв'язок, який не дозволяє йому

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

набухати та утворювати водонепроникний шар.

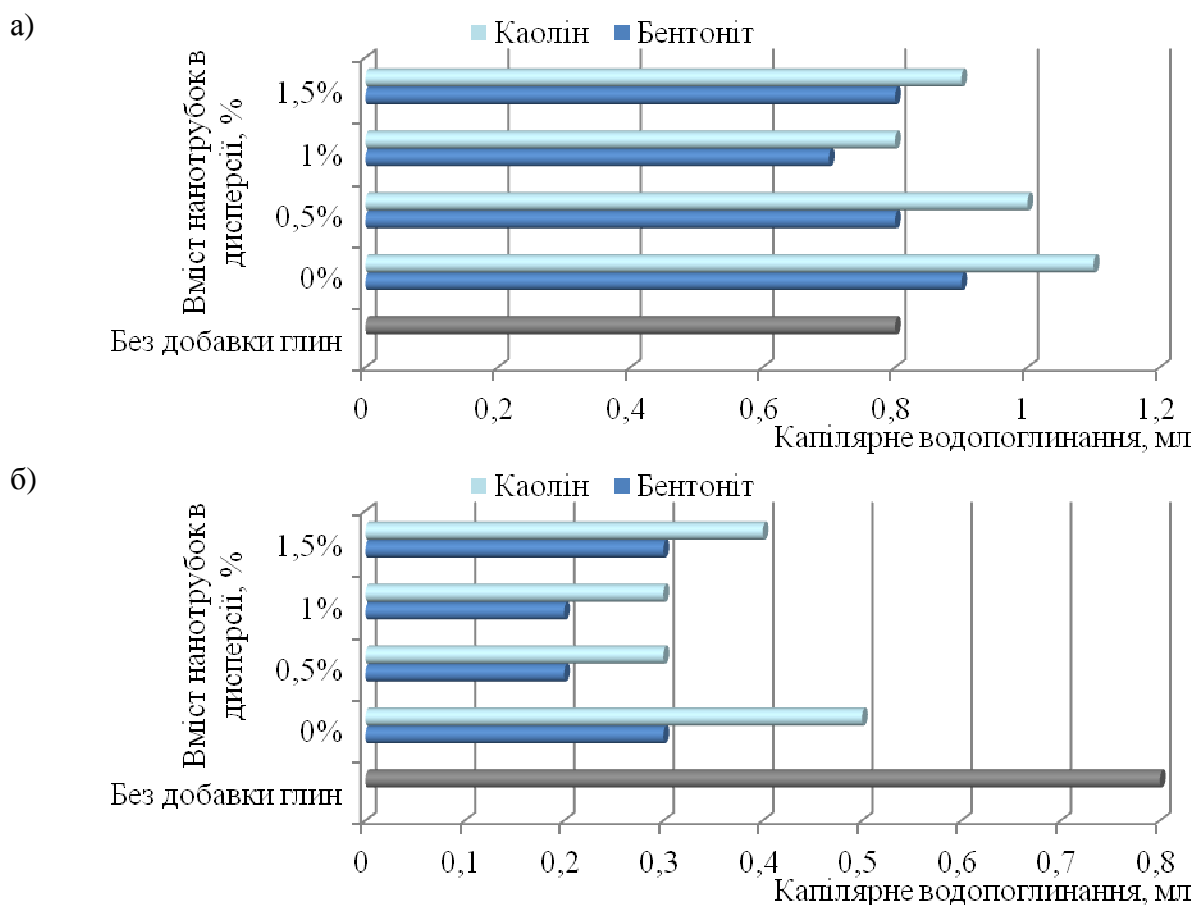


Рис.3. Капілярне водопоглинання покриттів на основі шлакомісткого портландцементу, модифікованого різними алюмосилікатними добавками та дисперсіями вуглецевих нанотрубок в пластифікаторах: а) Sika-Plast 520, б) Muraplast FK-98

Таким чином, підвищення довговічності інженерних споруд можна забезпечити шляхом використання наномодифікованих гідроізоляційних матеріалів оптимального складу, які забезпечують ізоляцію конструкцій від дії води, а також присутніх в ній агресивних сполук.

Висновки

1. Досліджено кінетику зміни фізико-механічних властивостей шлакомісткого цементного каменю, модифікованого природними добавками алюмосилікатного складу та дисперсіями нанотрубок в лігносульфанатному та меламінформальдегідному пластифікаторах.

2. Встановлено, що добавка глини знижує ранню міцність шлакомісткого

цементного тіста після твердіння 3 та 7 діб, проте міцність зразків на 28 добу твердіння перевищує на 15...30% міцність зразків без добавки глини, при чому найбільше зростання міцності характерне саме для зразків, модифікованих нанотрубками.

3. Показано, що для гідроізоляційних матеріалів більш важливим фізико-механічним показником є саме міцність на згин, оскільки у випадку використання композицій, що мали більш високу міцність каменю на згин, спостерігається найнижче значення капілярного водопоглинання.

4. З'ясовано, що найнижчим значенням капілярного водопоглинання, а саме 0,2 мл, характеризуються гідроізоляційні покриття, отримані з

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

використанням шлакомісткої в'язучої речовини, модифікованої добавкою дисперсії на основі пластифікатора Muraplast FK-98, що містить 0,5...1% нанотрубок, та добавки бентоніту в кількості 5% від маси в'язучої речовини.

5. Розроблені склади гідроізоляційних матеріалів можуть бути рекомендовані для гідроізоляції інженерних споруд з метою підвищення терміну їх експлуатації.

Список використаних джерел

1. Campillo I. High performance nanostructured materials for construction / I. Campillo, J. S. Dolado, A. Porro // Nanotechnology in construction RSC publications. – 2004. – P. 215 – 225.
2. Koward T. Influence of surface modified carbon nanotubes on ultra high performance concrete. / T. Koward // Proc. Int. Symp. Ultra High Performance Concrete, Kassel . 2004. P. 195 – 202.
3. Торба А. Нанотехнологии в строительстве – это не фантазии, а реальность / А. Торба // Строительная газета. – 2007. – № 51
4. К.К. Пушкарьова. Портландцементні розчини, модифіковані вуглецевими нанотрубками, як основа для створення гідроізоляційних покриттів. / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, А.С. Марціх // 36. наук. праць «Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка» №50 – 2013. Київ – с. 31-37.
5. Марціх А. С. Композиційні матеріали на основі шлакопорландцементу та дисперсій вуглецевих нанотрубок // Матеріали 8 міжнародної веб-конференції «Композиційні матеріали» - 2014. Київ – с. 65-70.
6. Пушкарьова К.К. Вплив вуглецевих нанотрубок на процеси структуроутворення шлакомісткого цементного каменю. / К.К. Пушкарьова, М.В. Суханевич, А.С. Марціх // Вісник одеської державної академії будівництва та архітектури № 58 – 2015. Київ – 260 с.
7. Грим Р.Е. Минералогия и практическое использование глины. / Пер. с английского. М.: Стройиздат, 1967. - 127 с.
8. Химич Т.С. Сырьевая формовочная смесь на основе бентонита // Вопросы планировки и застройки городов: Материалы X Международной научно-практической конференции. – Пенза: ПГАСА, 2003. – С. 284-285.
9. ДСТУ Б В.2.7-126: 2011. Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови.

Пушкарьова К.К. , д.т.н., проф., кафедра будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури, +38(044)245-48-31, sribm_pushkarova@mail.ru;

Суханевич М.В. , к. т. н., доц., кафедра будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури, +38(044)245-48-31, m.suhanevich@mail.ru;

Марціх А.С. , асп., кафедра будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури, +38(044)245-48-31, martsih@bigmir.net.

Pushkarova K.K., Prof., DSc, department of Building materials, Kyiv National University of Civil Engineering & Architecture, +38(044)245-48-31, sribm_pushkarova@mail.ru;

Sukhanevych M.V., Dr., department of Building materials, Kyiv National University of Civil Engineering & Architecture, +38(044)245-48-31, m.suhanevich@mail.ru;

Martsikh A.S., postgraduate student, department of Building materials, Kyiv National University of Civil Engineering & Architecture, +38(044)245-48-31, martsih@bigmir.net.

Стаття прийнята 05.05.2015 р