

Устименко М.Є., аспірант
Суханевич М.В., к.т.н., доцент
Київський національний університет будівництва та архітектури

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДНОЇ ПОЛІУРЕТАНОВОЇ ДИСПЕРСІЇ НА ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто можливість використання водної поліуретанової дисперсії як рідкого компонента при виготовленні цементних композиційних матеріалів. Досліджено вплив водної поліуретанової дисперсії на основні фізико-механічні та деформативні властивості цементної композиції й цементно-піщаного розчину на її основі. Виявлено залежність між пластичною міцністю та кінетикою набору міцності зразків цементної композиції. Показано, що наявність нанорозмірних уретанових полімерів у цементній композиції впливає на здатність матеріалу протидіяти внутрішнім руйнівним напруженням, які з'являються завдяки усадці в процесі твердіння.

З'ясовано, що наявність у цементній композиції дрібного заповнювача зменшує вплив водної поліуретанової дисперсії на основні фізико-механічні характеристики цементного каменю.

Ключові слова: водна поліуретанова дисперсія, цементна композиція, деформативні властивості, механічні властивості, пластична міцність.

Устименко М.Е., аспирант
Суханевич М.В., к.т.н., доцент
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДНОЙ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ ДИСПЕРСИИ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрена возможность использования водной полиуретановой дисперсии в качестве жидкого компонента при производстве цементных композиционных материалов. Исследовано влияние водной полиуретановой дисперсии на основные физико-механические и деформативные свойства цементной композиции и цементно-песчаного раствора на ее основе. Обнаружена зависимость между пластической прочностью и кинетикой набора прочности образцов цементной композиции. Показано, что наличие наноразмерных уретановых полимеров в цементной композиции влияет на способность материала противодействовать внутренним разрушающим напряжениям, которые появляются вследствие усадки в процессе твердения.

Выяснено, что наличие в цементной композиции мелкого заполнителя уменьшает влияние водной полиуретановой дисперсии на основные физико-механические характеристики цементного камня.

Ключевые слова: водная полиуретановая дисперсия, цементная композиция, деформационные свойства, механические свойства, пластическая прочность.

*Ustymenko M., post-graduate
Sukhanevych M., PhD, Associate Professor
Kyiv National University of Construction and Architecture*

INVESTIGATION OF WATER POLYURETHANE DISPERSION ON PROPERTIES OF CEMENT COMPOSITE MATERIALS

The article considers the possibility of synthesis of cement compositions with improved physical and mechanical properties and deformation characteristics based on Portland cement and an water polyurethane dispersion.

The mechanical properties of the cement paste based on Portland cement with a content of granulated blast furnace slag and 1% of an aqueous polyurethane dispersion, and found that by modifying the composition of the nano-sized cement additive have improved by 32% compressive strength at 22% and flexural strength.

The results of studies to determine the strength of the plastic-modified cement compositions that complete the picture of the impact of water polyurethane dispersion on the processes of structure of cement stone. Curve analysis showed that the amount of plastic strength sample supplemented with 1% water polyurethane dispersion less than twice as compared with the control sample with respect to time of the induction period of 4,5 hours. Probably, the rapid growth of plastic strength test sample affects its strength at early stages of curing, while more slow and gradual increase in the strength of plastic with the addition of the sample is displayed on VPUD stackable strength over time of the cement stone, wherein the composite material has a more ordered structure.

Crack cement compositions studied comparative method R. Levmita. The control composition is cracked for 10 hours experience, whereas sample 1% modified water polyurethane dispersion cracked for 13 hours, i.e. at fracture above 30%. Studies show that 1% water polyurethane dispersion significantly affect the deformation properties of the cement composition.

The results of studies of the mechanical properties of cement-burghers solution with 1% water polyurethane dispersion and control samples. The flexural strength of the modified and control samples are not significantly different, while the compressive strength, generally showed similar results. Analyzing these results it can be concluded that the presence of fine aggregate water polyurethane dispersion reduces the influence on the mechanical properties of the cement composition.

It is planned to reduce the proportion of filler in the system and to find the optimal balance between binder and aggregate, will not significantly affect the mechanical properties of the modified at the nanoscale composite. New modified solution are examined for water absorption, water resistance, adhesive strength, adhesive strength with base, corrosion resistance, fracture toughness over standard methods. Such material is planned to be recommended for use for the protection of concrete structures.

Keywords: *water polyurethane dispersion, cement composition, deformation properties, mechanical properties, strength plastic.*

Вступ. Залізобетонні конструкції потребують надійного захисту від руйнівної дії навколишнього середовища, а особливо – від корозійного впливу води. На сьогоднішній день на ринку існує досить широкий асортимент гідроізоляційних матеріалів для різних типів конструкцій, виготовлених на основі як органічних, так і мінеральних в'язучих речовин [1]. Зважаючи на те, що в усьому світі спостерігається тенденція використання нанорозмірних добавок для модифікації будівельних матеріалів [2 – 5], перспективним є пошук таких добавок для гідроізоляційних розчинів з метою поліпшення їх експлуатаційних властивостей.

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Модифікування цементної матриці уретановими полімерами як науковий напрям існує довгий час [6]. Незважаючи на те, що такі композиції мають досить високі експлуатаційні властивості: високу адгезію до бетонної поверхні, еластичність, хімічну стійкість, водонепроникність – все ж таки їх використання було обмежене завдяки високій собівартості та токсичності компонентів. Співробітниками Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України було розроблено нову технологію синтезу поліуретанів [7]. Отримана водна поліуретанова дисперсія складається з частинок розміром до 86 нм, характеризується високою молекулярною масою при низькій в'язкості та здатністю утворювати плівки при кімнатній температурі, є однокомпонентною, екологічно безпечною, має низьку собівартість. При додаванні водної поліуретанової дисперсії до цементної матриці спостерігається підвищення міцності цементного каменю на стиск та згин [8], що свідчить про позитивний вплив нанорозмірної рідини на процеси структуроутворення в цементному камені. У попередніх роботах було вивчено технологію введення водної поліуретанової дисперсії в цемент та вплив на механічні й деформативні властивості композиційного матеріалу [9].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Вплив водної поліуретанової дисперсії на властивості цементного тіста вже був досліджений у попередній роботі [8], як і технологічні особливості її введення [9]. Але як саме водна поліуретанова дисперсія впливає на фізико-механічні та деформативні характеристики цементно-піщаного розчину досі досліджено не було.

Мета роботи – дослідження впливу водної поліуретанової дисперсії на основні фізико-механічні й деформативні властивості цементної композиції та цементно-піщаних розчинів на їх основі.

Основний матеріал і результати. Для проведення експерименту як в'язучу речовину використано портландцемент з добавкою шлаку ПЦШ/АШ-500 (виробництва ПрАТ «Євроцемент Груп-Україна»), водну поліуретанову дисперсію (ВПУД) з вмістом сухої речовини 25% (виробництва ІХВМС НАН України) та річковий кварцовий пісок фракції до 0,63 мм.

Водну поліуретанову дисперсію добавляли до цементу у вигляді концентрованого розчину максимальної консистенції (25%) разом з водою замішування в такій кількості, щоб вміст твердої речовини становив 1 %. Вибір саме такого вмісту модифікатора було обрано за результатами попередніх досліджень як такого, що найбільше поліпшує міцність [8]. Пісок додавався у пропорціях: 1 частина в'язучого та 3 частини піску стандартної фракції.

Міцність цементного тіста визначалася на зразках-кубах 20×20×20 мм та зразках-балочках 10×10×60 мм, що випробувалися після твердіння в стандартних умовах на гідравлічному пресі та на приладі Міхаеліса відповідно [10]. Динаміку набору пластичної міцності визначали з використанням конічного пластометра Рібіндера [10].

Активність цементу визначалася на зразках-балочках 40×40×160 мм за стандартною методикою [11].

Тріщиностійкість визначалася за способом Р. Левмита [10]: з цементного тіста були виготовлені зразки-кільця внутрішнім діаметром 90 мм та зовнішнім 127 мм і висотою кільця 40 мм. У середині кільця розміщували сталевий сердечник, який перешкоджав вільній усадці цементного каменю при його висиханні. Зразок-кільце твердів в умовах 100-процентної вологості протягом 24-х годин. Після чого знімалися зовнішнє кільце та зразок разом зі сталевим внутрішнім сердечником продовжував твердіти в нормальних умовах. Для визначення тріщиностійкості фіксували час від моменту зняття зовнішнього кільця до моменту появи тріщини.

Результати досліджень фізико-механічних характеристик зразків цементного тіста, виготовлених на основі портландцементу ПЦІ/АШ-500 з додаванням 1-процентної водної поліуретанової дисперсії, наведено на рис. 1.

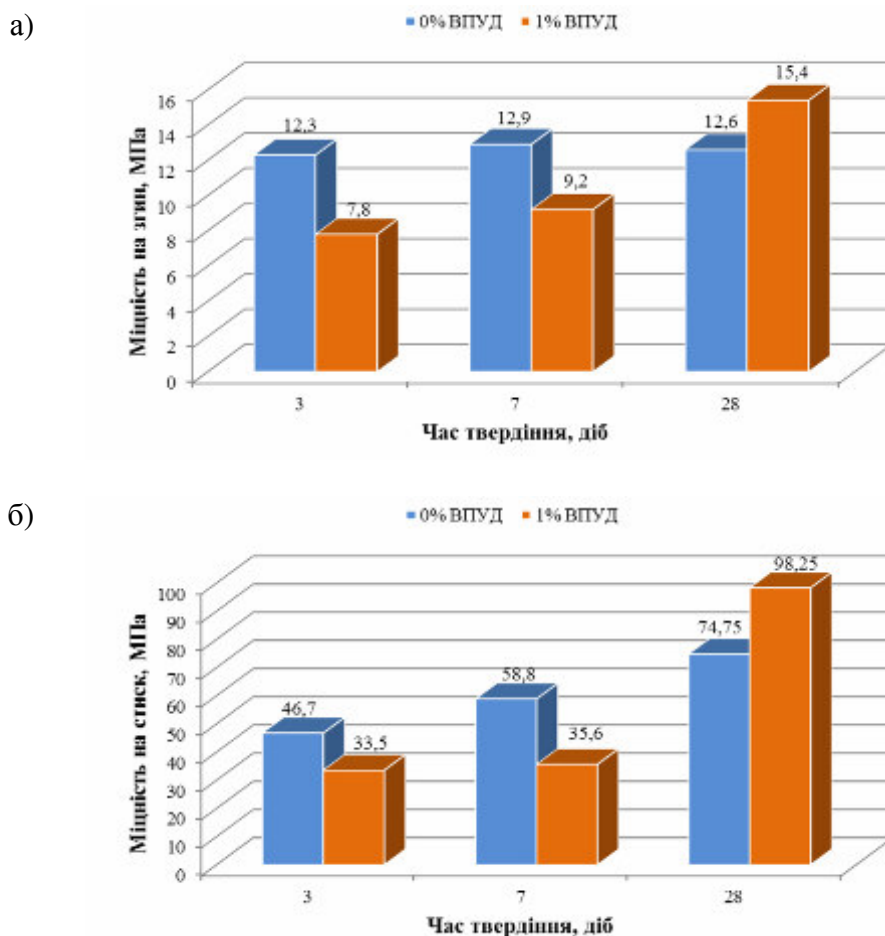


Рисунок 1 – Міцність на згин (а) та на стиск (б) зразків цементного каменю на основі портландцементу ПЦІ/АШ-500 з додаванням 1% ВПУД та контрольного складу (цемент – вода)

Як видно з представлених діаграм, контрольні зразки на ранніх етапах твердіння (3, 7 діб) мають набагато більшу міцність, ніж ті, що виготовлені з додаванням ВПУД. Зовсім інша картина спостерігається на 28 добу твердіння, коли зразки, виготовлені з додаванням ВПУД, мають міцність, більшу за контрольний зразок на стиск (на 32%) та згин (на 22%).

Для більш детального уявлення про процеси структуроутворення цементного каменю за наявності наномодифікатора було досліджено пластичну міцність тіста двох зразків: контрольного та з додаванням 1% ВПУД. Результати цих досліджень показані на рис. 2.

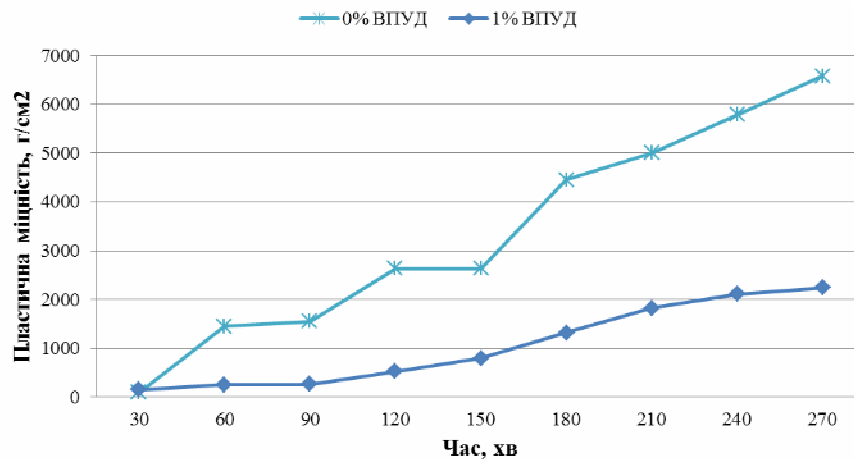




Рисунок 2 – Пластична міцність зразків цементного тіста на основі портландцементу ПЦІ/АШ-500 з додаванням 1% ВПУД та контрольного складу (цемент – вода)

Аналіз кривих показав, що величина пластичної міцності зразка з додаванням 1% ВПУД менша вдвічі, порівняно з контрольним зразком за часом індукційного періоду 4,5 год. Вірогідно, швидке зростання пластичної міцності контрольного зразка впливає на показники його міцності на ранніх етапах твердіння, тоді як більш повільне та плавне зростання пластичної міцності зразка з додаванням ВПУД відображається на нарощуванні міцності у часі цементного каменю, при цьому композиційний матеріал характеризується більш упорядкованою структурою.

Результати досліджень тріщиностійкості, які полягали у визначенні часу появи тріщини зразка-кільця, та зовнішній вигляд зразків наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Тріщиностійкість за часом появи тріщини контрольного та виготовленого з додаванням 1% ВПУД зразків

Уміст добавки	0% ВПУД	1% ВПУД
Час до появи тріщини (години)	10	13
Фото зразка		

За отриманими даними можна зробити висновок, що наявність у цементній композиції ВПУД позитивно впливає на тріщиностійкість, оскільки тріщина на зразку з'явилася на 13-й годині дослідження, що на три години пізніше ніж на контрольному зразку. Це пояснюється механізмом взаємодії полімерної складової та цементних зерен. Поліуретанова дисперсія огортає зерна цементу, створює пружні прошарки між ними й підвищує еластичність композиційного матеріалу в цілому. Отже, модифікована цементна композиція може краще протидіяти внутрішнім руйнівним напруженням.

Для уявлення про вплив ВПУД на основні фізико-механічні характеристики модифікованої композиції за наявності дрібного заповнювача було визначено міцність цементно-піщаних зразків на стиск та на згин за стандартною методикою. Результати дослідження наведено на рис. 3.

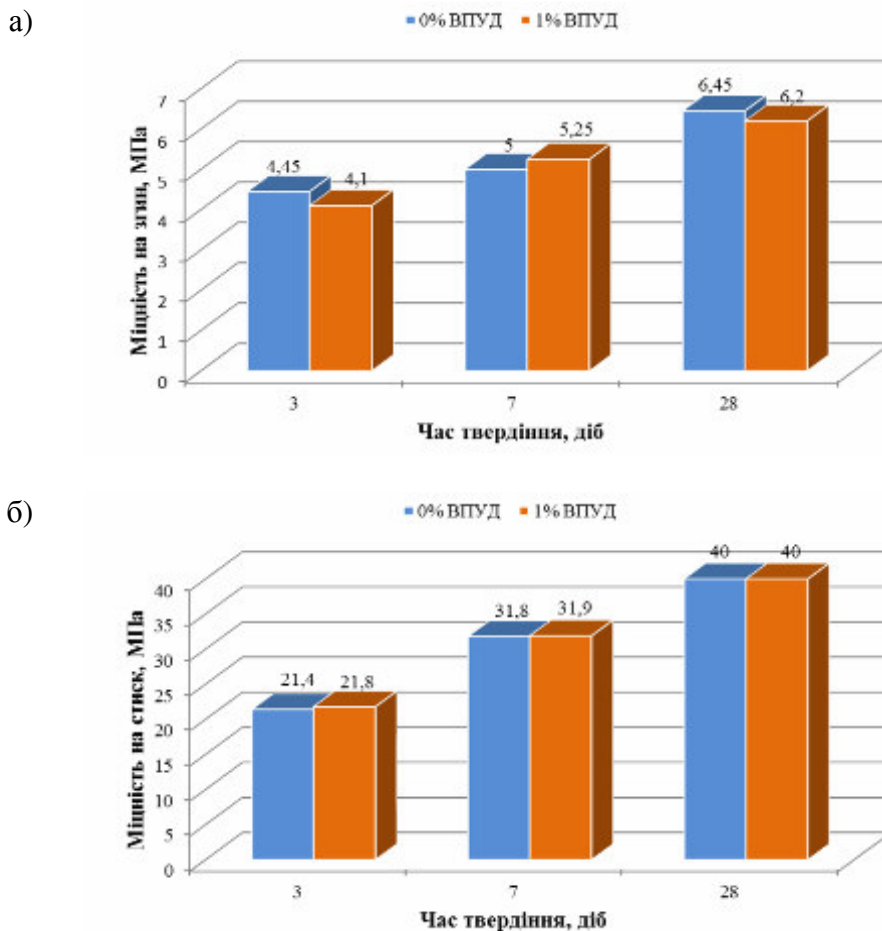


Рисунок 3 – Міцність на згин (а) та на стиск (б) зразків цементного розчину на основі портландцементу ПЦІ/АШ-500 з додаванням 1% ВПУД та контрольного складу (цемент – вода)

Відмічено незначне погіршення механічних властивостей зразків, виготовлених з додаванням 1% ВПУД, порівняно з контрольними зразками. Аналогічна картина спостерігається при порівнянні показників міцності на стиск, де на 28-му добу твердіння зразок з додаванням 1% ВПУД має такий самий показник, як і контрольний зразок. Це свідчить про те, що наявність дрібного заповнювача зменшує роль ВПУД.

Висновки. Показана можливість синтезу цементних композицій з поліпшеними фізико-механічними та деформативними характеристиками на основі портландцементу й водної поліуретанової дисперсії.

Досліджено механічні властивості цементного тіста на основі портландцементу з умістом доменного гранульованого шлаку та 1% ВПУД; встановлено, що за рахунок модифікації цементної композиції нанорозмірною добавкою вдалося підвищити на 32% міцність на стиск і на 22% міцність на згин.

Досліджено тріщиностійкість цементних композицій за порівняльним методом Р. Левмита. Контрольна композиція тріснула на 10-й годині досліду, тоді як зразок, що модифікований додаванням 1% ВПУД, дав тріщину на 13-й годині, тобто

тріщиностійкість вища на 30 %. Дослідження за цим способом довели, що додавання 1% ВПУД суттєво впливає на деформативні властивості цементної композиції.

Отримано результати досліджень механічних властивостей цементно-піщаного розчину з умістом 1% ВПУД та контрольних зразків. Значення міцності контрольного й модифікованого зразків різняться не суттєво. Проаналізувавши ці результати, можна зробити висновок, що наявність дрібного заповнювача зменшує вплив ВПУД на механічні властивості цементної композиції.

Надалі планується зменшити частку заповнювача у системі та знайти оптимальне співвідношення між в'язучим і заповнювачем, яке не буде суттєво впливати на механічні властивості модифікованого на нанорівні композиту. Новий модифікований розчин буде досліджено на водопоглинання, водонепроникність, адгезію до основи, міцність зчеплення з основою, корозійну стійкість, тріщиностійкість за стандартними методами. Такий матеріал планується рекомендувати до застосування для захисту бетонних конструкцій.

Література

1. *Современные гидроизоляционные материалы* / А. И. Войтов, В. Л. Козачук, В. В. Лайкин, А. А. Шкуратовский. – К. : АО «Мастера», 2006. – 192 с.
2. *Nanotechnology in construction* / P. Bartos, J. Hughes, P. Trtik // RSC publications. – 2004. – P. 150 – 157.
3. Wegner T. *Nanotechnology opportunities in residential and non-residential construction* // T. Wegner, J. Winandy, M. Ritter // *Proceeding of International Symposium on Nanotechnology in construction*. – Bilbao, 2005.
4. Campillo I. *High performance nanostructured materials for construction* / I. Campillo, J. Dolado, A. Porro // *Nanotechnology in construction RSC publications*. – 2004. – P. 215 – 225.
5. Middendorf B. *Nanoscience and nanotechnology in cement materials* / B. Middendorf, N. Singh // *Cement International*. – 2008 – № 1 – P. 56 – 64.
6. *Полімерсилікатні композиції на основі поліізоціанатів для захисту бетонних виробів і споруд* // Є. М. Петрикова, Л. О. Шейніч, І. В. Мельник, І. В. Капась // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди: зб. наук. праць*. – Рівне: РДТУ, 2001. – Вип.7. – С.64 – 71.
7. *Липатов Ю. С. Структура и свойства полиуретанов* / Ю. С. Липатов, Ю. Ю. Керча, Л. М. Сергеева. – К. : Наукова думка, 1990. – 280 с.
8. *Суханевич М. В. Технологічні особливості використання водних поліуретанових дисперсій як складових гідроізоляційних сумішей на цементній основі* // М. В. Суханевич, М. Є. Устименко // *Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка*. – Київ, НДІБМВ, 2015. – Вип. 55. – С. 70 – 76.
9. *Суханевич М. В. Технологія приготування сумішей як метод впливу на механічні властивості композиційних матеріалів на основі цементу і водної поліуретанової дисперсії з вуглецевими нанотрубками* / М. В. Суханевич, М. Є. Устименко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі і споруди: зб. наук. праць*. – Рівне: НУГВП, 2015. – Вип. 31. – С. 345 – 352.
10. *Методы физико-химического анализа вяжущих веществ* / В. Б. Горшков, В. В. Тимашев, В. Г. Савельев. – М. : Высшая школа, 1981. – 335 с.
11. *Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск: ДСТУ Б В.2.7-187:2009. [Чинний від 2009.01.12]*. – К. : ДП «Орган з сертифікації цементів «СЕПРОЦЕМ», 2009. – 22 с.

© Устименко М.Є., Суханевич М.В.
Надійшла до редакції 17.11.2015