

«MAGMAWOOL» для пневматической укладки// *Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья: Доклады X Всероссийской научно-практической конференции 26-28 мая 2010г. (г. Белокураха).* – Бийск: БТИ АлтГТУ, 2010. – С. 60–64.

3. *Архипов А.А., Власов В.В., Головченко Н.В., Дарченко О.С. Бесшовная изоляция из супертонкого базальтового волокна// Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья: Доклады X Всероссийской научно-практической конференции 26-28 мая 2010г. (г. Белокураха).* – Бийск: БТИ АлтГТУ, 2010. – С. 39-42.

4. *Строительные нормы и правила// Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов СНиП 2.04.14-88.*

5. *Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи, М., Энергия, 1977. 344 с.*

#### АНОТАЦІЯ

Порівняння економічної ефективності теплоізоляції з базальтового тонкого волокна (БТВ) і базальтового супертонкого волокна (БСТВ) проведено на прикладі горизонтального високотемпературного трубопроводу. Обчислено оптимальні товщини ізоляції і теплові потоки у випадках БТВ і БСТВ. Встановлено, що повні фінансові втрати при експлуатації трубопроводу, ізолюваного БТВ, в середньому вдвічі більші ніж у випадку БСТВ.

Ключові слова: теплоізоляція, базальтове супертонке волокно (БСТВ), базальтове тонке волокно (БТВ), високотемпературний трубопровід.

#### ANNOTATION

A comparison of the economic efficiency of thermal insulation from the basalt thin fibers (BTF) and basalt super thin (BSTF) fibers is studied on the sample of horizontal high-temperature pipeline. We calculate the optimum thickness of insulation and the flow of heat in the case of BTF and BSTF. Found that the total financial losses in the operation of the pipeline isolated by BTF on average two times higher than in the case of BSTF.

Key words: thermal insulation, basalt super thin fibers, basalt thin fibers, high-temperature pipeline.

УДК 666.972.522

*Д.Ю. Колесник, к. т. н., ДНТЦ «Дор'якість»*

#### КАПІЛЯРНЕ ВОДОПОГЛИНАННЯ ФЛЮАТОВАНИХ БЕТОНІВ ПРИ ЦИКЛІЧНОМУ ЗВОЛОЖЕННІ

##### АНОТАЦІЯ

Елементи залізобетонних споруд, що експлуатуються при циклічному зволоженні, піддаються інтенсивній корозії, та в першу чергу, руйнуванню бетонного захисного шару. Ці процеси можуть бути суттєво сповільнені при застосуванні вторинних методів захисту. Так, при використанні солей кремнійфтористої кислоти вдається суттєво знизити водопоглинання бетону та підвищити його фізико-механічні властивості при попереминому зволоженні та висиханні.

Ключові слова: капілярне водопоглинання, вторинні методи захисту, бетон, корозія.

Проблемними зонами гідротехнічних споруд є частини бетонних конструкцій, що знаходяться під впливом процесу циклічного зволоження. В першу чергу це шлюзові камери, опори мостів, водопропускні труби тощо. У вказаних зонах відбуваються інтенсивні корозійні процеси, котрі можуть бути суттєво уповільнені шляхом застосування хімічних засобів захисту бетону. Одним із методів вторинного захисту бетону, що зарекомендував себе, є метод флюатування [1]. Цей процес призводить до ущільнення поверхневих шарів цементобетонів, підвищує їх міцність та в деякій мірі сприяє зниженню водопоглинання.

Роботами Москвина В.М. [2] було показано, що флюатування на бетонах щільної структури більш результативне ніж на порових структурах в початковий період (5–10 хв) водопоглинання. Разом із тим флюатування не забезпечує бетону довготривалого зниження водопоглинання [1, 2].

Метою роботи була оцінка впливу циклічного зволоження на капілярне водопоглинання флюатованих бетонів.

Для проведення досліджень були виготовлені бетонні зразки на основі цементу ПЦ II/Б-Ш400 Криворізького цементного заводу, піску річкового дніпровського Мкр.1,57 і щебеню гранітного фракції 5-20 мм Мокрянського кар'єру.

Використовували піщаний бетон складу 1:3

(цемент-пісок) при  $V/C = 0,62$  та зернистий бетон складу 1:2:3,5 (цемент : пісок : щебінь), суміш класу B25 з рухливістю ПЗ. Після виготовлення зразки були витримані в камері природного твердіння протягом 28 діб. Після закінчення вказаного часу зразки були оглянуті, їх поверхня очищена від пилу. Просочувальну флюатуючу суміш наносили пензлем за три етапи при нормі витрати  $0,5 \text{ кг/м}^2$  з перервою 24 год: перший шар концентрацією,  $\text{г/дм}^3$  - 40; другий шар - 100; третій шар - 160. На четверту добу поверхню зразків промивали водою і витримували їх в лабораторії 7 діб. Частину зразків обробляли розчином олигоорганосилоксану  $0,3 \text{ кг/м}^2$  та витримували в лабораторії ще 7 діб.

Капілярне водопоглинання визначали за кількістю води, поглинутої одиницею поверхні бетонного зразка протягом певного часу. Дослідження проводили на бетонних зразках розміром  $100 \times 100 \times 100$  мм при використанні скляного мірного пристрою (трубки Кастерсона) для роботи на вертикальній та горизонтальній поверхнях. Приєднання мірного пристрою до поверхні бетону здійснювали за допомогою герметизуючої мастики. Трубку Кастерсона заповнювали водою до верхньої мітки і закривали гумовою мембраною. Виміри проводили через заданий час: 1; 2; 3 і 6 діб. Після цього зразки висушували і цикл повторювали. Капілярне водопоглинання ( $B$ ) в  $\text{кг/м}^2$  обчислювали за формулою:

$$B = \frac{(B_0 - B_1) \cdot \rho}{\pi R^2}$$

де  $B_0$  – початковий обсяг води у пристрої,  $\text{м}^3$ ;  
 $B_1$  – об'єм води у пристрої через заданий час,  $\text{м}^3$ ;  
 $R$  – радіус пристрою в місці приєднання до поверхні зразка, м;  
 $\rho$  – щільність води,  $1000 \text{ кг/м}^3$ .

Зміна капілярного водопоглинання контрольних зразків піщаного бетону в часі має практично лінійний характер (рисунк, а) при першому циклі випробувань. При повторному циклі водонасичення зростає як протягом першої доби впливу (+ 70 %), так і протягом шостої доби (+ 16 %). Цей факт може бути пояснений розчинністю  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (~ 1,63 г/  $\text{дм}^3$  при  $20^\circ \text{C}$ ), що повинно призводити до збільшення кількості та діаметра мікрокапілярів. При третьому циклі впливу капілярне водопоглинання в перші три доби дещо знижується, що вірогідно і відображує процес адаптації бетону [3], але на шосту добу параметр набуває максимально-

го значення.

Після флюатування характер циклічного капілярного водопоглинання піщаного бетону дещо змінюється. При першому циклі (рис., б) як протягом першої доби, так і протягом шостої водопоглинання флюатованого зразка помітно нижче ніж контрольного (на 41 % і 18 % – відповідно). Другий цикл виявляє максимальне водопоглинання, після чого при третьому циклі яскраво простежуються адаптаційні процеси у флюатованому бетоні. Вірогідно при цьому завершуються хімічні процеси перетворення  $\text{MgSiF}_6$  в важкорозчинні солі ( $\text{CaF}_2$ ,  $\text{MgF}_2$ ), що викликає додаткове ущільнення шарів бетону.

Зернистий бетон має значно менше капілярне водопоглинання (рис., г), ніж піщаний бетон, а відповідно і меншу кількість капілярів. У зв'язку з цим адаптаційні процеси в поверхневому шарі бетону добре простежуються при третьому циклі зволоження.

З аналізу (рис., д) витікає, що флюатування зернистого бетону викликає збільшення його поверхневої пористості, про що свідчить суттєве зростання капілярного водопоглинання. Очевидно, що реагуючи з  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , магній кремнійфтористий на першій стадії викликає збільшення капілярів у зв'язку з частковою витратою одного з основних компонентів цементного каменю. Наступне зволоження викликає закінчення реакції флюатування та деяке зниження водопоглинання, однак воно не досягає величин контрольних зразків (рис., г).

Необхідно відмітити, що збільшення водопоглинання бетонних зразків при нанесенні подібних складів відмічено в літературі [5].

Відносні зміни радіусів капілярів, що відбуваються в результаті циклічного зволоження зернистого бетону (рис. 1, д), може бути оцінено за методикою [2]. Виходячи з закону фільтрації води по капілярах, формула швидкості проникнення води в бетон буде мати вигляд:  $V_1 = r_1^2 \cdot k$ .

Визначаючи швидкість проникнення води при водопоглинанні, що встановилося, можна простежити зміни радіусів капілярів. Приймаючи за  $V_0$  швидкість проникнення води в контрольний бетонний зразок при початковому зволоженні (рис., г-1) та  $V_1$  – за швидкість водопоглинання флюатованого зразка при першому циклі зволоження (рис., д-1) можна судити, що  $r_0 = 0,42 \cdot r_1$ .

З цього витікає, що на першій стадії флюатування зернистих бетонів радіус їх капілярів сут-

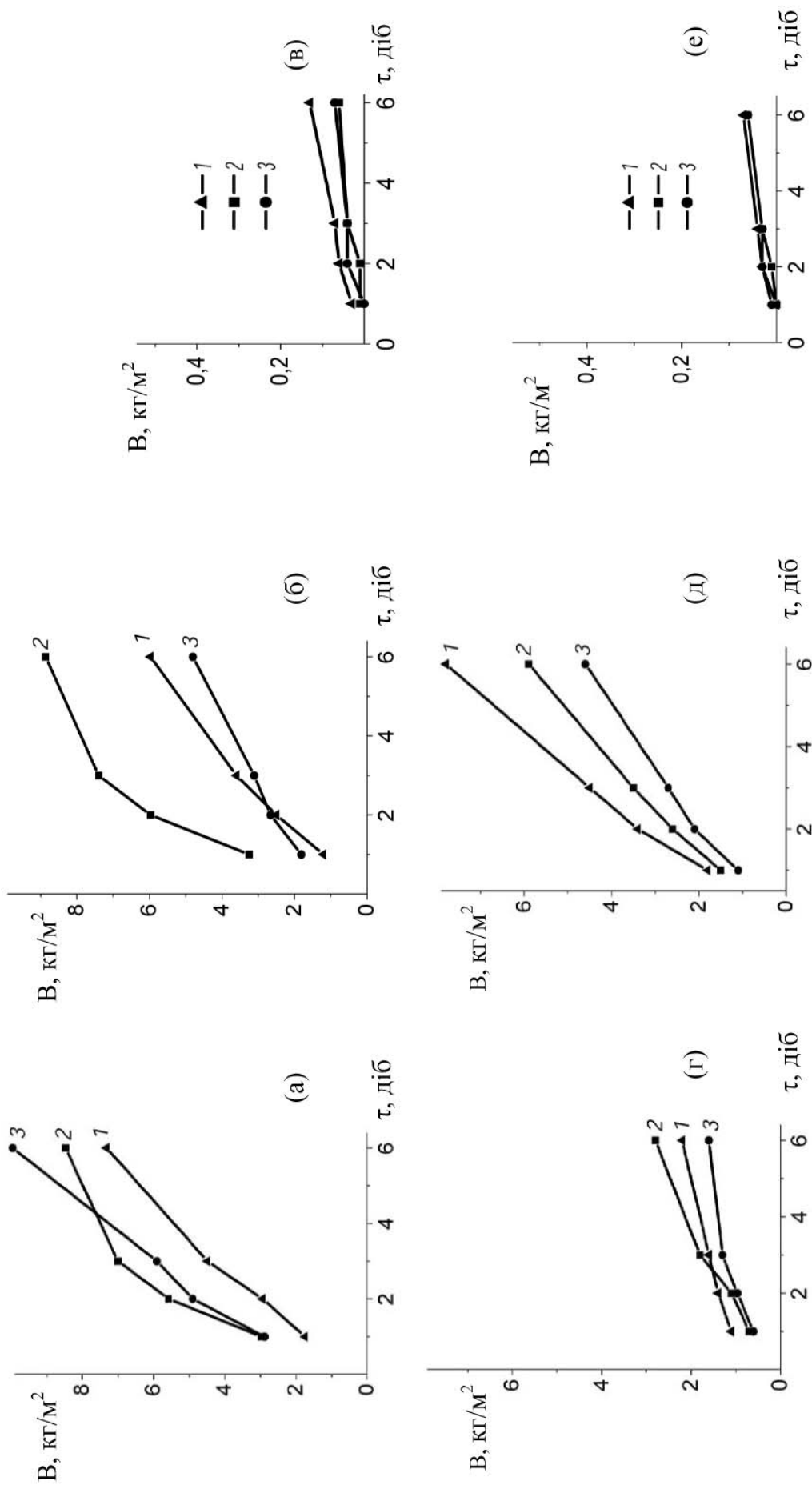


Рис. – Циклічне капілярне водопоглинання (V) бетону піщаного (а, б, в) та зернистого (г, д, е) в часі (τ), після першого водонасичення – 1, другого водонасичення – 2 і третього – 3: а, г – контрольних зразків; б, д – флюатованих зразків; в, е – після флюатування нанесено розчин олігоорганосилоксану

тево збільшується в нашому випадку на 42%. Наступні цикли зволоження бетонних зразків (рис. 1, д) призводять до ущільнення бетону, про що свідчить зменшення радіусів капілярів:  $r_1=1,17$  г<sub>2</sub>;  $r_2=1,12$  г<sub>3</sub>, що, очевидно, обумовлено вичерпуванням MgSiF<sub>6</sub> і накопиченням важкорозчинних продуктів реакції.

Враховуючи отримані результати, нами проведена поверхнева обробка бетонних зразків розчином олігоорганосилоксану марки «Силол» [6]. Аналіз водопоглинання гідрофобізованих зразків свідчить (рис. 1 в, е), що капілярне водопоглинання піщаного та зернистого бетонів незалежно від кількості циклів зволоження через 144 год складає приблизно 0,1%.

Таким чином, показано, що флюатування поверхні бетону змінює характер його порової структури. Для зниження водопоглинання флюатованого бетону та забезпечення йому хімістійкості та довговічності рекомендується додатково проводити процес гідрофобізації.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Kuzmenkov M.I., Trakhimchik O.E. *Fluats based on fluosilicates of double-valence metals for anticorrosion protection of concrete/ 15 Internationals Baustoffkunde, Weimar, 2003. – P. 217.*
2. Москвин В. М., Якуб И. А. *Уплотнение микропористого и неплотного бетона // – М.: Сб. Бетоны, раствор и вяжущие, 1952. – С. 101-118.*
3. Чернявский В. Л. *Адаптация бетона. – Днепропетровск: Нова ідеологія, 2002. – 116 с.*
4. Розенталь Н. К., Чехний Г.В. *Новые материалы для повышения водонепроницаемости бето-*

*на в конструкциях// Бетон и железобетон, 1995. – № 5. – С. 29 -31.*

5. Колесник Д. Ю. *Модифікація технології флюатування //Будівельні матеріали та вироб, 2008. – № 5. – С. 17-20.*

6. ТУ У В.2.7-24.1-31911658.001-2002. *Суміші «Силол». Технічні умови. К.: Укрвтодор, 2002. – 7с.*

#### АННОТАЦИЯ

Элементы бетонных конструкций, что эксплуатируются при циклическом увлажнении, поддаются интенсивной коррозии, в первую очередь, разрушению защитного слоя бетона. Эти процессы могут быть существенно замедлены при использовании вторичных методов защиты. Так, применяя соли кремнийфтористой кислоты, удается существенно снизить водопоглощение бетона и повысить его физико-механические свойства при переменном увлажнении и высыхании.

Ключевые слова: капиллярное водопоглощение, вторичные методы защиты, бетон, коррозия.

#### ANNOTATION

Elements of concrete designs that are maintained at cyclic humidifying, give in to intensive corrosion, first of all, to destruction of a concrete cover. These processes can be slowed essentially down at use of secondary methods of protection. So applying fluosilicic salts it is possible to lower essentially water absorption of concrete and to raise its physicomechanical properties at variable humidifying and drying.

Keywords: Capillary absorption, secondary methods of protection, concrete, corrosion.