

УДК 631.6:627.417.4

Гурин В. А., д.т.н., проф., Марчук В. В., Радчук М. І., аспірант
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОЦІНКА ВПЛИВУ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ «ІНФІЛЬТРОН» НА ЕЛЕМЕНТИ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД МЕЛІОРАТИВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Викладена методика проведення лабораторних досліджень впливу гідроізоляційних матеріалів на бетон. Приведені дані досліджень використання гідроізоляційних матеріалів на низьких марках бетону, який використовується в гідротехнічних спорудах як шов між оголовком та трубою.

Ключові слова: оголовок, довговічність, бетон, пористість, водопоглинання, водонепроникність, міцність, голкоподібні кристали.

Вивчення реальних умов експлуатації меліоративних споруд дозволило виділити окремі елементи водопровідних та водорегулюючих споруд, які є менш надійними по відношенню до інших, цієї споруди [1, 2]. Обстеження вміщувало облік кількості відмов та пошкоджень, виявлення і аналіз їх характеру та причин виникнення, вивчення фізичних процесів, що впливають на надійність роботи окремих елементів.

Міцність та водонепроникність бетонних елементів споруд відносять до основних характеристик надійності, зокрема витримувати без руйнування протягом нормативного строку умови експлуатації, тобто мати достатню довговічності даних елементів.

Водонепроникність бетону вирішальною мірою залежить від особливостей його пористої структури. Якщо на міцність бетону основний вплив має загальна пористість, то водонепроникність є функцією відкритої наскрізної пористості. Рядом дослідників [3] зазначено, що основними шляхами проникнення води в бетон є пори седиментаційного походження, утворення яких найбільш характерні для бетонів з підвищеною рухливістю. Седиментація залежить головним чином від в'язкості цементного тіста, а основною седиментаційною характеристикою бетонної суміші є її водовідділення.

До основних характерних пошкоджень водопровідних та водорегулюючих споруд на меліоративних систем відносять руйнування цементно-піщаного шва між оголовком та трубою. Це пояснюється низь-

кою міцністю та водонепроникністю даного шва [2].

Для підвищення довговічності готових швів між оголовком та трубою був здійснений пошук матеріалів, які можуть підвищувати міцність та водонепроникність готових бетонів і до яких можна віднести "Інфільтрон".

"Інфільтрон" готова до застосування дисперсна суха суміш проникаючої дії на основі спеціальних цементів, мінеральних і полімерних наповнювачів, добавок. Створює в капілярах й тілі бетону високоміцні кристали голчастої форми, що перешкоджають проникненню води.

Активні хімічні компоненти матеріалу "Інфільтрон", проникаючи всередину тіла бетону, розчиняючись у воді, вступають в реакцію з нестійкими частками кальцію, що містяться в бетоні. Створюють нерозчинні кристалогідрати – утворення у вигляді голкоподібних, хаотично розташованих кристалів. Мережа цих кристалів, заповнює капіляри, мікротріщини та пори шириною до 200 мікрон. При цьому кристали складають основну частину бетонної структури [4].

Використання "Інфільтрон" на швах не є типовим оскільки виробники рекомендують використовувати "Інфільтрон" на бетонах з міцність 25 МПа, а шви мають міцність починаючи з 12 МПа, тому виникає необхідність встановити вплив на характеристики бетону даної марки.

Для виготовлення досліджуваних зразків бетону використано такі матеріали:

- портландцемент ПЦ II / А-Ш-500 згідно ДСТУ Б В.2.7-46-2010, відповідає класу 42,5. Виробник цементу – ПАТ "Волинь-Цемент". Є типовим середньоалюмінатним цементом, найбільш характерним для сучасної вітчизняної цементної промисловості;

- пісок кварцовий з модулем крупності $M_{кр} = 2,09$, вміст пилоподібних, глинистих і мулистих домішок до 1,2%. Зерновий склад, визначений просівом, наступний:

- щєбінь гранітний фракції 5-20 мм, вміст пилоподібних, глинистих і мулистих домішок до 0,3%;

Склад бетону.

Для нанесення обмазувальної гідроізоляції та як контрольні зразки використовувався бетон при водо-цементному відношенні 0,8.

Були виготовленні 8 зразків кубічної форми з розмірами 10x10x10 см та 4 зразки циліндричної форми з діаметром основи 15 см та висотою 15 см (рис. 1). Твердіння проходило в камері нормального твердіння при нормальних умовах $t=20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ з вологістю 90%.



Рис. 1. Зразки бетонних заготовок

Обмазувальну ізоляцію наносили при досягненні зразками бетону віку 28 діб наступним чином:

1. Невелика кількість сухої речовини змішували з необхідною кількістю води (згідно з рекомендаціями виробника 200-240 г на 1 кг суміші) протягом 1 хвилини. Кількість розчину для гідроізоляції готували з розрахунку його використання протягом 10 ... 15 хв.

2. Поверхня бетонних зразків-кубиків очищувалась.

3. Через 1-2 хв. свіжоприготовлений розчин для ізоляції наносили за допомогою пензля на 4 бічні сторони і на верхню сторону кубика з розрахунку приблизно $0,5 \dots 0,7 \text{ кг/м}^2$.

4. Після висихання першого шару і після витримання приблизно 3 год. поверхню 5-ти сторін кубиків повторно змочували водою. Змішували і наносили другий шар готового розчину на кожен кубик з витратою $0,4 \dots 0,9 \text{ кг/м}^2$. Таким чином, загальна витрата свіжого розчину становив $0,9-1,6 \text{ кг/м}^2$.

5. Після завершення нанесення матеріалу на всі зразки одного віку вони зберігалися в камері нормального твердіння. На 28-ий день зразки випробовувались.

Міцність бетону при стисканні визначалася на зразках-кубах (контрольних-необроблених та оброблених гідроізоляцією кубах) шляхом навантажування на гідравлічному пресі (рис. 2, 3) до руйнування за методикою державних стандартів України.

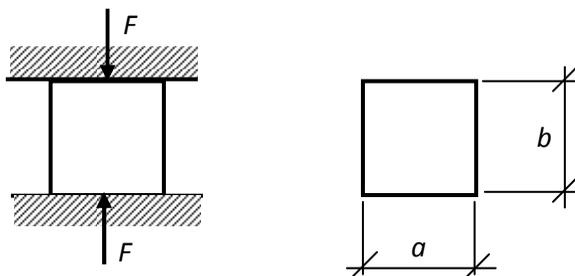


Рис. 2. Схема випробування кубів

Міцність окремих кубів

$$R_i = \frac{F_i}{a_i b_i}, \text{ МПа.} \quad (1)$$

Середня кубикова міцність

$$R_m = \frac{\sum R_i}{n}, \text{ МПа,} \quad (2)$$

де n – кількість випробуваних зразків.

Таблиця 1

Результати випробування кубів на міцність

№ зразків	Розміри $a \times b$, см	Руйнуюче зусил- ля F , кН	Кубикова міц- ність, R , МПа		Статистики	
			зразків R_i	Серед- ня R_m	середнє квадратичне відхилення σ , МПа	Коефіцієнт мінливості v , %
К-1	10x10	242/	24,20	25,25	0,72	0,029
К-2	10,2x9,9	261	25,85			
К-3	10x10	255	25,50			
К-4	9,8x9,7	242	25,46			
О-1	10,1x10	132	13,07	13,94	1,07	0,077
О-2	10-10.1	152	15,05			
О-3	10,2x10,1	151	14,66			
О-4	10,2x10,2	135	12,98			

Середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_m)^2}{n-1}}, \quad (3)$$

q – статистичний критерій, для кількості вимірів $n=4$: $q=1,41$.



Рис. 3. Визначення кубикової міцності і класу бетону

Таблиця 1

Результати випробування кубів на міцність

№ зразків	Розміри $a \times b$, см	Руйнуюче зусил- ля F , кН	Кубикова міц- ність, R , МПа		Статистики	
			зразків R_i	сере- дня R_m	середнє квадратичне відхилення σ , МПа	Коефіцієнт мінливості v , %
К-1	10x10	242/	24,20	25,25	0,72	0,029
К-2	10,2x9,9	261	25,85			
К-3	10x10	255	25,50			
К-4	9,8x9,7	242	25,46			
О-1	10,1x10	132	13,07	13,94	1,07	0,077
О-2	10-10.1	152	15,05			
О-3	10,2x10,1	151	14,66			
О-4	10,2x10,2	135	12,98			

Допустима теоретична помилка:

$$\Delta R_{it}(K) = \sigma \cdot q = 0,72 \cdot 1,41 = 1,01, \text{ МПа.} \quad (4)$$

$$\Delta R_{it}(O) = \sigma \cdot q = 1,07 \cdot 1,41 = 1,51, \text{ МПа.} \quad (5)$$

Коефіцієнт мінливості

$$\nu = \frac{\sigma}{R_m}. \quad (6)$$

Кубикова міцність, приведена до міцності бетонних кубів з розміром ребра $a = b = 10$ см, $\kappa = 0,9$.

$$R(K) = kR_m(K) = 0,9 \times 25,25 = 22,7 \text{ МПа.} \quad (7)$$

$$R(O) = kR_m(O) = 0,9 \times 13,94 = 12,55 \text{ МПа.} \quad (8)$$

Клас бетону

$$B(K) = R(K)(1 - 1,64\nu) = 22,7 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,029) = 21,6; \quad (9)$$

$$B(O) = R(O)(1 - 1,64\nu) = 12,55 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,077) = 10,97. \quad (10)$$

При вивченні зруйнованих зразків під мікроскопом (рис. 4) були виявлені кристали голкоподібної форми. Встановлено, що концентрація кристалів зменшується вглиб зразка, але кристали присутні і в середині зразка, що свідчить, що глибина проникнення гідроізоляції складає 500 мм.

Втрата міцності пояснюється проникненням гідроізоляції в пори бетону, де починається ріст кристалів, що порушують структуру бетону.

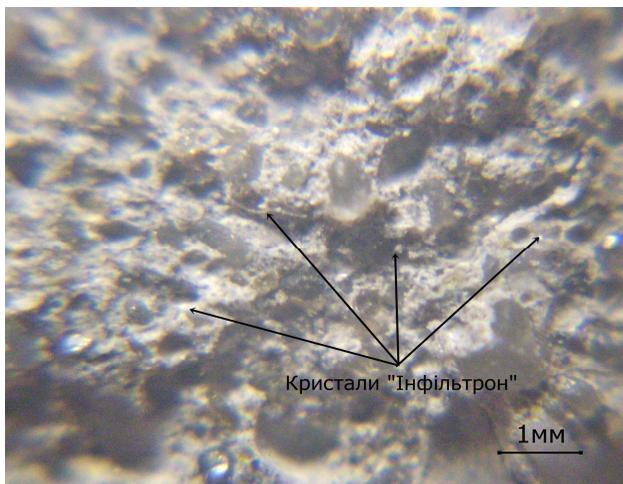


Рис. 4. Вигляд обробленого зразка бетону через мікроскоп

Водопоглинання зразків бетону визначалося на двох контрольних зразках-кубах та двох обмазаних зразках-кубах по зміні маси при насиченні водою протягом 48 год. за методикою державних стандартів України.

Таблиця 2

Результати випробування бетону на водопоглинання

№ зразків	Вага до насичення водою, г	Вага після насичення водою, г	Різниця	Середнє	%
К-3	2232	2391	159	155	6,7
К-4	2108	2259	151		
О-3	2220	2362	112	106	4,5
О-4	2278	2378	100		

Водонепроникність бетону визначалася на зразках-циліндрах діаметром 150 мм і висотою 150 мм з ізованими бічними гранями (рис. 5) за методикою державних стандартів України [7]. Тиск води прикладався до нижньої торцевої грані зразка ступенями по 200 кПа з витримкою по 16 годин на кожному ступені. Випробування проводили одночасно на двох контрольних та двох оброблених зразках одного складу бетону на установці, яка забезпечувала максимальний тиск води 1,2 МПа (рис. 6). За марку по водонепроникності брали такий тиск, при якому ознака фільтрації води "мокра пляма" спостерігалася на зразках.



Рис. 5. Зразок бетонної заготовки для випробування на водонепроникність

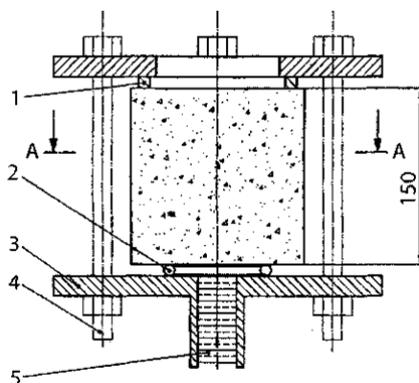


Рис. 6. Приклад випробувального пристрою: 1 – прокладка; 2 – герметизуюче кільце; 3 – пластина; 4 – різьбовий стрижень; 5 – вода під тиском

Таблиця 3

Результати випробування бетону на водонепроникність

№ зразків	Водонепроникність серії зразків, МПа	Час появи «мокра пляма» год.	Марка бетону за водонепроникністю W
К-3	0,6	4	4
К-4	0,6	2	4
О-3	0,8	6	6
О-4	0,8	8	6

Висновки.

Вивчення зруйнованих зразків під мікроскопом дозволяє встановити проникність кристалів гідроізоляції "Інфільтрон", до 500 мм із зниженням їх кількість вглиб зразка.

Гідроізоляції "Інфільтрон" зменшує міцнісні характеристики бетону, клас бетону контрольних зразків складає С12/15, а клас оброблених гідроізоляцією С8/10. Втрата міцності пояснюється проникненням гідроізоляції в пори бетону, де починається ріст кристалів, що порушують структуру бетону.

Гідроізоляція "Інфільтрон" істотно знижує водопоглинання, до 42% і підвищує марку бетону за водонепроникністю з W4 до W6.

1. Гурин В. А. Аналіз технічного стану водопропускних та водо регулюючих гідротехнічних споруд / Гурин В. А. Радчук М. І. // «Водні ресурси України та меліорація земель» інститут водних проблем та меліорації НААН 2013.
2. Гідротехнічні споруди. Підручник для вузів / за ред. А. Ф. Дмитрієва. – Рівне: РДТУ, 1999. – 328 с.
3. Науменко И. И. Надежность сооружений гидромелиоративных систем / И. И. Науменко. – Киев, 1994. – 424 с.
4. Дворкін Л. Й. Основи бетонознавства / Л. Й. Дворкін, О. Л. Дворкін. – К. : Основа, 2007. – 616 с.
5. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем: Пер. с англ. / Диллон Б., Сингх Ч. – М. : Мир, 1984. – 318 с.
6. ДБН В.2.4-3:2010 «Гідротехнічні споруди. Основні положення» – К. : Мінрегіонбуд України, 2010.
7. Карпенко А. О. Аналіз досліджень в області надійності залізобетонних елементів з високоміцного бетону. – К., 2011.
8. ДСТУ Б В.2.7-170:2008 «БЕТОНИ» Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М. М. (НУВГП)

Hurin V. A., Doctor of Engineering, Professor, Marchuk V. V., Radchuk M. I., Post-graduate Student (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

ASSESSMENT OF WATERPROOFING "INFILTRON" ON THE ELEMENTS WATERWORKS MELIORATIVE PURPOSE

The technique of laboratory studies of the effect of waterproofing materials on concrete. The data research use waterproofing materials at low marks concrete used in hydraulic structures as the seam between the pipe and headroom.

Keywords: headroom, durability, concrete, porosity, water absorption, water resistance, strength, needle-shaped crystals.

Гурин В. А., д.т.н., профессор, Марчук В. В., Радчук М. И., аспирант (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ «ИНФИЛЬТРОН» НА ЭЛЕМЕНТЫ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЕ

Изложена методика проведения лабораторных исследований влияния гидроизоляционных материалов на бетон. Приведены данные исследований использования гидроизоляционных материалов на низких марках бетона используемый в гидротехнических сооружениях как шов между оголовком и трубой.

Ключевые слова: оголовок, долговечность, бетон, пористость, водопоглощение, водонепроницаемость, прочность, игловидные кристаллы.
