

ТРУБОФІЛЬТРИ НА ОСНОВІ НОВИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН І ГРАВІЙНО-ПІЩАНИХ СУМІШЕЙ

Промислові та житлові будівлі часто споруджуються на заболочених та підтоплюваних територіях. У зв'язку з цим боротьбу з підземними водами або водопониження ведуть за допомогою водозабірних і водознижувальних свердловин, які забезпечуються фільтрами металевострижневими (металеві труби з використанням проволочи із платини, ніхрому та інші), керамічними та на основі дрібнозернистого портландцементного бетону з гравійною засипкою. Ці фільтри достатньо дорогі та не довговічні, а в умовах дії сульфатних підземних вод, швидко кородують та виходять з ладу.

З цих причин в техніці обладнання свердловин каркасно-стрижневими фільтрами з гравійною засипкою намітився прогресивний напрям по створенню фільтрів блочного типу, у яких гравійна обсіпка пов'язана різними цементуючими речовинами [1,2]. Такі блоки насаджують на опорні металеві перфоровані каркаси та занурюють у свердловину в готовому вигляді. В якості цементуючих речовин, використовують полімерні клеї (БФ-2, БФ-4), епоксидні смоли, бітуми, розчинне рідинне скло, бакелітовий лак та інші. Але у зв'язку з високою їх вартістю та складністю технологічного процесу виготовлення, ці в'язучі речовини не знайшли широкого застосування в практиці виготовлення трубофільтрів. Альтернативним варіантом, пропонуються трубофільтри на основі гравійно-піщаних сумішей і нових видів в'язучих речовин: лужних цементів та модифікованих полімерів холодного затвердження на акрилатній та поліефірних основах, які мають наступні переваги: простота виготовлення, підвищена міцність, корозійна стійкість, високий коефіцієнт фільтрації, довговічність.

Метою даної роботи є розробка складів дрібнозернистого бетону для отримання на їх основі трубофільтрів, призначених для довготривалої експлуатації в агресивних підземних водах.

Для виконання поставленої мети були виконані наступні роботи:

- проведено підбір складу в'язучих речовини по критерію показника коефіцієнта фільтрації та коефіцієнта корозійної стійкості;

-оптимізовані склади дрібнозернистих бетонів, які отримані на оптимальних видах в'язучих речовин за рахунок підбору зернового складу заповнювачів;

- досліджені основні фізико-механічні та гідравлічні властивості розроблених матеріалів для трубофільтрів.

У якості мінеральної складової трубофільтрів використовували гранітно-піщану суміш з максимальним розміром зерен 5 мм; у якості цементуючої основи – композиційні клеї типу ВАК-М, “Адгезив” і лужний цемент.

У склад органічних в'язучих речовин, в якості модифікаторів, вводили різні види ПАР (РПАР-АТЖ, МДІ та інші), які сприяли: зменшенню внутрішніх напружень в полімері при його перемішуванні з мінеральним наповнювачем; забезпечували легковкладальність суміші при формуванні виробів; забезпечували потрібну міцність та довговічність клеєних стиків.

Алюмосилікатною складовою лужного цементу був шлак доменний мелений ($S_{\text{пит.}} \approx 450 \text{ м}^2/\text{кг}$); в якості лужного затворювача – розчин метасилікату натрію густиною 1240 кг/м^3 ; також використовували комплекс домішок, які дозволяли регулювати строки тузавлення та показник легковкладальності бетонної суміші.

Характеристики фракціонованих зерен гранітного заповнювача в залежності від співвідношення фракцій поміж собою наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики заповнювачів

Зерновий склад заповнювача, % за масою, розміром, мм			Середня насипна густина, кг/м^3	Середня ущільнена маса, кг/м^3	Пустотність в ущільненому стані, %	Коефіцієнт різнозернистості, $\tau = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	Водопоглинання за 10 хв., %
5...10	2,5...5	1,25...2,5					
100	–	–	1280	1450	42	1,57	0,73
–	100	–	1370	1470	40	1,60	1,08
–	–	100	1200	1425	39	1,75	2,02
50	50	–	1340	1550	39	2,24	0,91
50	–	50	1385	1580	38	3,63	1,37
–	50	50	1285	1500	37	1,87	1,58
33,3	33,3	33,3	1360	1560	38	3,02	1,34
30	60	10	1345	1520	40	2,91	1,10
10	60	30	1295	1480	41	2,77	1,19

Міцність при стиску у ванні зразків трубофільтрів на основі мінеральних заповнювачів і в'язучих речовин, представлених лужним цементом і модифікованими полімерами холодного затвердження, визначали по відомій формулі та по схемі, наведеній на рис. 1.

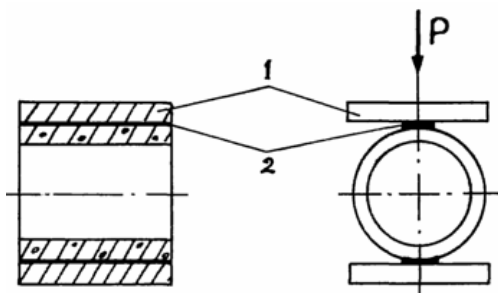


Рис. 1. Схема установки для механічних випробувань трубофільтрів:

1 – опірні плити преси; 2 – гумові підклади товщиною 5–10 мм

Коефіцієнт фільтрації розроблених трубофільтрів визначали за допомогою установки, наведеної на рис. 2 і розраховували по формулі [3]:

$$k_{\phi} = \frac{864\nu s}{T\pi D_{\text{сер}}l\Delta h r},$$

де T – час заповнення мірної ємкості водою, сек.; $D_{\text{сер}} = \frac{D_n + D_{\text{вн}}}{2}$, де D_n і $D_{\text{вн}}$ – зовнішній та внутрішній діаметр зразка, см; l – довжина фільтруючої частини зразка, см; Δh – падіння напору, см; $r = 0,7 + 0,03t$, t – температура профільтрованої води, °C; ν – об'єм профільтрованої через зразок води, см³.

Корозійну стійкість трубофільтрів на різних видах в'язучих речовин досліджували на спеціальній установці конструкції НДІГіМ (рис. 3). Дана установка дозволяє проводити випробування кільцевих зразків в умовах неперервної циркуляції розчинів різного ступеня агресивності.

Швидкість фільтрації агресивного середовища через зразки була прийнята 8,6 м/добу як величина, вище якої інтенсивність процесу корозії мало залежить від швидкості фільтрації [4,5]. В якості агресивних середовищ використовували розчини сульфату натрію із вмістом сульфат-іонів 10000 і 30000 мг/л, суміші сульфату та хлориду натрію із вмістом сульфат – та хлорид – іонів по 30000 мг/л кожного та розчин соляної кислоти з рН = 3–5.

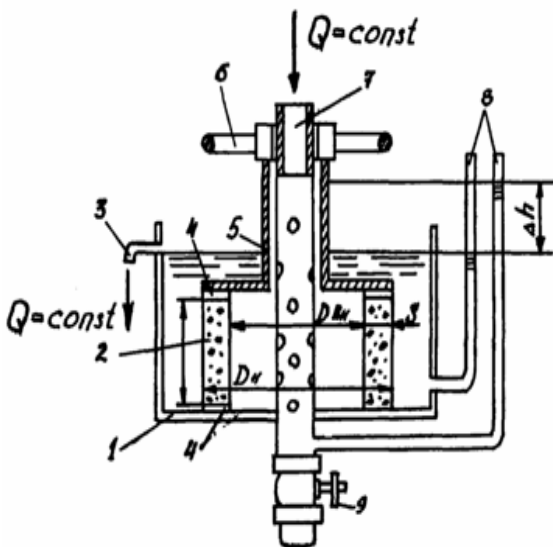


Рис. 2. Схеми установки для випробувань трубофільтрів на гідравлічні характеристики:

- 1 – бак; 2 – зразок;
- 3 – труба зливна;
- 4 – прокладка з м'якої гуми;
- 5 – притискувальний фланець;
- 6 – маховик, що знімається;
- 7 – труба приймальна перфорована;
- 8 – п'єзометри;
- 9 – вентиль

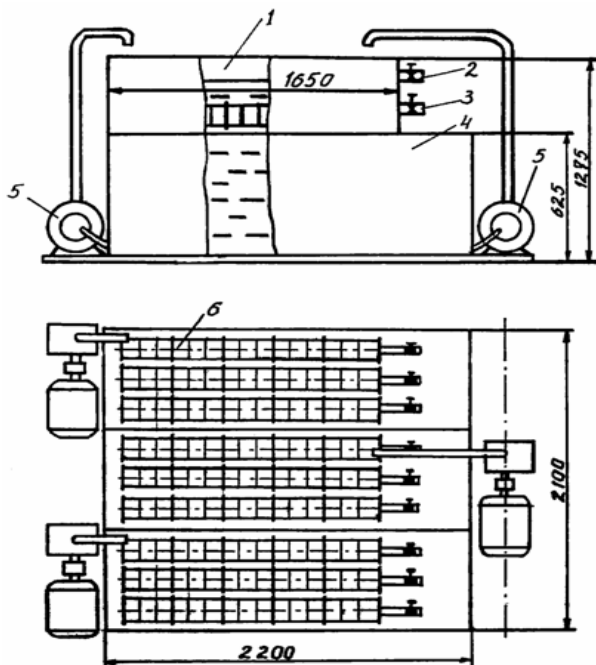


Рис. 3. Схеми установки для випробувань трубофільтрів на корозійні характеристики:

- 1 – бак; 2 – труба переливна; 3 – вентиль, що регулюється;
- 4 – бак накопичувач;
- 5 – насос; 6 – зразок

Стійкість зразків в агресивних розчинах оцінювали по величині коефіцієнта розм'якшення. Оптимізацію складу трубо фільтрів в залежності від технологічних параметрів вирішували шляхом реалізації експерименту по планам “суміш – технологія – властивості” [5].

Нижче наведені результати випробувань (табл. 2, 3) оптимальних складів трубофільтрів, які отримані на основі модифікованого полімеру типу “Адгезив”.

Таблиця 2

Характеристики міцності трубофільтрів в залежності від зернового складу заповнювача та витрати матеріалів на одиницю виробу

Зерновий склад заповнювача по масі, %, розміром, мм			Витрата матеріалів на одиницю виробу		Міцність при стиску (МПа) 5/30 діб
5...10	2,5...5	1,25...2,5	полімеру	заповнювача	
100	–	–	0,45	20	6,8/12,5
–	100	–	0,5	22	8,5/17,6
–	–	100	0,56	23	9,5/18,8
50	50	–	0,53	22	8,6/14,7
40	60	–	0,49	21,5	9,3/22,4
50	–	50	0,67	23	9,8/18,4

Таблиця 3

Характеристики коефіцієнту фільтрації трубофільтрів в залежності від зернового складу заповнювача

Зерновий склад заповнювача (мм) по масі, %			Витрата фільтрату, Q, м ³ /с, л/т	Втрата напору, Δh, см	Коефіцієнт фільтрації Kф, м ³ /с, л/т
5...10	2,5...5	1,25...2,5			
100	–	–	4,19/4,7	0,1	889,2/997,3
–	100	–	2,8/3,5	0,1	610,8/751,0
–	–	100	2,7/2,9	0,1	580,0/622,0
50	50	–	2,74/3,3	0,1	585,0/700,0
40	60	–	4,05/4,3	0,1	859,0/865,0
50	–	50	2,67/3,10	0,1	584,0/660,0

Аналізуючи отримані експериментальні дані можна сказати, що максимальною міцністю при стиску – 9,8 і 22,4 МПа на 5 та 30 добу тверднення – характеризуються трубофільтри, отримані з бетонних сумішей, що містять наступний зерновий склад гранітного заповнювача: фр. 5...10 мм – 40%, фр. 2,5...5 мм – 60% і відповідно фр. 5...10 мм –

50%, фр. 1,25...2,5 – 50% (табл. 2). За величиною коефіцієнта фільтрації максимальними значеннями – 889,2 і 859 м³/с характеризуються трубофільтри, отримані з бетонних сумішей, що містять наступний зерновий склад заповнювача: фр. 5...10 мм – 100% і, відповідно, фр. 5...10 мм – 40% та фр. 2,5...5 мм – 60% (табл. 3).

Що стосується даних по корозійній стійкості, то зразки трубофільтрів, в залежності від строку витримування в агресивних середовищах, характеризуються коефіцієнтом розм'якшення в межах від 0,90 до 0,97 незалежно від типу та співвідношення фракцій заповнювача (табл. 4).

Таблиця 4

Характеристики корозійної стійкості трубофільтрів по величині коефіцієнту розм'якшення в залежності від зернового складу заповнювача

Зерновий склад заповнювача (мм) по масі, %			Визначення коефіцієнту корозійної стійкості по величині коефіцієнта розм'якшення, діб			
5...10	2,5...5	1,25...2,5	3	30	90	180
100	–	–	0,90	0,90	0,92	0,95
–	100	–	0,90	0,92	0,93	0,93
–	–	100	0,90	0,92	0,92	0,94
50	50	–	0,91	0,94	0,96	0,96
40	60	–	0,93	0,94	0,95	0,97
50	–	50	0,92	0,95	0,97	0,97

Аналогічні дослідження були проведені для зразків трубофільтрів, які були отримані з бетонних сумішей на основі лужного цементу. Порівнюючи отримані експериментальні дані, в порівнянні з вище наведеними (табл. 2 – табл. 4), можливо сказати наступне: по міцносним характеристикам і коефіцієнту корозійної стійкості зразки трубо фільтрів на основі лужного цементу переважають тіж самі характеристики зразків, які отримані на основі модифікованого полімеру. По величині коефіцієнту фільтрації експериментальні дані майже однакові.

Максимальною міцністю при стиску – 17,0 і 41,5 МПа на 5 та 30 добу тверднення – характеризуються трубофільтри, які отримані з бетонних сумішей, що містять наступний зерновий склад гранітного заповнювача: фр. 5...10 мм – 50%, фр. 1,25...2,5 мм – 50%. По величині коефіцієнту фільтрації максимальними значеннями – 905 і 820 м³/с характеризуються трубофільтри, які отримані з бетонних сумішей, що містять наступний зерновий склад заповнювача: фр. 5...10 мм – 100% і, відповідно, фр. 5...10 мм – 50% та фр. 1,25...2,5 мм – 50%.

Що стосується даних по корозійній стійкості, то зразки трубофільтрів, в залежності від строку витримування в агресивних середовищах, характеризуються коефіцієнтом розм'якшення в межах від 0,90 до 0,98 незалежно від типу та співвідношення фракцій заповнювача (табл. 5).

Таблиця 5

Характеристики міцності, коефіцієнту фільтрації і корозійної стійкості трубофільтрів в залежності від зернового складу заповнювача

Зерновий склад заповнювача (мм) по масі, %			Міцність при стиску (МПа) 5/30 діб	Коефіцієнт фільтрації Кф, м ³ /с, л/т	Визначення коефіцієнта корозійної стійкості по величині коефіцієнта розм'якшення, діб	
5...10	2,5...5	1,25...2,5			14	28
100	—	—	7,8/18,2	905/1000	0,90	0,94
—	100	—	9,8/22,6	815/901	0,93	0,95
—	—	100	12,4/28,0	610/735	0,94	0,97
50	50	—	11,6/27,2	785/814	0,95	0,97
40	60	—	15,0/33,4	751/805	0,96	0,975
50	—	50	17,0/41,5	820/900	0,97	0,98

На рис. 4 наведені фотографії зразків трубофільтрів на різних видах в'язучих речовин, фізико-механічні та гідравлічні властивості яких було досліджено в даній роботі.



Рис. 4. Трубофільтри на основі модифікованого полімеру (а) та лужного цементу (б) із заповнювачем – гранітним відсівом фр. до 5 мм

Висновки

1. У результаті експериментальних досліджень розроблені та оптимізовані рецептурно-технологічні параметри отримання пористих гравійних бетонів на основі лужного цементу та модифікованих полімерів для фільтраційних матеріалів, які забезпечують високу міцність і корозійну стійкість дренажних конструкцій.

2. Встановлено, що коефіцієнт фільтрації трубо фільтру, незалежно від виду в'язучої речовини, становить в середньому від $3,5 \cdot 10^{-3}$ до 4,7 м/с (1050...1400 м/добу), фільтраційна пористість – 6...9%, середній діаметр гідравлічних пор – 0,3...0,6 мм, що визначає можливість його використання в дренажах різних конструкцій та гідрогеологічних умовах.

3. Отримані функціональні залежності міцносних і фільтрувальних властивостей від гранулометричного складу заповнювача та кількості цементуючої складової (мінерального чи органічного походження), що забезпечує отримання матеріалу з комплексом заданих властивостей.

4. Встановлена висока корозійна стійкість трубофільтрів, особливо на лужних цементах, в мінералізованих середовищах сульфатно-хлоридного типу, яка обумовлює можливість використання фільтрів в ґрунтових водах із вмістом сульфат-іонів до 30000 мг/л.

Список літератури

1. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды: Справ. Пособие. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1985. – 120 с.

2. Мироненко В.А., Устинов С.А., Волчанский В.Я., Сердюков Л.И. Опыт осушения бурогольных разрезов в ГДР. – М.: ЦНИЭИуголь, 1971. – 46 с.

3. Абрамов С.К., Коринченко И.В., Рубецкая Г.В. и др. Долговечность фильтрационного бетона в условиях коррозии первого вида // Бетон и железобетон. – 1974. - №7. – С. 35–36.

4. Минас А.И., Печикин О.Я. Трубофильтры из крупнопористого бетона для сбора минерализованных сульфатных вод // Трубофильтры в водохозяйственном строительстве. – К.: Знание, 1976. – С. 11–13.

5. Методические рекомендации по применению статистических моделей для анализа и оптимизации состава, технологии и свойств композиционных материалов на основе щелочных вяжущих систем / Вознесенский В.А., Кривенко П.В. – К.: УХЛ-Пресс, 1996. – 106 с.