

Вінницькій області / За ред. В.Г.Петрука. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2007. – 160 с.

2.Плетнев М.Ю. Рисайклинг как ключевой элемент современной системы сбора и переработки твердых бытовых отходов // <http://www.greenpeace.org/russia/ru/press/reports/29569>).

3.Правила надання послуг із збирання та вивезення твердих і рідких побутових відходів, затверджені наказом Держбуду України №54 від 21.03.2000 р. і зареєстровані в Міністерстві України 31 липня 2000 р. за № 457/4678.

4.Програма поводження з відходами у місті Луцьку на 2006-2010 роки // http://economy.lutsk.ua/?page_id=980.

5.Аграрна палата України. Про проблему управління відходами // http://www.agrichamber.org.ua/?page=zgurivka_problem.

Отримано 27.11.2009

УДК 628.16

В.О.ОРЛОВ, д-р техн. наук, М.М.ТРОХИМЧУК

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне

ВИКОРИСТАННЯ ПІНОПОЛІСТИРОЛЬНОЇ ЗАСИПКИ ДЛЯ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ВОДИ

Визначено перспективні напрямки використання пластмас в галузі водного господарства. Наведені результати гідравлічних досліджень процесу фільтрування через пінополістирольну засипку, результати процесів фільтрування та промивки.

Определены перспективные направления использования пластмасс в области водного хозяйства. Приведены результаты гидравлических исследований процесса фильтрации через пенополистирольную засыпку, результаты процессов фильтрации и промывки.

Perspective directions of the use of plastics are certain in area of water economy. The hydraulic researches results of filtration process are resulted through the suds polystirol filing up, results of filtration processes and washing.

Ключові слова: пластмасові труби, системи охолодження, біофільтри, пластмасова пінополістирольна засипка, плаваюче завантаження, насипна густина, питома густина.

Сьогодні галузь будівництва та міського господарства неможливо уявити без використання пластмас. У свою чергу дані галузі неможливо уявити без водогосподарського комплексу (ВГК), поширення пластмас в якому набуло стрімкого розвитку. До складу ВГК входять споруди і засоби для забезпечення того чи іншого об'єкту питною або технічною водою, а також забезпечення відведення відпрацьованих вод, їх очистку та скид у водне середовище.

Порівняно недавно пластмаса почала використовуватись в системах очистки природних вод. Популярною тенденцією останніх років стало використання пластмасової пінополістирольної засипки, як фільтруючого матеріалу водоочисних фільтрів. За ефективністю очистки

вона не поступається звичайним важким засипкам і разом з тим володіє рядом експлуатаційних переваг – значно легше здійснюються операції засипки і заміни засипки, а також її регенерації (відпадає необхідність улаштування додаткових промивних насосів, промивних ємностей тощо).

Проблема використання пластмас у системах водопостачання вивчалась багатьма науковцями, зокрема Д.М.Мінцем [1], В.О.Орловим [2, 5, 6], А.Я.Малкіним [3], М.Г.Журбою [4] та ін.

Для приготування плаваючого завантаження використовують гранульований неподрібнений або подрібнений полістирол марок ПСВ, ПСВ-С та ін. В склад технології приготування завантаження фільтрів входить сушка вихідного матеріалу, розсіювання його на фракції та спінювання. На ділянці спінювання слід забезпечити надійне вентилування.

Основними постачальниками вихідного матеріалу на підприємства по виготовленню пінополістиролу є:

1) Україна, м.Горлівка, підприємство „Стирол”, марки: М3 з діаметром зерен $d_{ек} = 1,5$ мм; М4 з діаметром зерен $d_{ек} = 0,5$ мм, середня ціна – 11500 грн./т;

2) Польща, фірма OWIPIAN, марки: FS0513 з $d_{ек} = 0,5 \div 1,3$ мм; FS0308 з $d_{ек} = 0,3 \div 0,8$ мм; FS0816 з $d_{ек} = 0,8 \div 1,6$ мм.; FS1325 з $d_{ек} = 1,3 \div 2,5$ мм, середня ціна – 13000 грн./т;

3) Китай, Тайвань, марки: FS, FSA, FSB, FMS; середня ціна – 13000 грн./т.

Зазвичай пінополістирол, отриманий у виробничих умовах, може бути трьох марок з різним гранулометричним складом (табл.1).

Таблиця 1 – Розмір гранул та його вартість залежно від марки пінополістиролу

Марка пінополістиролу	Діаметр гранул, мм	Ціна 1 м ³ , грн.
М 15	5-10	220
М 25	2-5	279
М 35	1,5-2,5	400

Крупність зерен пінополістиролу та їх однорідність в фільтраційному шарі характеризується даними ситового аналізу, вимірами на електронному мікроскопі або менш точно, за допомогою штангенциркуля, що дозволяє визначити наступні показники [1]: еквівалентний діаметр зерен ($d_{екв}$); 10-, 20- та 80%-ні діаметри зерен (d_{10}, d_{20}, d_{80}); коефіцієнт неоднорідності засипки (k_n).

Фізичні характеристики засипки, а саме насипна густина (γ_0^u), питома густина (D) і пустотність ($V_{пуст}$) визначалися за відомими методиками [3]. З цією метою для кожної вибірки пінополістиролу чи полістиролу відбирається 30-50 гранул у довільній послідовності. В табл.2 наведено гранулометричний склад полістиролу, що може бути використаний в якості засипки фільтру, а в табл.3 – його фізичні характеристики.

Таблиця 2 – Результати визначення гранулометричного складу засипки фільтрувальної колонки за допомогою мікроскопу

№ п/п	Характеристика полістиролу	$d_{екв}$, мм	d_{10} , мм	d_{80} , мм	$K = \frac{d_{10}}{d_{80}}$	d_{20} , мм
1	Комбінований пінополістирол	1,38	0,67	2,77	4,134	0,885
2	Спінений полістирол у виробничих умовах	2,8	2,045	4,865	2,4	2,455
3	Спінений полістирол у виробничих умовах	4,15	3,0	5,9	1,97	3,7

Таблиця 3 – Результати визначення фізичних характеристик полістиролу

№ п/п	Характеристики полістиролу	Питома густина, кг/м ³	Насипна густина, кг/м ³	Пустотність, %
1	Комбінований пінополістирол	70	13	82
2	Спінений полістирол у виробничих умовах	13	6,3	76
3	Спінений полістирол у виробничих умовах	61	27	16

Довготривале перебування гранул пінополістиролу у воді мало впливає на його розміри і водостійкість, що обумовлює практично необмежене його використання в якості плаваючої засипки. При спіненні в гарячій воді можна отримати гранули невеликого еквівалентного діаметру та значної питомої густини, одна з головних переваг такого пінополістиролу – більш розвинута питома поверхня гранул, яка легко змінюється в процесі їх спінування. Але порівняно з пінополістиролом, який отримано на виробництві, вартість його є значно вищою, а також значно вищі трудовитрати.

Гідравлічне дослідження процесу фільтрування виконували через отримані пінополістирольні засипки. Критеріями, за якими визнача-

ється режим фільтрувального потоку, є число Рейнольдса і коефіцієнт опору [7]. Існує багато залежностей, запропонованих різними авторами, які отримано емпіричним шляхом, шляхом експериментальних досліджень, за допомогою методів теорії подібності і розмірностей. Відповідно до методики, запропонованої в [2] з урахуванням переходу в міжнародну систему одиниць вимірювання [Si], формули для визначення основних критеріїв фільтрувального потоку приймуть вигляд:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d_{\text{ек}} \cdot \rho_1 \cdot 10^{-3}}{6\mu \cdot \alpha(1-m)}; \quad (1)$$

$$\eta = \frac{g \cdot H \cdot m^3 \cdot d_{\text{ек}} \cdot 10^{-3}}{L \cdot v^2 \cdot 6\alpha(1-m)}, \quad (2)$$

де v – швидкість фільтрування, м/с; $d_{\text{ек}}$ – еквівалентний діаметр зерен, мм; ρ_1 – щільність рідини, кг/м³; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості води, кг/м·с; α – коефіцієнт форми зерна; g – прискорення земного тяжіння, м/с²; H – напір води над засипкою, м; m – коефіцієнт пористості завантаження.

Перед побудовою графічних залежностей проводилась статистична обробка отриманих результатів експериментальних досліджень і виконувалась відсів аномальних значень. На основі отриманих результатів побудовано графік залежності $\eta = f(\text{Lg Re})$ (рис.1) і графік залежності початкових втрат напору від швидкості фільтрування $h_0 = f(v)$ (рис.2).

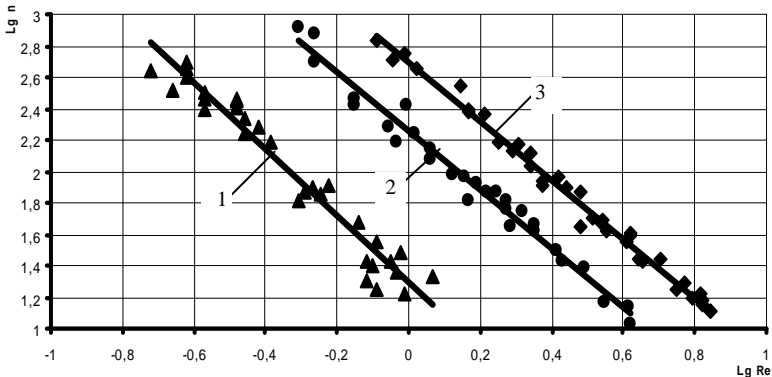


Рис.1 – Графік залежності $\eta = f(\text{Lg Re})$ для шару пінополістиролу при фільтруванні знизу вгору:

1 – $d_{\text{ек}} = 1,38$ мм; 2 – $d_{\text{ек}} = 2,8$ мм; 3 – $d_{\text{ек}} = 4,15$ мм.

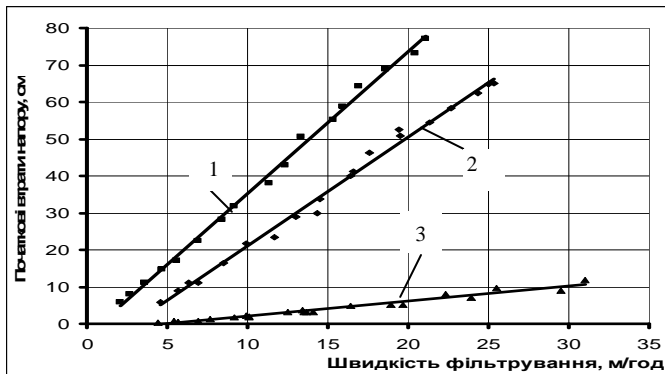


Рис.2 – Графік росту початкових втрат напору при збільшенні швидкості фільтрування:
1 – $d_{ек} = 1,38$ мм; 2 – $d_{ек} = 2,8$ мм; 3 – $d_{ек} = 4,15$ мм.

Як видно з графіків, дослідні точки з незначним розсіюванням розташовуються вздовж деяких прямих (причому величина достовірності апроксимації складає $R^2 = 0,95-0,99$), які вказують на залежність $\eta = f(Re)$.

Причини відхилення основної маси точок від прямих, пов'язані з незначними помилками при лабораторних дослідженнях процесу фільтрування, таких як точність вимірювання витрат води, складність встановлення усталеного режиму фільтрування.

Проаналізувавши всі експериментальні прямі, що відповідають різним еквівалентним діаметрам фільтрувального матеріалу, встановлено, що залежність між логарифмами числа Рейнольдса та коефіцієнтом опору має прямолінійну залежність.

На експериментальній установці та в натурних умовах [8] проводились дослідження процесу знезалізнєння води, а потім регенерації плаваючої фільтруючої засипки. Процес знезалізнєння проводився для трьох фільтроциклів із схожими характеристиками. Результати процесу знезалізнєння наведено в табл.4.

Таблиця 4 – Результати процесу знезалізнєння

№ п/п	Швидкість фільтрування, м/год	Вхідна концентрація заліза, мг/л	Концентрація заліза у фільтраті, мг/л
1	3	1,3 – 3,2	0,05 – 0,28
2	6	1,0 – 2,75	0,06 – 0,29
3	7	1,45 – 3,2	0,04 – 0,28

Регенерація фільтрувальної засипки проводилась трьома спосо-

бами водяної промивки: безперервна з постійною інтенсивністю, імпульсна промивка і промивка з різними інтенсивностями. Результати промивок наведені в табл.5.

Таблиця 5 – Результати процесу промивки

Дата проведення промивки	Тривалість промивки, с	Корисна тривалість промивки, с	Інтенсивність промивки, л/с·м ²
<i>Безперервна промивка з постійною інтенсивністю</i>			
27.01.09	210	180	12
10.02.09	210	210	12
18.02.09	210	180	13
<i>Імпульсна промивка</i>			
30.01.09	300	150	13
11.02.09	300	150	14
20.02.09	300	150	13
<i>Промивка з різними інтенсивностями</i>			
29.01.09	390	90	11-17
12.02.09	390	90	11-20
24.02.09	390	60	14-19

Об'єм води, що витрачається на промивку: а) для безперервної промивки з постійною інтенсивністю: $W_n = 0,2192 \times 210 = 46,03$ л; б) для імпульсної промивки: $W_n = 0,239 \times 150 = 35,85$ л; в) для промивки з різними інтенсивностями: $W_n = 0,2635 \times 90 = 23,72$ л.

Таким чином, встановлено залежність між основними критеріями фільтрувального потоку – числом Рейнольдса та коефіцієнтом опору при фільтруванні води через пінополістирольну засипку, дана залежність виражається прямою нахилоною під певним кутом до осі ординат. Встановлено, що до швидкості фільтрування $v = 30$ м/год. через пінополістирольну засипку спостерігається ламінарний режим руху рідини (більші швидкості фільтрування не рекомендуються для роботи фільтрувальних споруд). До швидкості фільтрування 7 м/год. і концентрації заліза у вихідній воді до 3 мг/л ефект знезалізнєння в пінополістирольній засипці в середньому складає 95%. При використанні безперервної промивки фільтрувальної засипки з постійною інтенсивністю кількість води, яка витрачається для регенерації пінополістирольної засипки на 35% більше, ніж при промивці з різними інтенсивностями чи на 20% ніж при імпульсній промивці.

1. Минц Д.М., Шуберт С.А. Гидравлика зернистых материалов. – М.: Изд-во МКХ РСФСР, 1955. – 111 с.

2. Орлов В.О. Знезалізнєння підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням. – Рівне: НУВГП, 2008. – 158 с.

3. Малкин А.Я., Вульфсон С.А., Кулезнев В.Н. Полистирол. Физико-химические

основы получения и переработки. – М.: Химия, 1975. – 114 с.

4.Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фیلтрах. – Львов: Вища школа, 1980. – 200 с.

5.Визначення гранулометричного складу пінополістирольного завантаження фільтрів для знезалізнення води / В.О.Орлов, С.Ю.Мартинів, Н.Л.Мінаєва та ін. // Вісник НУВГП: Зб. наук. праць. Вип.3 (27). – Рівне, 2004. – С.264-270.

6.Орлов В.О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою. – Рівне: НУВГП, 2005. – 163 с.

7.Колотило В.Д., Орлов В.О. Зернисті фільтри для підготовки питної води. – Харків: Фактор, 2004. – 256 с.

8.Трохимчук М.М. Дослідження гідралічних властивостей процесу фільтрування через пінополістирольне завантаження // Гідромеліорація і гідротехніка: Зб. наук. праць. Вип.33. – Рівне, 2008. – С.186-191.

Отримано 29.10.2009

УДК 697 : 620.9.004.183

Т.С.КУГАЄВСЬКА, канд. техн. наук, Л.Л.ЗУБРИЧЕВА, С.В.ЦЕЦУРЕНКО
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛА СТИЧНИХ ВОД НА КАНАЛІЗАЦІЙНІЙ НАСОСНІЙ СТАНЦІЇ

Аналізується залежність між надходженнями теплоти від стічних вод до приміщень каналізаційної насосної станції в холодний період року і режимом надходжень стічних вод на каналізаційну насосну станцію. Розглянуто вплив теплових потоків від стічних вод на можливість зменшення теплового навантаження на систему опалення каналізаційної насосної станції.

Анализируется зависимость между поступлениями тепла от сточных вод в помещения канализационной насосной станции в холодный период года и режимом поступлений сточных вод на канализационную насосную станцию. Рассматривается влияние тепловых потоков от сточных вод на возможность уменьшения тепловой нагрузки на систему отопления канализационной насосной станции.

There is analyze dependence between heat receipt from sewages on the sewerage pump station and regime entering sewages on the sewerage pump station. Consideration possibility decrease of heat loading on the heating system sewerage pumps station using heat receipt from sewages.

Ключові слова: теплота стічних вод, каналізаційна насосна станція, система опалення, енергозаощадження.

Неочищенные стічні води, що надходять до приймального резервуару каналізаційної насосної станції (КНС), мають суттєвий тепловий запас. Аналіз впливу теплоти стічних вод на температурний режим каналізаційної насосної станції надає можливість використання нетрадиційних теплових джерел при проектуванні систем опалення.

Теплота стічних вод досліджується у світлі економного використання енергоресурсів [1, 2]. Доцільність використання теплоти неочи-