

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ФЛОКОВОГО ПОКРИТТЯ З ВОДОРОЗЧИННИМИ ПОЛІМЕРНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ В ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННІ Й ЕКОЛОГІЇ

© Симоненко О. П., 2012

Наведено результати експериментальних досліджень зі створення на основі флокових покриттів, з гідродинамічно активними водорозчинними наповнювачами, проточного генератора приготування розчинів високомолекулярних сполук – поліетиленоксиду (ПЕО) і поліакриламід (ПАА). Показано, що використання такого генератора значно спрощує процес приготування однорідних розчинів високомолекулярних ПЕО і ПАА у промислових масштабах з максимальним збереженням їх гідродинамічної ефективності.

**Ключові слова:** енергозбереження, екологія, водорозчинний наповнювач, флокове покриття, проточний генератор, приготування розчинів.

**In the publication, there are shown the results of experimental research concerned with creation of a flowing generator for preparation of solutions of high-molecular polyethylene oxide (PEO) and polyacrylamide (PAA) based on the flock coatings with hydrodynamically active water-soluble fillers. It is shown that the use of such generator simplifies the process of preparation of homogenous solutions of high-molecular PEO and PAA at industrial level and allows maximum preserving their hydrodynamic efficiency.**

**Key words:** energy saving, ecology, highly – concentrated suspension, flock covering, flowing generator, preparation of solutions.

### Вступ

Широке застосування водорозчинних високомолекулярних полімерів в енергозбереженні й екології стримується через такі основні причини: тривалий у часі процес їх розчинення й відсутність устаткування, яке забезпечує максимальне збереження молекулярної маси полімеру в процесі приготування великих об'ємів полімерних розчинів за короткі проміжки часу.

У зв'язку із цим останнім часом вчені інтенсивно працюють над створенням відповідних пристроїв і технологічного обладнання для ефективного розчинення порошкоподібних полімерів і полімерних гелів, а також розробляють на їхній основі високоефективні швидкорозчинні полімерні композиції.

Особливої актуальності ці проблеми набувають у випадках застосування високомолекулярних водорозчинних полімерів (наприклад, поліетиленоксиду – ПЕО і поліакриламід – ПАА) у надзвичайних ситуаціях (гасінні великомасштабних пожеж, аварійній відкачці води, ліквідації загрози або наслідків аварій при переповненні каналізаційних систем тощо).

Крім цього, необхідно також зменшити до мінімуму матеріальні витрати при впровадженні нових технологій, спрямованих на вирішення проблем енергозбереження й екології, які ґрунтуються на використанні розчинів високомолекулярних ПЕО й ПАА.

Аналіз наукових праць і патентів на винаходи, пов'язаних із застосуванням високомолекулярних ПЕО й ПАА в енергозбереженні з використанням явища зменшення гідродинамічного опору тертя (ефект Томса) [1, 2], а також вирішення проблем екології й техногенної безпеки, показав, що одним з найдоступніших способів приготування полімерних розчинів для цих цілей є спосіб, оснований на розмиві спеціально підготовленого й нанесеного на тверду поверхню об'єкта, що рухається у воді, або на армуючі вставки проточних генераторів розчинів з водорозчинного покриття.

У роботах [3, 4] наведено результати промислових випробувань такого способу приготування розчинів гідродинамічно активного ПЕО для підвищення ефективності роботи протипожежного й гідроруйнівального устаткування, а також для поліпшення транспортування гіпсових розчинів у трубопроводах. Високомолекулярний ПЕО наносили на армуючі вставки, попередньо покриті спеціальним ґрунтувальним шаром, нагріваючи його суспензії у литих формах.

Відомі також склади і способи приготування й нанесення на тверді поверхні різних об'єктів, що рухаються у воді, розчинних полімерних покриттів на основі ПЕО й ПАА з лакофарбових матеріалів (ЛФМ), які забезпечують зменшення гідродинамічного опору тертя. Основний недолік таких покриттів полягає в тому, що для високоефективного зменшення гідродинамічного опору тертя необхідно забезпечити тривалу в часі підвищену масовіддачу полімеру з покриття, яке розчиняється. Для цього потрібно збільшити товщину покриття, що, як наслідок, зумовлює погану адгезію до ґрунтувального шару. Крім цього, приготування покриттів із ЛФМ – дуже трудомісткий процес і займає дуже багато часу.

Численними дослідженнями, виконаними в Україні й за кордоном, встановлено, що найефективніше високомолекулярні сполуки використовуватимуться тільки тоді, коли на їхній основі будуть створені спеціальні композиції для кожного конкретного випадку застосування [1, 3, 4].

Так, наприклад, композиції для підвищення ефективності роботи протипожежного устаткування, поряд з ПЕО, повинні додатково містити поверхнево-активні речовини (ПАР) [4], для обробки ґною, з метою зменшення виділення шкідливих газів – їдкий натрій [5] тощо.

**Мета роботи** – створити для об'єктів, що рухаються у воді, а також для проточних касет полімерні покриття, які можна було б використовувати для приготування розчинів з композицій різних складів.

### Основна частина

Попередні дослідження показали, що одним з перспективних напрямів розв'язання цієї проблеми може бути використання флокових покриттів з водорозчинними полімерними наповнювачами. Наприклад, такими наповнювачами можуть бути тонкодисперсні рівнощільні суспензії ПЕО і ПАА в гліцерині з розмірами полімерних часток менше ніж 63 мкм.

Перед використанням флокові покриття просочують полімерними наповнювачами – тонкодисперсними полімерними суспензіями, які вимиваються або потоком, що набігає (при зовнішньому обтіканні), або (у випадку використання в складі генератора приготування розчинів) потоком води, що подається в генератор примусовим способом.

Флокові матеріали являють собою капронові ворсинки висотою 0,5–1,5 мм, які наносять електрофлокуванням на покриті клейовими складами металеві або пластмасові основи.

Порівняно з ультраслабкими полімерними покриттями, які наносяться на омивану поверхню з використанням ЛФМ або перегріванням полімерної суспензії, флокові покриття мають низку переваг, до основних з яких потрібно віднести:

- збільшення кількості полімерного матеріалу, який наносять на тверду поверхню;
- підвищення концентрації полімеру в розчині за рахунок великої площі поверхні ворсинок, що додатково збільшує загальну площу поверхні, з якої вимивається полімерний матеріал;
- довжина, щільність нанесення й кут нахилу ворсинок до поверхні дозволяють регулювати швидкість переходу полімеру у розчиненому вигляді у водний потік;
- як водорозчинні полімерні наповнювачі можуть бути використані суспензії ПЕО й ПАА різного призначення.

У цій публікації розглянуто варіанти застосування флокових покриттів у складі проточних генераторів приготування розчинів високомолекулярних ПЕО й ПАА.

Залежно від сфери застосування, об'єму розчинів, які готуються, конструкція генератора із флоковим покриттям і склади водорозчинних полімерних наповнювачів можуть суттєво відрізнятися.

У процесі виконаних конструкторських і технологічних робіт встановлено, що найпростішим у виготовленні й використанні є генератор, активний елемент якого – армуюча вставка з флоковим покриттям, являє собою набір плоскопаралельних пластин, розташованих на відстані 3 мм одна від одної й скріплених шпильками в пакет. Такий пакет розміщується в корпусі генератора, до якого через патрубок з одного боку подається вода, а з іншого витікає приготований полімерний розчин.

Випробування працездатності проточного генератора приготування розчинів високомолекулярного ПЕО, до складу якого входять армуючі вставки із флоковим покриттям, й оцінка його гідродинамічної ефективності проводилися на гідравлічному стенді, принципова схема якого наведена на рис. 1.

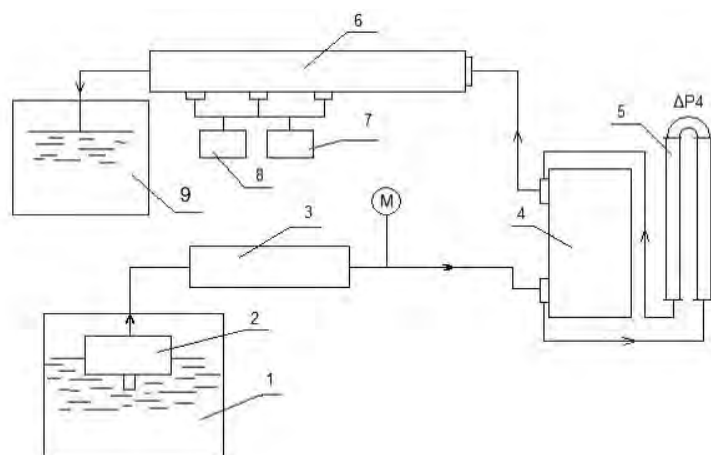


Рис. 1. Принципова схема гідравлічного стенда для випробування ефективності роботи проточного генератора на основі флокових покриттів з водорозчинним полімерним наповнювачем: 1 – ємкість для води; 2 – насос; 3 – індукційний витратомір; 4 – генератор приготування полімерних розчинів; 5 – манометр для визначення втрат тиску в генераторі; 6 – вимірювальний канал; 7, 8 – диференціальні манометри для визначення втрат тиску на контрольних ділянках вимірювального каналу; 9 – ємкість для приготованого за допомогою генератора розчину

Принцип роботи гідравлічного стенда такий. З ємкості 1 насосом 2 вода через індукційний витратомір 3 подається в проточний генератор приготування полімерного розчину 4. Отриманий у процесі розмиву полімерного наповнювача із флокового покриття розчин потрапляє у вимірювальний канал 6, на контрольних ділянках якого за допомогою диференціальних манометрів 7 і 8 визначали втрати тиску.

Втрати напору в генераторі вимірювали за допомогою диференціального манометра 5. Після проходження вимірювального каналу розчин, який утворювався за рахунок розмиву гідродинамічно активного наповнювача, надходив у ємкість 7. Втрати тиску в усьому гідравлічному контурі вимірювали за допомогою зразкового манометра М.

На рис. 2 наведено залежність величини ефекту зменшення гідродинамічного опору тертя  $\Delta\lambda/\lambda$  (у %) на контрольній ділянці трубопроводу від часу активної роботи генератора  $t$  (хв) із флоковим покриттям, наповнювачем якого була тонкодисперсна рівнощільна суспензія ПЕО у дисперсійному середовищі – суміші гліцерину з водою.

З рисунка видно, що протягом перших 30 хвилин розчин ПЕО, що вимивається із флокового покриття, характеризується істотним послабленням гідродинамічного опору тертя (значення  $\Delta\lambda/\lambda$ , %, у цьому проміжку часу дорівнює 46–55 %). Починаючи з 30 хв значення  $\Delta\lambda/\lambda$ , %, у приготованому розчині поступово зменшується і на 60 хв, з початку проведення експерименту, дорівнює 17,5 %, а на 120 хв – нулю.

Такий спосіб приготування полімерних розчинів відкриває широкі перспективи практичного застосування полімерних композицій в енергозбереженні й екології, тому що як водорозчинний наповнювач флокових покриттів можна використати полімерні суспензії всіляких складів, зокрема і суспензії спеціального призначення.

Перевага застосування флокових покриттів у складі генераторів приготування розчинів полягає в тому, що як водорозчинний полімерний наповнювач в них можуть використовуватись не тільки знову розроблені суспензії, але й відомі стабільні суспензії ПАА й ПЕО.

Так, наприклад, з метою поліпшення роботи протипожежного устаткування й підвищення вогнегасних властивостей води ефективніше використовувати склади, які містять поряд з ПАА поверхнево-активну речовину (ПАР) – «Кубоксалім», а для зменшення вивітрювання тонкодисперсних фракцій при транспортуванні сипких матеріалів і пилепридушення до складу полімерної суспензії доцільніше вводити неіонну ПАР ОП-10 (табл. 1).

Таблиця 1

**Можливі варіанти складів гідродинамічно активних водорозчинних наповнювачів для флокових покриттів на основі поліакриламід (ПАА)**

№	Молекулярна маса ПАА, млн.	Склад водорозчинного наповнювача, ваг. %					Час зберігання, діб.	$\Delta\lambda/\lambda$ max, %
		ПАА	Найменування ПАР	Концентрація ПАР	Розріджувач ПАР	Концентрація розріджувача		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	3,0	20	Кубоксалім	54,3	Етанол	25,7	1	34,9
2	3,0	30	Кубоксалім	42,7	Метанол	27,3	1	34,8
3	6,0	20	Кубоксалім	48,8	Метанол	31,2	5	39,3
4	10,0	20	Кубоксалім	44,8	Пропанол	35,2	10	61,3
5	10,0	30	Кубоксалім	39,2	Етанол	30,8	10	57,2
6	10,0	30	Кубоксалім	47,6	Ізопропанол	22,4	1	59,3
7	3,0	20	ОП-10	70,0	Вода	10,0	5	28,2
8	3,0	30	ОП-10	55,0	Вода	15,0	10	27,1
9	6,0	30	ОП-10	60,0	Вода	10,0	1	31,9
10	6,0	30	ОП-10	60,0	Вода	10,0	10	28,6
11	10,0	30	ОП-10	60,0	Вода	10,0	1	45,3
12	10,0	30	ОП-10	60,0	Вода	10,0	10	41,2
13	10,0	20	ОП-10	65,0	Вода	15,0	1	42,1
14	10,0	30	Алкілсульфати натрію (R=10-18)	55,0	Вода	15,0	1	39,1
15	10,0	30	«Превоцел»	55,0	Вода	15,0	1	44,9
16	6,0	30	Алкілсульфати натрію (R=10-18)	55,0	Вода	15,0	1	21,0
17	3,0	20	ОП-10	70,0	Ізопропанол	10,0	5	28,4
18	3,0	30	ОП-10	55,0	Ізопропанол	15,0	10	27,0
19	3,0	20	ОП-10	0	Ізопропанол	80	5	24,9
20	3,0	30	ОП-10	0	Ізопропанол	70	10	24,0

*Примітка.* Зразки ПАА під порядковими номерами 3, 9, 10 і 16 мали ступінь гідролізу, що дорівнює 30 %.

Водночас суспензії на основі ПЕО (табл. 2) ефективніше можуть використовуватися для запобігання або ліквідації наслідків аварій при переповненні каналізаційних систем, підвищення ефективності роботи гідророзрізного й гідроруйнуючого устаткування, поліпшення екологічної обстановки на великих тваринницьких комплексах тощо [5].

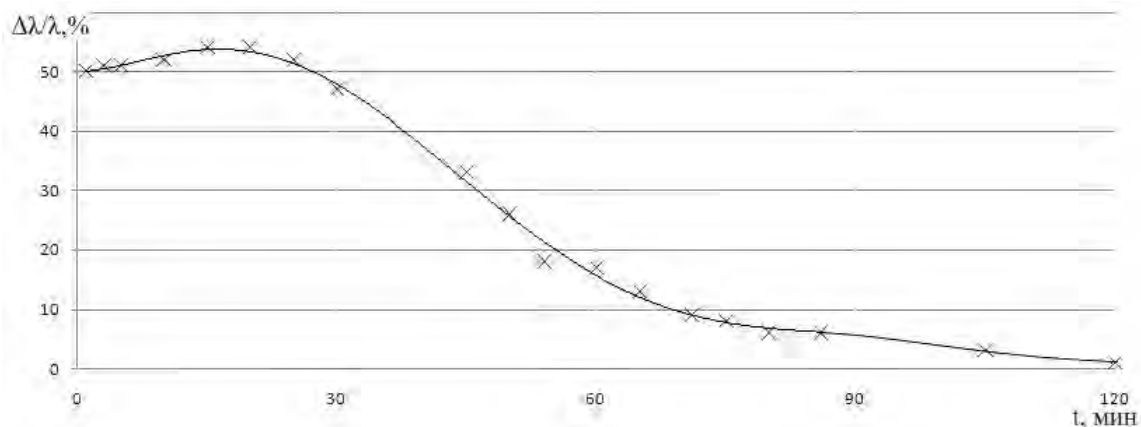


Рис. 2. Залежність відносного зменшення турбулентного тертя  $\Delta\lambda/\lambda$ , %, від часу активної роботи генератора із флоковим покриттям  $t$ , хв (полімерний наповнювач флокового покриття – тонкодисперсна суспензія порошку ПЕО з молекулярною масою  $4,5 \times 10^6$  у суміші гліцерину з водою густиною  $1,22 \text{ г/см}^3$ ; розмір полімерних часток  $\leq 63 \text{ мкм}$ )

Таблиця 2

**Можливі варіанти складів гідродинамічно активних водорозчинних наповнювачів для флокових покриттів на основі поліетиленоксиду**

№	Марка ПЕО (м.м.млн), розмір часток ПЕО, мкм	Вміст ПЕО у суспензії, г на 100г ДС	Склад дисперсійного середовища (ДС), вага, %			Цільність ДС, $\text{г/см}^3$ , (20 °С)	В'язкість ДС, спз, (20 °С)	Температури суспензії й води, °С	Час зберігання суспензії без перемішування, діб	Величина ефекту зниження гідродинамічного опору, %
			Етилен-гліколь	Гліцерин	Нітраг свинцю					
1	20-Н 83(3,0), (50-400)	25,0	66,9	-	8,1	1,214	19,6	16,0	1	34,0
2	-	33,0	59,8	-	7,2	1,214	19,6	16,0	1	28,6
3	-	25,0	69,0	-	6,0	1,180	18,1	16,0	1	34,0
4	-	33,0	64,6	-	5,4	1,180	18,1	16,0	1	29,8
5	-	33,0	57,4	-	9,6	1,250	21,1	16,0	1	28,3
6	-	33,0	21,1	45,9	-	1,214	301,0	16,0	1	23,4
7	-	25,0	5,2	69,8	-	1,250	644,0	16,0	1	22,5
8	-	33,0	4,7	62,3	-	1,250	644,0	16,0	1	23,0
9	-	33,0	36,5	30,5	-	1,180	63,0	16,0	1	23,1

**Висновок**

Використання флокових покриттів з водорозчинними полімерними наповнювачами, які являють собою рівнощільні суспензії ПЕО і ПАА в суміші гліцерину з водою, можуть високо ефективно використовуватися в енергозбереженні й екології (залежно від складу наповнювача), наприклад, для зменшення гідродинамічного опору тертя об'єктів, які рухаються у воді, а також у складі генераторів приготування полімерних розчинів (робочих рідин) для мобільних установок пожежогасіння, аварійного відкачування води й устаткування для гідравлічного розрізання і гідравлічного руйнування твердих матеріалів.

1. Singh R. P. *Characteristics of so polymer – polymer, polymer – fibre combinations and grafted polymers as drag reducing agents and their industrial applications* / R. P. Singh, P. Chang, G. V. Reddy, etc. // *Drag Reduct. 3rd Int. Conf. Bristol, 1984.* – P. D4/1 – D4/5. 2. Liberman M. W. *Shear – induced structure formation in solutions of drag reducing polymers* / M. W. Liberman, E. J. Pollauf, A. J. J. Mchungh // *Non – Newton. Fluid Mech, 2003.* – Vol. 113. – № 2 – 3. – P. 193 – 208. 3. Ступин А. Б. *Гидродинамически-активные композиции в энергосбережении и экологии* / Ступин А. Б., Симоненко А. П., Асланов П. В. – Донецк : ДонГУ, 1999. – 240 с. 4. Ступин А.Б. *Гидродинамически – активные композиции в пожаротушении* / Ступин А.Б., Симоненко А. П., Асланов П. В., Быковская Н. В. – Донецк: ДонНУ, 2001. – 149 с. 5. *Проблемы экологии и техногенно-экологической безопасности: моногр.* / Под общ. ред. д. т. н., проф. Ступина А. Б. – Донецк : ДонНУ, 2010. – 503 с.

УДК 66.047

І.О. Гузьова, В.М. Атаманюк, М.М. Грегораши  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра хімічної інженерії

## ГІДРОДИНАМІКА СТАЦІОНАРНОГО ШАРУ ГРАНУЛЬОВАНИХ СИНТЕТИЧНИХ ПОЛІМЕРІВ

© Гузьова І.О., Атаманюк В.М., Грегораши М.М., 2012

Наведено результати дослідження впливу швидкості руху теплоносія та геометричних параметрів сухих шарів гранульованих синтетичних полімерів на їх гідравлічний опір. Узагальнено результати дослідження з гідродинаміки стаціонарного сухого шару полістиролу, поліметилметакрилату, арилоксу.

Ключові слова: полістирол, поліметилметакрилат, арилокс, гідродинаміка, коефіцієнт опору, стаціонарний шар, фільтраційне сушіння, гідравлічний опір.

In the article the results of researches of influence of the heatcarrier velocity, geometrical parameters and physical properties of environment on hydraulic resistance of a dry layer the dispersive material are presented. The methods of the generalized of results of research the hydrodynamics of the heatcarrier movement through a dry layer of polystyrene, polimethylmetakrylatu, aryloksu.

Key words: polystyrene, prolimethylmetakrylat, aryloks, hydrodynamics, the drag coefficient, stationary layer, drying filtration, hydraulic resistance.

Найпоширенішими матеріалами, які застосовуються майже у всіх галузях промисловості та побуті, є полімери, світовий обсяг виробництва яких у 2010 р. сягав 300 млн. т [11]. В основу класифікації полімерів покладено різні ознаки: походження, склад, методи утворення, структура, галузі використання. Так, за походженням полімери поділяють на: природні, або натуральні, синтетичні та штучні.

Синтетичні полімери є найпоширенішими та ефективно використовуються практично в усіх галузях світового господарства, їх синтез дає змогу цілеспрямовано регулювати склад і властивості. Річке зростання виробництва та споживання органічних матеріалів відбулося за рахунок синтетичних полімерів. Найпоширенішими синтетичними полімерами є полістирол, поліметилметакрилат, арилокс.

Полістирол виробляють з рідкого стирулу, вихідною сировиною для якого є нафта та кам'яне вугілля. З полістиролу одержують пластичні маси, які широко застосовують в електротехнічній промисловості, для виготовлення предметів побутового призначення (посуд, дитячі іграшки тощо),