

Практично усі з наведених інструментальних засобів є досить гнучкими та володіють засобами Інтернет-застосувань. Отже, запропоновані інструменти побудови та використання сховищ даних можуть бути застосовані при розробленні системи моніторингу сталості екологічного розвитку, яка забезпечуватиме підтримку прийняття рішень органами регіонального управління.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Артеменко В.Б. Соціально-економічний моніторинг регіонів обласного рівня: концепція та методичний інструментарій // *Регіональна економіка*. - 1998. - №3. - С.87-94.
2. Артеменко В.Б. Концептуальні засади соціально-економічного моніторингу регіональних систем // *Вісник Львівської комерційної академії*. — Серія економічна, випуск 5. - Львів: Коопосвіта, 1999. - С.120-128.
3. Артеменко В.Б. Основи вимірювання регіонального розвитку з використанням концепції якості життя // *Регіональна економіка*. - 2003. - №2. - С. 133-142.
4. Inmon W.H., Welch J.D., Glassey Katherine L. *Managing the Data Warehouse*. - N.Y.: Wiley Computing Publishing, 1997.
5. Сахаров А.А. Принципи проєктирования и использования многомерных баз данных (на примере Oracle Express Server) // *СУБД*. - 1996 - №3. - С.44-59.

УДК 66.06+532.529

*Б.С. Піцишин, В.І. Орел, к. т. н. (Національний університет "Львівська політехніка")  
З.В. Лаврівський (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

#### ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ ПОЛІМЕРІВ З МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ДОЩОВОЇ МЕРЕЖІ ПРИ ОПАДАХ ВЕЛИКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ

Досліджено можливість застосування мішалки з гладким циліндричним ротором при приготуванні екологічно безпечних розчинів полімерів. Визначено діапазон кількості обертів та ексцентриситет розташування циліндричного ротора для запобігання деструкції цих розчинів.

**Вступ.** Актуальність питань забезпечення екологічної безпеки систем, які транспортують стічні води, все більш зростає. Фізичний зміст екологічної безпеки транспортних споруд полягає в їх здатності не перевищувати частоту та тривалість аварій у процесі експлуатації [1].

Під час пікових перевантажень колекторів побутової каналізації при аварійних залпових скидах стічних вод та дощових колекторів у періоди інтенсивних атмосферних опадів виникає гостра проблема експлуатації мереж водовідведення [2]. Вагомі переваги у цьому відношенні мають повна роздільна та напівроздільна системи каналізування, але й, працюючи окремо, вони в екстремальних умовах переповнюються і не здатні нормально функціонувати. Це пояснюється тим, що при збільшенні відносного наповнення від 0,5 і більше змочений периметр зростає швидше, ніж площа живого перерізу, в результаті чого гідравлічний радіус зменшується, а тим самим зменшується й витрата. Використання гідродинамічно активних додатків (ГДАД) призводить до відновлення нормального функціонування колекторів збільшенням їхньої пропускної здатності [2] шляхом зменшення гідравлічного опору цих колекторів.

Використання як ГДАД додатків полімерів, наприклад поліакриламід (ПАА) концентраціями  $\approx 0,001 \dots 0,01\%$ , сприяє подальшій оптимізації виробничих процесів, полегшує наступне очищення стічних вод у відстійниках шляхом флокуляції. Доставку та введення додатків полімерів можна здійснити так [2]. Оперативний запас висококонцентрованого розчину полімеру зберігається у спеціальних резервуарах, встановлених у місцях найбільш доцільного введення додатків (на початку колектора, при приєднанні бічних колекторів тощо). Якщо в населеному пункті не створено таких резервуарів, застосовують введення додатків полімерів з пересувних установок зі стандартними емкостями об'ємом  $5 \text{ м}^3$  [3; с.130] чи скидання пакетів з полімером з авіатранспорту в потрібних місцях [2]. Періодичність і короткотривалість використання додатків полімерів у вказаних ситуаціях роблять їхнє застосування економічно доцільним незважаючи на порівняно високу вартість [4].

Проте, в процесі експлуатації відбувається деструкція розчинів полімерів. Деструкція проявляється в результаті механічного руйнування під час проходження розчину через інтенсивні зсувові течії, зумовлені великою динамічною швидкістю [5], що, як правило, відбувається при течії вздовж дуже шорстких поверхонь [6], при проходженні через місцеві гідравлічні опори, насоси [6–8] тощо.

Руйнування макромолекул зменшує молекулярну масу полімеру, змінює його будову [9]. Тому деструкція призводить до стрімкого зниження чи повного припинення впливу додатків полімерів на гідравлічний опір [6]. Ступінь деструкції розчинів полімерів та її вплив на гідравлічний опір зменшується зі збільшенням концентрації і зростає зі збільшенням температури [5].

Деградація полімерів також відбувається у випадку збільшення часу зберігання висококонцентрованих базових розчинів [10], які розбавляються для одержання робочих концентрацій, і використовуються для зменшення гідравлічного тертя.

При використанні пересувних установок застосовують лопаткові мішалки з малою кількістю обертів, які розміщені у баку для приготування розчинів полімерів [3; с.130]. Нами пропонується мішалка з гладким циліндричним ротором, ексцентрично розташованим відносно осі бака [11].

**Метою статті** є дослідження можливості застосування пропонованої мішалки при приготуванні розчинів полімерів. Для цього необхідно дослідити діапазон кількості обертів та ексцентриситету розташування циліндричного ротора для запобігання деструкції цих розчинів.

**Експериментальні дослідження.** Нами використовувалася установка з ексцентричними циліндрами, внутрішній з яких обертався [11] (рис. 1) з кутовою швидкістю  $62 \dots 272 \text{ об./хв}$ . Висота зовнішнього циліндра –  $15,3 \text{ см}$ , його діаметр –  $D = 14,2 \text{ см}$ ; внутрішні циліндри змінні діаметрами  $d = 11,3; 7,3; 5,2; 4,2; 2,6 \text{ см}$ . Об'єм установки змінювався в межах  $888,6 \dots 2341,8 \text{ см}^3$ .

Опис установки та методику проведення досліджень наведено в [12].

Досліджувалися водні розчини ПАА з масовими концентраціями  $0,01\%$  та  $0,5\%$ . Концентрація визначалась за вмістом у розчині безводної речовини ПАА. Використовувався 8%-ий технічний гель (ТУ 6-01-1049-92, виробництво ВАТ “Оріана”, м. Калущ, Івано-Франківська обл.) з молекулярною масою  $1,8 \cdot 10^6$ .

На рис.2 подано результати експериментальних досліджень з впливу води та водних розчинів ПАА на середнє дотичне напруження  $\tau$  на стінці ротора з  $d = 11,3 \text{ мм}$  при різних значеннях числа Тейлора  $Ta$ . При даному співвідношенні  $d/D = 0,8$  ефект впливу додатків ПАА є одним з найбільших. Отриманий ефект у найвужчому місці замкненого конфузотно-дифузотного проміжку можна зіставити з ефектом впливу водних розчинів ПАА на гідравлічний опір раптових звужень і розширень труб [13]. Конфузотно-дифузотний проміжок утворюється при аксіальному розташуванні ротора і статора (рис.1,б).

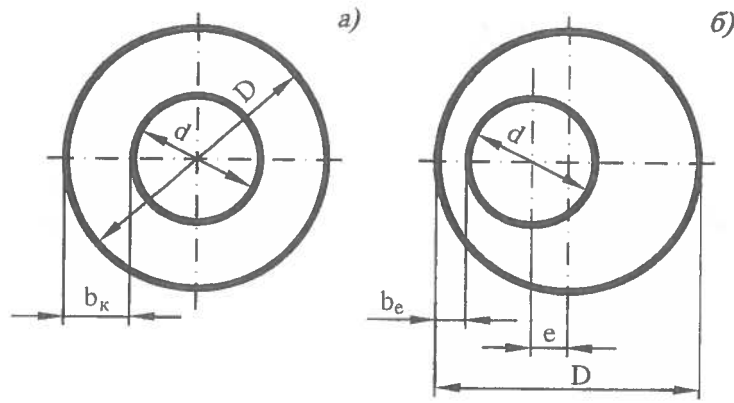


Рис. 1. Схема розташування ротора та статора:  
 а) коаксіальне; б) аксіальне;  
 $b_k$  – ширина конфузотно-дифузотного проміжку при коаксіальному розташуванні;  
 $b_e$  – те ж, при аксіальному;  $e$  – ексцентриситет

Середні дотичні напруження  $\tau$  на стінці ротора обчислювали за формулою:

$$\tau = \frac{T}{2\pi \cdot r \cdot H}, \quad (1)$$

де  $r$  – радіус ротора;  
 $H$  – висота ротора.

$T$  – сумарна сила тертя, прикладена до бічної поверхні ротора,

$$T = \frac{M}{r}; \quad (2)$$

$M$  – гальмівний момент, що діє на внутрішній циліндр,

$$M = \frac{N \cdot 60}{2\pi \cdot n}; \quad (3)$$

$N$  – споживана потужність двигуна;  
 $n$  – кількість обертів ротора.

Критерій Тейлора характеризує режим течії рідини:

$$Ta = \frac{V \cdot b_k}{\nu} \cdot \sqrt{\frac{b_k}{r}}, \quad (4)$$

де  $V$  – лінійна швидкість обертання ротора;  
 $\nu$  – кінематична в'язкість;

$b_k$  – ширина конфузотно-дифузотного проміжку при коаксіальному розташуванні ротора статора.

При зменшенні відносної ширини проміжку  $b_e/b_k$  від 1,0 до 0,11 (що відповідає збільшенню ексцентриситету  $e$  від 0,25 до 1,45 см) та збільшенню числа Тейлора  $Ta$  середні дотичні напруження  $\tau$  на стінці ротора зростають як у випадку течії води, так і водних розчинів ПАА. Це зростання проявляється у першому випадку при більших числах Тейлора, в другому – при менших.

Як видно з рис. 2 б, в, відбувається деструкція додатків ПАА. Вона проявляється при менших числах Тейлора у випадку концентрації додатків  $C = 0,01\%$ , оскільки дана концентрація має більший вплив на гідравлічний опір конфузотно-дифузотного проміжку так само, як і для труби діаметром 5,81 мм [13]. Це підтверджується тим, що відстань між кривими відносної ширини проміжку для концентрації 0,01% у випадку коаксіального й аксіального розташування ротора та статора є приблизно вдвічі більшою, ніж для  $C = 0,5\%$ .

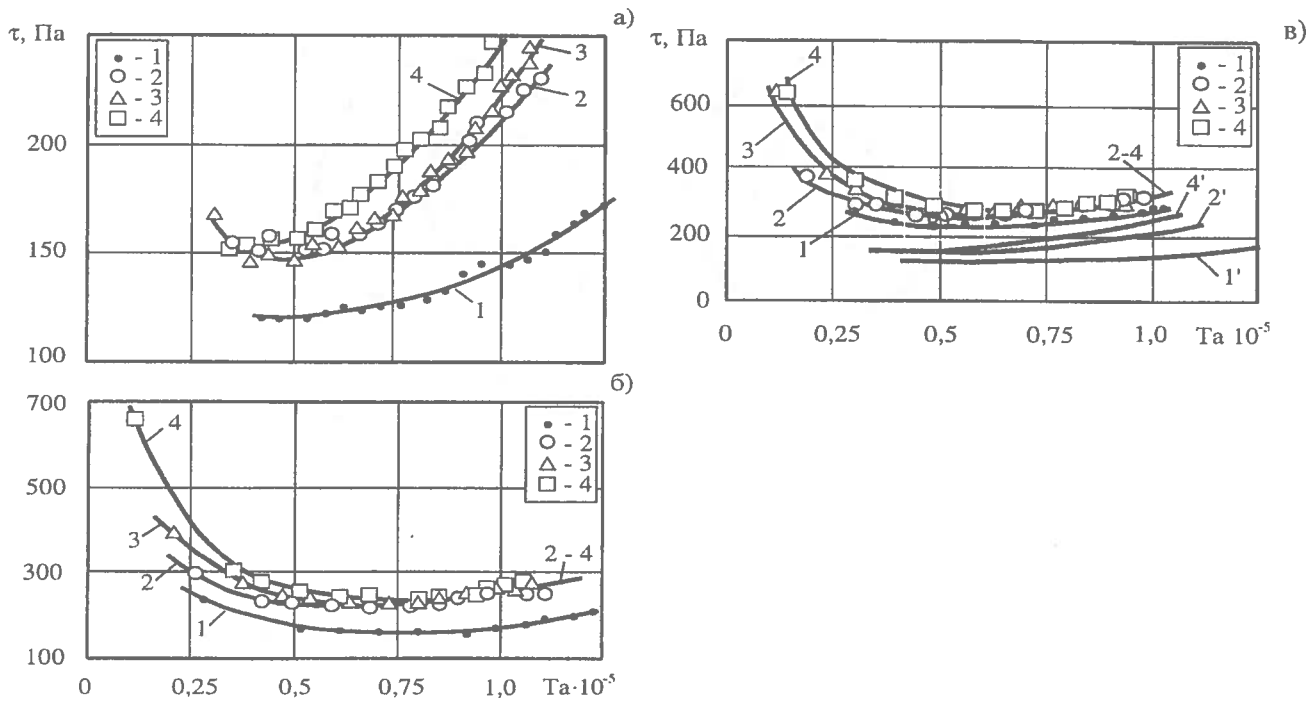


Рис. 2. Середнє дотичне напруження  $\tau$  на стінці циліндричного ротора  $d=11,3$  см, що обертався у воді (а) і водних розчинах ПАА з концентрацією  $C=0,01\%$  (б),  $C=0,5\%$  (в) при різній відносній ширині проміжку:  $b_e/b_k = 1,0 - (1)$ ;  $0,7 - (2)$ ;  $0,41 - (3)$ ;  $0,11 - (4)$  залежно від числа Тейлора  $Ta$  (позначки  $1', 2', 4'$  - відповідають аналогічним на рис. а)

Додатки ПАА ще мають вплив на гідравлічний опір конфузорно-дифузорного проміжку до числа  $Ta = 0,5 \cdot 10^5$ , що наочніше зображено на рис. 3. Це відповідає швидкості обертання ротора не більше 110 об/хв.

Як видно з рис.3, при відносній ширині проміжку  $b_e/b_k \leq 0,5$  (тобто при  $\epsilon \leq 0,85$  см) спостерігається відсутність деструкції розчину ПАА та стабілізації його впливу на гідравлічний опір конфузорно-дифузорного проміжку.

На рис. 3 відносну зміну середнього дотичного напруження  $\tau$  на поверхні ротора, викликану неспіввісністю циліндрів, визначали при однакових числах Тейлора за формулою:

$$\frac{\Delta\tau}{\tau} = 1 - \frac{\tau_e}{\tau_k} \quad (5)$$

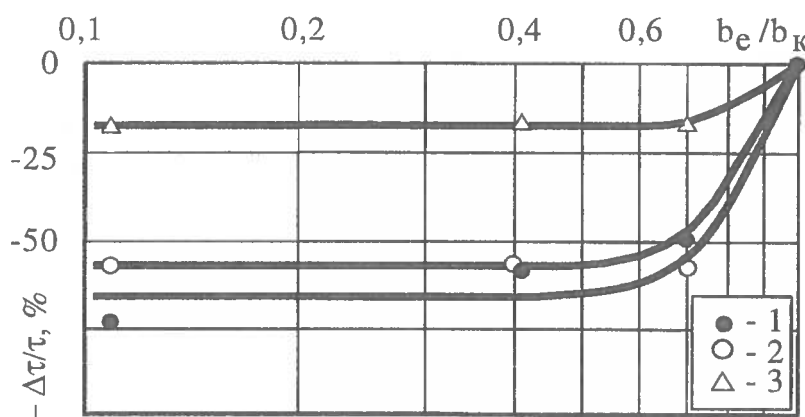


Рис. 3. Залежність  $\Delta\tau/\tau = f(b_e/b_k)$  для  $d/D = 0,8$  при змінних числах  $Ta$ :  $500000 - (1)$ ;  $750000 - (2)$ ;  $1000000 - (3)$

При збільшенні числа Тейлора зростає кількість проходжень розчину ПАА певної концентрації через конфузорно-дифузорний проміжок, що можна порівняти з багаторазовою циркуляцією розчину через насос. При цьому ефективність розчину зі збільшенням кількості циклів значно зменшується [6, 8]. До того ж, вплив деструкції найбільш істотний на початковому етапі перепомповувань (у нашому випадку, при малих числах Тейлора). При подальшому збільшенні кількості циклів (у нашому випадку, при зростанні числа Тейлора) процес стабілізується (рис.2 б, в).

**Висновки.** Запропоновано мішалку з гладким циліндричним ротором для перемішування розчинів полімерів перед їх уведенням у трубопроводи. Пропонована мішалка порівняно з лопатковими менше руйнує розчини полімерів завдяки більшій активній площі бічної поверхні робочого органу. Проте, збільшення активної площі бічної поверхні ротора, наприклад, в системі шнек-циліндр при коаксіальному розташуванні шнека [14], теж може призвести до руйнувань розчинів полімерів.

Досліджено, що в діапазоні швидкості обертання ротора не більше 110 об/хв. та ексцентриситету розташування циліндричного ротора при  $e \leq 0,85$  см (тобто при  $b_0/b_k \leq 0,5$ ) деструкція розчинів ПАА значно не впливає на подальшу ефективність цих розчинів.

Необхідно провести експериментальні дослідження з візуалізації течії для визначення структури потоку в замкнутому конфузорно-дифузорного проміжку та розробити математичну модель даної течії для розрахунку впливу додатків полімерів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев М.И., Ильин Ю.А., Игнатчик В.С., Ильина С.Ю. Показатели экологической безопасности напорных коллекторов систем водоотведения // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1991. – № 2. – С.73-77.
2. Жук Володимир, Орел Вадим. Проблеми використання гідродинамічно активних добавок для збільшення пропускної здатності каналізаційних колекторів // Problemy Budownictwa i Inżynierii Środowiska: IV Naukowa Konferencja Rzeszowsko-Lwowska. Cz.II. Inżynieria Środowiska. Rzeszów, 15-16 wrzesień 1995. – Rzeszów, 1995. – С.241-246.
3. Белоусов Ю.П. Противотурбулентные присадки для углеводородных жидкостей. – Новосибирск: Наука, 1986. – 144 с.
4. Мамонов В.Н., Миронов Б.П., Мустафаев Р.Ф., Гинзбург Д.И. Снижение гидродинамического сопротивления трения с помощью быстроприготовленных “растворов” полиэтиленоксида // РАН. Доклады Академии наук. – 1995. – Т.341, № 1. – С.53-56.
5. Козлов Л.П. Гідродинамічний ефект Томса і його можливі технічні застосування // Вісн. АН УРСР. – 1987. – № 1. – С.23-33.
6. Филиппов Г.А., Салтанов Г.А., Кукушкин А.Н. Гидродинамика и тепломассообмен в присутствии поверхностно-активных веществ. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 184 с.
7. Повх І.Л. Зменшення турбулентного тертя – основне джерело економії енергії // Вісн. АН УРСР. – 1982. – № 11. – С.66-74.
8. Левицкий Б.Ф., Чернюк В.В. Местные сопротивления при многократной перекачке слабоконцентрированных водных растворов полиакриламида // Вестн. Львов. политехн. ин-та. Теплоэнергетические системы и устройства. – 1982. – № 160. – С.40-45.
9. Л.И. Абрамова, Т.А. Байбурдов, Э.П. Григорян и др.; Под ред. В.Ф. Куренкова. Полиакриламид. – М.: Химия, 1992. – 192 с.
10. Семенов Б.Н., Амиров А.И., Кулик В.М., Маренникова О.Н. Влияние разрушения надмолекулярных структур полиэтиленоксида на динамику эффекта Томса // Сиб. физ.-техн. ж. (Изв. СО АН СССР). – 1991. – Вып.3. – С.77-81.
11. Чернюк В.В., Піцишин Б.С. Установка для дослідження структури потоку рідини між неспіввісними статором і ротором // Теплоенергетичні системи та пристрої. Вісн. Держ. ун-ту "Львів. політехн.". – 1996. – № 304. – С.80-84.

12. Чернюк В.В., Піцишин Б.С. Течія води між неспіввісними ротором і статором // Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехн.". – 2001. – № 432. – С.3-5.

13. Чернюк В.В., Піцишин Б.С., Орел В.И., Жук В.М. Влияние добавок полиакриламида на потери напора во внезапных сужениях и расширениях труб // Инж.-физ. ж. – 2002. – Т.75, №4. – С.115-122.

14. Куо, Коважньий. Снижающие сопротивление полимеры в гелиокоидальном течении // Теор. основы инж. расчетов: Тр. Амер. об-ва инж.-мех. – 1981. – Т.103, № 4. – С.98-103.

## УДК 614

*А.М. Бобиляк, Я.І. Єлейко, д.ф.-м.н., проф. (Львівський національний університет ім. І.Франка)*

*Р.Я. Лозинський, к.т.н., А.В. Камінський (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

### **ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ГРАФІКУ ВИПРОБОВУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ МОДЕЛІ МАРКОВСЬКОГО ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Побудована в статі модель марковського процесу прийняття рішень може зацікавити не тільки спеціалістів у галузі пожежної безпеки, але і математиків-прикладників, економістів та інженерів.

Досліджувана у даній статі марковська модель прийняття рішень має безпосереднє практичне застосування, а саме в системному аналізі, теорії надійності, діагностиці, управління запасами, прогнозуванні. Також велику практичну цінність та значний економічний ефект розроблені алгоритми можуть дати в моделюванні діяльності фірми, формуванні ринкових портфелів, пошуку оптимальних стратегій керування.

Нехай технічний засіб пожежогасіння (ТЗП) може знаходитись в одному із станів:  $s_1$  - справний, працює;  $s_2$  - несправний, але відмова не виявлена, дає збій;  $s_3$  - несправність виявлена, ведеться огляд;  $s_4$  - ремонтується;  $s_5$  - замінюється новим. Виходячи з конкретної задачі та типу вогнегасника, кожному стану  $s_i \in S(i = \overline{1,5})$  поставимо у відповідність скінчену множину  $M_i$  рішень (альтернатив), елементи якої позначимо, як  $m = 1, 2, \dots, M_i$ . Простором політик  $M$  назвемо прямий добуток множин рішень, тобто  $M = M_1 \times M_2 \times \dots \times M_5$ . Розглядається задача прийняття послідовних рішень, що складається в виборі рішень при настанні текучих станів в моменти  $n = 1, 2, \dots$ .

Наприклад, залежно від частоти перевірки ТЗП на несправність можна розглядати різні рішення  $m$  в станах  $s_1, s_2$ . Використовуючи викладки статі [1], можна обчислити середній час нормальної роботи ТЗП, а значить станам  $s_1, s_2$  можна поставити у відповідність рішення  $m$  (програма перевірки ТЗП на несправність), що залежить від частоти перевірки, та знайти середню величину затрат на виконання рішення  $m$  (програму перевірку ТЗП). В залежності від вибраного рішення (програми перевірки ТЗП) буде існувати різна ймовірність переходу в стан  $s_3$  та  $s_4$ . Аналогічно коли ведеться огляд несправного ТЗП в стані  $s_3$ , то в залежності