

## ДИСКРЕТНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ НАПІРНИМ ЯЩИКОМ ВІДКРИТОГО ТИПУ

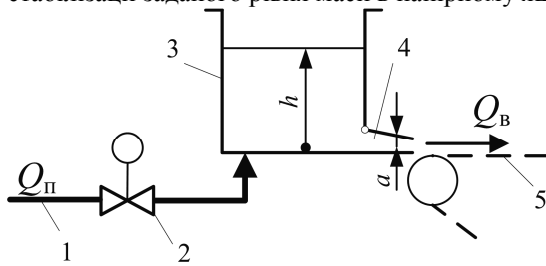
Розроблено дискретну систему автоматичного керування напірним ящиком відкритого типу.

**Ключові слова:** папероробна машина, напірний ящик, система автоматичного керування.

© Піргач М. С., Кваско М. З., Жураковський Я. Ю., 2014.

**Постановка проблеми.** Рівень волокнистої суспензії (далі – маси) у напірному ящику (НЯ) відкритого типу є важливим технологічним параметром, що визначає формування паперового полотна (ПП) на сітковій частині папероробної машини (ПРМ). Саме тому стабілізація заданого рівня маси протягом формування має важливе значення. Цю задачу можна вирішити, удосконаливши конструкцію НЯ та/чи підключивши до нього системи автоматичного керування (САК) на базі мікроЕОМ.

**Мета** статті полягає у застосуванні принципів теорії автоматичного керування для вирішення задачі стабілізації заданого рівня маси в напірному ящику сіткової частини папероробної машини.



1 – трубопровід маси низької концентрації;  
2 – регульовальний орган; 3 – напускна камера;  
4 – випускні щілини; 5 – сітка

**Рис. 1** – Принципова схема напірного ящика відкритого типу

Подамо модель ОК у дискретній формі.

Об'єкт керування, що розглядається, можна описати двома дискретними передавальними функціями [1]. Для каналу 11:

$$g_{11}(z) = \frac{y(z)}{u(z)} = k_{11} \frac{1 - a_p}{1 - a_p z^{-1}} z^{-(k+1)}, \quad (1)$$

де  $y(z)$  і  $u(z)$  – зображення у  $z$ -формі вихідної  $y(t)$  і вхідної  $u(t)$  змінних ОК;  $a_p = \exp(-T/T_{11})$ ;  $T_{11} = 2Fh^0/Q_p^0$  – стала часу;  $h^0$  – задане значення рівня маси в напускній камері;  $F$  – площа напускної камери;  $Q_p^0$  – задана витрати маси крізь випускні щілини;  $k_{11} = 2h^0/Q_p^0$  – коефіцієнт підсилення каналу 11;  $k = \tau/T$  – цілочислова величина; де  $\tau$  – запізнення в каналі 11;  $T$  – період дискретизації системи.

Для каналу 21:

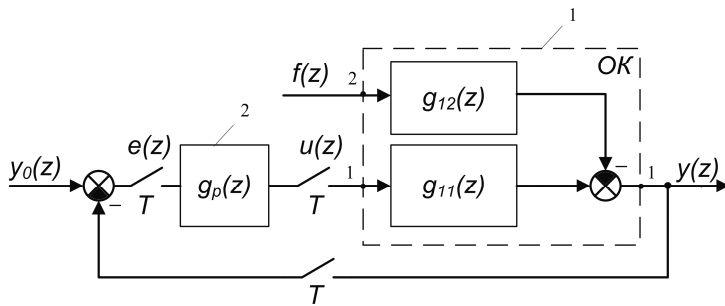
$$g_{12}(z) = \frac{y(z)}{f(z)} = -k_{12} \frac{1 - a_p}{1 - a_p z^{-1}} z^{-1}, \quad (2)$$

де  $f(z)$  – зображення у  $z$ -формі збурення;  $k_{12} = 2h^0/f^0$  – коефіцієнт підсилення каналу 21;  $f^0$  – задане значення площі випускної щілини.

Розглянемо напірний ящик ЯНО-180-2950 з такими характеристиками [2]: рівень маси в напускній камері  $h^0 = 0,485$  м; витрата маси крізь випускні щілини  $Q_p^0 = 0,093$  м<sup>3</sup>/с; площа щілини  $f^0 = 0,042$  м<sup>2</sup>; площа камери  $F = 3,277$  м<sup>2</sup>; запізнення у каналі 11  $\tau = 80$  с. Якщо період дискретності системи  $T = 20$  с, то  $T_{11} = 34$  с,  $k_{11} = 10$  м/(м<sup>3</sup>/с),  $k_{12} = 23$  м/м<sup>2</sup>. Отже  $a_p = 0,554$ . Після підстановки у функції (1) і (2) одержимо:

$$g_{11}(z) = \frac{4,460}{1 - 0,554z^{-1}} z^{-5}, \quad g_{12}(z) = -\frac{10,261}{1 - 0,554z^{-1}} z^{-1}. \quad (3)$$

**Дослідження дискретної системи автоматичного регулювання рівня маси.** Наявність передавальних функцій (1) і (2) дозволяє розробити структурну схему системи і дослідити її динамічні властивості (рис. 2).



1 – ОК; 2 – дискретний автоматичний регулятор

**Рис. 2 – Структурна схема дискретної системи автоматичного регулювання рівня маси**

Як ДАР рівня маси візьмемо регулятор Даліна типу III, передавальна функція якого [6]

$$g_p(z) = \frac{(1 - a_3)(1 - a_p z^{-1})}{k_{11}(1 - a_p) [1 - a_3 z^{-1} - (1 - a_3)z^{-(k+1)}]}$$

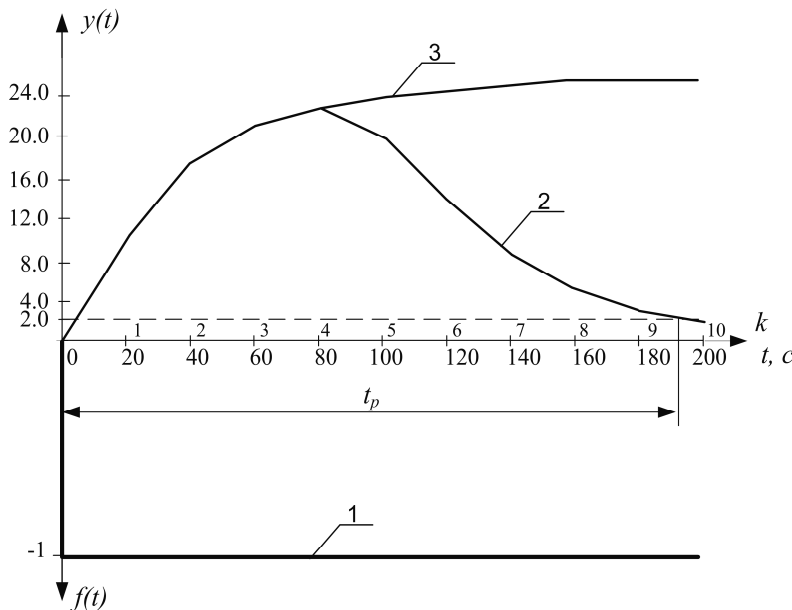
де  $a_3 = \exp(T/T_3)$  – параметр настроювання регулятора;  $T_3$  – стала часу замкнутої системи.

Стала часу замкнутої системи має бути більша, ніж стала часу ОК [4]. Оскільки  $T_{11} = 34$  с, обираємо  $T_3 = 40$  с. Тоді  $a_3 = 0,606$ .

Таким чином передавальна функція (4):  $\Phi_f(z) = -\frac{10,261z^{-1} - 6,217z^{-2} - 4,042z^{-6}}{1 - 1,16z^{-1} + 0,335z^{-2}}$ .

У разі подання на ОК одиничного стрибкоподібного збурення  $f(z) = -1/(1 - z^{-1})$  зображення вихідної змінної системи:

$$y(z) = \frac{10,261z^{-1} - 6,217z^{-2} - 4,042z^{-6}}{1 - 2,16z^{-1} + 1,495z^{-2} - 0,335z^{-3}}$$



**Рис. 3 – Перехідна функція замкнутої системи регулювання (2) у разі дії на ОК одиничного стрибкоподібного збурення (1) і в разі вимкнення регулятора (3)**

ОК одиничного стрибкоподібного збурення, зображення вихідної змінної  $y(z) = g_{12}(z)f(z)$ , або

$$y(z) = \frac{10,261z^{-1}}{1 - 1,554z^{-1} + 0,544z^{-2}}$$

чи  $y(z) = 10,261z^{-1} + 15,944z^{-2} + 19,195z^{-3} + 21,156z^{-4} + 22,187z^{-5} + 22,971z^{-6} + 23,396z^{-7} + 24,107z^{-8} + 24,502z^{-9} + \dots$

За цим виразом побудовано графік перехідної функції розімкнутої системи (рис. 3, 3) від дії одиничного збурення. Його аналіз свідчить, що у разі відключення регулятора рівня (чи його відсутності) у разі дії збурення на ОК його вихідна змінна не повертається до заданого значення.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Проблема стабілізації рівня маси у напірному ящику відкритого типу можна вирішити, застосувавши дискретну систему автоматичного керування рівнем

Оскільки досліджується САР рівня маси, то  $y^0(z) = 0$ . Отже вихідна змінна системи  $y(z)$  буде реагувати тільки на збурення  $f(z)$ . У цьому випадку сигнал неузгодження  $e(z)$  фактично є вихідною змінною, що подається на вхід дискретного автоматичного регулятора (ДАР) Керування цього регулятора  $u(z)$  подають на вхід ОК для усунення дії збурення на вихідну змінну системи. Передавальна функція замкнутої системи щодо збурення  $f(z)$  [3]:

$$\Phi_f(z) = \frac{y(z)}{f(z)} = \frac{g_{12}(z)}{1 + g_{11}(z)g_p(z)} \quad (4)$$

Розділивши чисельник на знаменник, одержимо односторонній ряд Лорана

$$y(z) = 10,261z^{-1} + 15,944z^{-2} + 19,101z^{-3} + 20,865z^{-4} + 21,854z^{-5} + 18,367z^{-6} + 13,901z^{-7} + 9,887z^{-8} + 6,727z^{-9} + 4,405z^{-10} + 2,271z^{-11} + \dots$$

За виразом (5) побудовано графік перехідної функції замкнутої системи регулювання (рис. 3, 2) у разі дії на ОК одиничного стрибкоподібного збурення (рис. 3, 1).

Аналіз перехідної функції свідчить, що після подання на ОК одиничного стрибкоподібного збурення  $f(t)$  вихідна змінна  $y(t)$  починає зростати до  $t = 80$  с, а потім, унаслідок дії ДАР, – починає зменшуватиметься, досягнувши допустимої зони ( $\pm 2$ ) через  $t_p = 190$  с.

**Дослідження зміни рівня маси у разі вимкнення регулятора.** Якщо ДАР вимкнути, то у разі дії на

маси, реалізовану на базі мікроЕОМ. Подальші дослідження спрямовуватимуться на вдосконалення розробленої дискретної системи автоматичного керування, у якій задана дія регулятора рівня має автоматично змінюватися залежно від зміни швидкості сітки папероробної машини.

#### **Список використаної літератури**

1. *Кваско М. З.* Проектування і розрахунок дискретних систем автоматичного керування технологічними процесами / М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. В. Аверіна. – К. : Політехніка, 2000. – 248 с.
2. *Піргач Н. С.* Автоматическое регулирование и регуляторы в целлюлозно-бумажной, лесохимической и деревообрабатывающей промышленности / Н. С. Піргач, В. С. Піргач. – М. : Лесн. пром-ть, 1983. – 264 с.
3. *Кваско М. З.* Проектування і дослідження систем автоматичного керування технологічними процесами / М. З. Кваско, М. С. Піргач, Т. В. Аверіна. – К. : Політехніка, 2003. – 360 с.
4. *Кваско М. З.* Математичне моделювання та ідентифікація одно- і багатовимірних систем / М. З. Кваско, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач. – К. : НТУУ «КПІ», 2006. – 308 с.

Надійшла до редакції 21.02.2014.

---

*Pirhach M. S., Kvasko M. Z., Zhurakovskiy Ya. Yu.*

#### **DISCRETE AUTOMATIC CONTROL BOX HEAD OPEN TYPE**

*In the article there are the considered algorithms which allow defining optimal the relatively chosen criterion time of discretisation of questioning of technological parameters that provides sufficient exactness of determination of value of this parameter, without regard to discreteness of address to the measuring devices.*

**Keywords:** *paper machine, head box, control object, system automatical control.*

#### **References**

1. *Kvasko M. Z.* Proektuvannia i rozrakhunok dyskretnykh system avtomatychnoho keruvannia tekhnolohichnymy protsesamy [Design and calculation of discrete automatic process control] / М. Z. Kvasko, М. S. Pirhach, Т. V. Averina. – К. : Politekhnikа, 2000. – 248 s.
  2. *Pirgach N. S.* Avtomaticheskoe regulirovanie i reguljatory v celljulozno-bumazhnoj, lesohimicheskoy i derevoobrabatyvajushhej promyshlennosti [Automatic regulation and regulators in the pulp, paper, wood chemistry and wood industry] / N. S. Pirgach, V. S. Pirgach. – М. : Lesn. prom-t', 1983. – 264 s.
  3. *Kvasko M. Z.* Proektuvannia i doslidzhennia system avtomatychnoho keruvannia tekhnolohichnymy protsesamy [Design and study of automatic process control] / М. Z. Kvasko, М. S. Pirhach, Т. V. Averina. – К. : Politekhnikа, 2003. – 360 s.
- Kvasko M. Z.* Matematychnе modeliuвання та identyfikatsiia одно- і bahatovymirnykh system [Mathematical modeling and identification of single and multi-dimensional systems] / М. Z. Kvasko, L. R. Ladiieva, М. S. Pirhach. – К. : NTUU «KPI», 2006. – 308 s.