

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ РОБОТИ ОПТИМАЛЬНИХ ОДНОКОНТУРНОЇ ТА КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОТОКУ ХЛІБНОЇ МАСИ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ**

Осадчий С. І., Віхрова Л. Г., Дідик О. К., Мірошніченко М. С.

*Кіровоградський національний технічний університет*

*В статті розглянутий порівняльний аналіз якості роботи оптимальної одноконтурної системи стабілізації потоку хлібної маси по відхиленню вихідної величини та оптимальної комбінованої системи стабілізації по відхиленню і корекцією по збуренню – поточному значенню урожайності.*

**Постановка проблеми.** В сучасній теорії управління існує декілька методів стабілізації вихідної координати об'єкту, кожен з яких заслуговує на увагу. Прийняття рішення про використання того чи іншого методу повинно базуватися на дослідженні об'єкту стабілізації та порівняльному аналізі якості роботи систем стабілізації спроектованих на основі різних методів теорії управління.

Аналіз об'єкту стабілізації показав, що виходом об'єкту є потік хлібної маси на вході молотарки зернозбирального комбайну, а управляючим сигналом – кут нахилу шайби блоку циліндрів гідронасосу. Збуреннями, що діють на об'єкт є зміна урожайності по ходу руху комбайну, нерівності поля та власні шуми гідротрансмісії й інших елементів комбайну.

Тому для даного об'єкту стабілізації є можливість розробляти як одноконтурну систему стабілізації по відхиленню вихідної координати, так і комбіновану систему стабілізації по відхиленню і корекцією по збуренню. А доцільність використання однієї з цих систем необхідно підтвердити порівняльним аналізом якості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогоднішній день відомо багато робіт з сучасної теорії управління, що стосуються методів синтезу та аналізу якості одномірних та багатовимірних систем стабілізації [1-3]. Зокрема в роботі [4] викладено метод

синтезу оптимальної багатовимірної системи стабілізації руху об'єкта зі зворотнім зв'язком по відхиленню та корекцією по збуренню. На основі даних методів був виконаний синтез систем стабілізації потоку хлібної маси на вході молотарки зернозбирального комбайну [5].

**Мета статті.** Виконати порівняльний аналіз якості роботи оптимальної одноконтурної системи стабілізації потоку хлібної маси по відхиленню вихідної величини та оптимальної комбінованої системи стабілізації по відхиленню і корекцією по збуренню – поточному значенню урожайності.

**Основні матеріали досліджень.** Розглянемо структурну схему одноконтурної системи стабілізації потоку хлібної маси по відхиленню (рис. 1). Для застосування методу синтезу викладеного в [4] були виконані структурні перетворення системи стабілізації до вигляду (рис. 2). В результаті одержані наступні вихідні дані для визначення структури і параметрів регулятора  $W$ :

$$P_0 = P_1 = (s + 1.2)(s + 0.206), \quad (1)$$

$$M_0 = M_1 = 144, \quad (2)$$

$$K_0 = K_1 = 1. \quad (3)$$

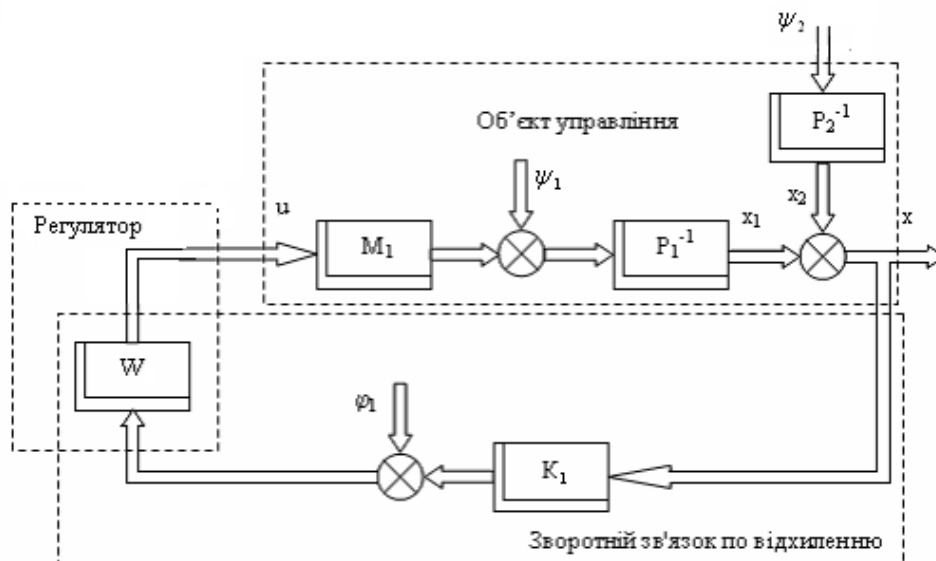


Рисунок 1 - Структурна схема системи стабілізації потоку хлібної маси по відхиленню

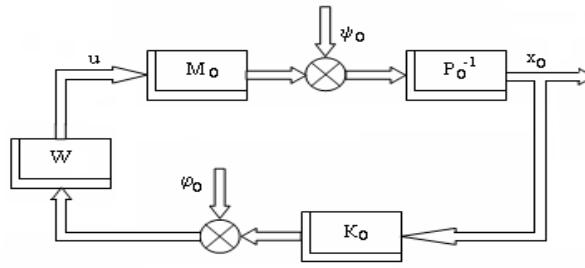


Рисунок 2 - Структурна схема еквівалентної системи стабілізації

Еквівалентне збурення, яке діє на систему стабілізації,  $\psi_0$  перетворюється на скалярний сигнал

$$\psi_0 = \psi_1 + P_1 P_2^{-1} \psi_2. \quad (4)$$

Враховуючи різні джерела походження стаціонарних випадкових збурень  $\psi_1$  і  $\psi_2$ , спектральна щільність їх суми (4) у відповідності з теоремою Вінера-Хінчина може бути визначена як

$$S_{\psi_0 \psi_0} = S'_{\psi_0 \psi_0} = S_{\psi_1 \psi_1} + P_1 P_2^{-1} S_{\psi_2 \psi_2} P_2^* P_1^*, \quad (5)$$

де  $P_2$  – це коефіцієнт, що дорівнює

$$P_2 = 3.85 \cdot 10^{-2}. \quad (6)$$

В результаті спектральна щільність еквівалентного збурення рівна

$$S_{\psi_0 \psi_0} = \frac{\sigma_0^2}{\pi} \left| \frac{3.6389(s+3.88)(s^2+0.18s+0.01094)}{(s+0.1714)(s+0.06291)} \right|^2. \quad (7)$$

Спектральна щільність шуму вимірювання  $S_{\varphi_0 \varphi_0}$  пов'язана із спектральною щільністю  $S_{\varphi_1 \varphi_1}$  рівнянням:

$$S_{\varphi_0 \varphi_0} = S'_{\varphi_0 \varphi_0} = S_{\varphi_1 \varphi_1} = \frac{\sigma_0^2}{\pi} 0.5. \quad (8)$$

В результаті синтезу системи стабілізації була визначена передаточна функція регулятора при значенні середньої урожайності  $U_{0cp} = 35$  ц/га

$$W = \frac{-17.8987(s+2.745)(s^2+0.1799s+0.01098)}{(s+0.1714)(s+0.06293)(s^2+31.92s+425.6)}. \quad (9)$$

Проведений аналіз якості роботи системи показав, що середньоквадратичне відхилення вихідного потоку хлібної маси становить  $\sigma_Q = 0,048$  кг/с, а середньоквадратичне відхилення кута нахилу шайби блоку циліндрів гідронасосу  $\sigma_\gamma = 0,016$  рад =  $0,92^\circ$ .

Аналогічні розрахунки були проведені для інших значень середньої урожайності в діапазоні від 20 до 50 ц/га, результати наведені на рис. 4,5.

Розглянемо структурну схему комбінованої системи стабілізації потоку хлібної маси (рис. 3). При приведенні її до схеми еквівалентної системи стабілізації (рис. 2) були виконані структурні перетворення. В результаті одержані наступні вихідні дані для визначення структури і параметрів регулятора  $W$ :

$$P_0 = \begin{bmatrix} (s+1.2)(s+0.206) & -(s+1.2)(s+0.206) \\ 0 & 8.35 \cdot 10^{-2} \end{bmatrix}, \quad (10)$$

$$M_0 = \begin{bmatrix} 144 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

$$K_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

$$S'_{\psi_0 \psi_0} = \frac{\sigma_0^2}{\pi} \begin{bmatrix} \frac{-3.262 \cdot 10^3 s^2}{-34.04s^2+1} & 0 \\ 0 & \frac{0.9975}{-252s^2+1} \end{bmatrix}, \quad (13)$$

$$S'_{\varphi_0 \varphi_0} = \frac{\sigma_0^2}{\pi} \begin{bmatrix} 0.25 & 0 \\ 0 & 0.25 \end{bmatrix}. \quad (14)$$

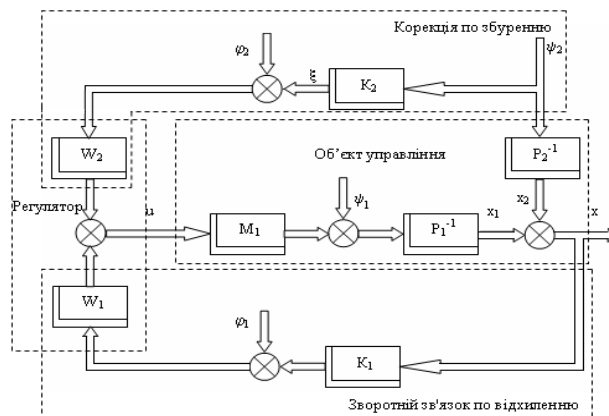


Рисунок 3 - Структурна схема системи стабілізації потоку хлібної маси зі зворотнім зв'язком по відхиленню та корекцією по збуренню

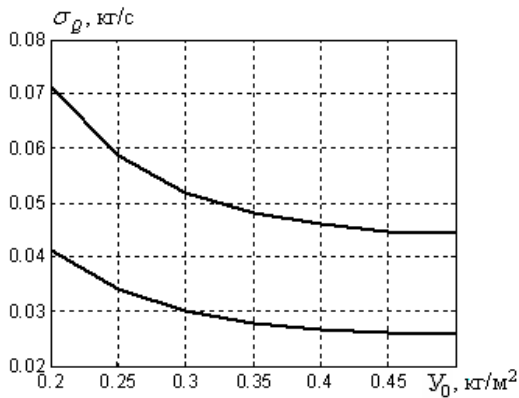


Рисунок 4 - Графіки зміни  $\sigma_Q$  від урожайності для комбінованої та одноконтурної систем

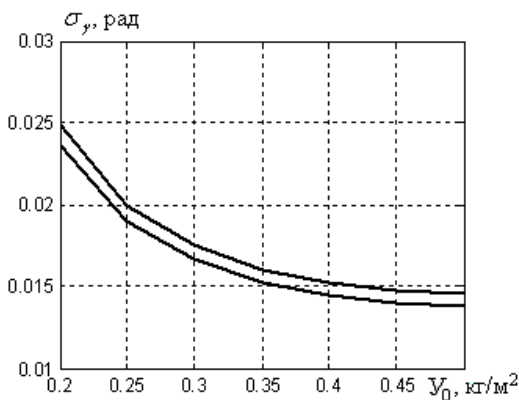


Рисунок 5 - Графіки зміни  $\sigma_\gamma$  від урожайності для комбінованої та одноконтурної систем

В результаті синтезу системи стабілізації була визначена матриця передаточних функцій регулятора при значенні середньої урожайності  $Y_{0cp} = 35$  ц/га

$$W = \left[ \begin{array}{c} -\frac{12.3(s+319)(s+3.91)(s+0.2063)}{(s+332)(s+0.4108)(s^2+25s+318)} \\ \frac{12.33(s+0.2063)(s^2-2.44s+0.993)}{(s+332)(s+0.4108)(s^2+25s+318)} \end{array} \right] \quad (15)$$

Проведений аналіз якості роботи системи показав, що середньоквадратичне відхилення вихідного потоку хлібної маси становить  $\sigma_Q = 0,0278$  кг/с, а середньоквадратичне відхилення кута нахилу шайби блоку циліндрів гідронасосу  $\sigma_\gamma = 0,0152$  рад =  $0,87^\circ$ .

Аналогічні розрахунки були проведені для інших значень середньої урожайності в діапазоні від 20 до 50 ц/га, результати наведені на рис. 4,5.

**Висновки.** Таким чином, порівняння відповідних результатів аналізу якості оптимальної комбінованої системи стабілізації та показників якості роботи одноконтурної оптимальної системи стабілізації і графіків на рис. 4,5 дозволяє зробити висновок про те, що при застосуванні комбінованої системи стабілізації середньоквадратичне відхилення кута  $\gamma$  практично не змінюється, а середньоквадратичне відхилення потоку хлібної маси зменшується більше ніж на 70% у порівнянні з одноконтурною системою за рахунок введення кола корекції.

## Список використаних джерел.

1. Азарсков В. Н., Блохин Л. Н., Житецкий Л. С. Методология конструирования систем стохастической стабилизации: Монография. – К.: НАУ, 2006. – 440 с.
2. Алиев Ф. А., Ларин В. Б. и др. Оптимизация линейных инвариантных во времени систем управления. – К.: Наук. думка, 1978. – 327 с.
3. Блохин Л. М. Статистична динаміка систем управління. / Л. М. Блохін, М. Ю. Буриченко – К.: НАУ, 2003. – 208 с.
4. Осадчий С. І. Синтез оптимальної багатомірної системи стабілізації руху об'єкта зі зворотнім зв'язком по відхиленню та корекцією по збуренню. / Осадчий С.І., Дідик О.К., Віхрова М.С. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 102 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ, 2010. – С. 71 – 73.
5. Дідик О. К. Синтез оптимальної системи стабілізації потоку хлібної маси зернозбирального комбайну / О. К.Дідик, М.С.Мірошніченко // Сб. наук. праць "Вестник національного технического университета "ХПИ" – 2011. - №36. – С.48-51.

## Аннотация

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ОПТИМАЛЬНЫХ ОДНОКОНТУРНОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОТОКА ХЛЕБНОЙ МАССЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Осадчий С. И., Віхрова Л. Г., Дидик А. К.,  
Мірошніченко М. С.

*В статье рассмотрен сравнительный анализ качества работы оптимальной одноконтурной системы стабилизации потока хлебной массы по отклонению выходной величины и оптимальной комбинированной системы стабилизации по отклонению и коррекции по возмущению – текущему значению урожайности.*

## Abstract

### THE COMPARATIVE ANALYSIS OF QUALITY OF WORK OF THE OPTIMUM ONE-PLANIMETRIC AND COMBINED SYSTEMS OF STABILIZATION OF THE GRAIN STREAM OF THE COMBINE HARVESTER

S. Osadchiy, L. Vihrova, O. Didyk,  
M. Miroshnichenko

*In article the comparative analysis of quality of work of optimum one-planimetric system of stabilization of a grain stream on a deviation of target size and the optimum combined system of stabilization on a deviation and correction on an disturbance – to the current value of productivity is considered.*