

2. Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л. Хміль Г.А. Природний, техно-генний та екологічний ризику: аналіз, оцінка, управління. К. Наукова Думка – 2008. – 520с.
3. Дорогунцов С.И. Ральчук А.Н. Управление техногенно-экологической безопасностью в контексте парадигмы устойчивого развития. К. Наукова Думка – 2002.-234 с.
4. Герасимчук З.В., Тендюк А.А. Процесс формирования инструментария обеспечения экологической безопасности на региональном уровне. Методы решения экологических проблем. Под ред. Мельника Л.Г. Сумы: СумГУ, 2010.- Вып.3.- с. 251-263
5. Беляев Н.Н. Ночвай В.И. Математическое моделирование процессов загрязнения атмосферы в региональных задачах экологической безопасности. Збірник наукових праць НГУ – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2015 - №47 – с.131-138
6. Стефанишин Д.В. Вибрані задачі оцінки ризику та прийняття рішень за умов стохастичної невизначеності.-К.:Азимут-Україна, 2009. – 104 с.
7. Красс М.С. Моделирование эколого-экономических систем: Учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2010.-272 с.

Поступила 17.10.2016р.

УДК 681.518.3

О. Ф. Єнікеєв, м. Харків
Л. М. Щербак, м. Київ

ДВОХСТУПЕНЕВА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ПРОЦЕСУ АЛМАЗНОГО ШЛІФУВАННЯ

The architecture of information-measuring system has been developed on the basis of methods of coordinate and digital control, the hierarchical principle, indirect measurements of roughness, principles of decentralization and parallelization of incoming information processing. Devices of signal processing means are designed on the basis of minimizing of a quadratic quality criterion with using standard mathematical models of hardware means with a known delay.

Вступ. Застосування інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) для підвищення економічної ефективності технологічних процесів алмазного шліфування (АШ) має за мету скоротити час обробки деталі та отримати задану шорсткість поверхні. При цьому не використовується інформація про поточну якість поверхні деталі, оскільки отримати цей сигнал шляхом прямих вимірювань неможливо у зв'язку з відсутністю відповідних датчиків. Встановлено, що основним недоліком існуючих ІВС програмного завдання параметрів процесу АШ є відсутність сигналу про поточну якість поверхні деталі, що оброблюється верстатом. Результатом цього є низька ефективність їхнього задавання, що призводить до збільшення тривалості технологічного

циклу обробки деталі й, відповідно до цього, збільшенню витрат електричної енергії на підприємстві. Тому виникає актуальна задача створення нових видів ІВС для підвищення ефективності процесів АШ.

Постановка завдання. Розробити структуру апаратних засобів та програмне забезпечення ІВС на основі непрямих вимірювань мікронерівностей поверхні деталі, що забезпечить підвищення ефективності процесу АШ.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- обґрунтувати реалізацію непрямого методу для вимірювань мікронерівностей деталі;
- розробити методику комп'ютерного моделювання перетворення інформації ІВС;
- створити програмне забезпечення керування ІВС рухами апаратних засобів шліфувальних верстатів для забезпечення прогнозованих мікронерівностей поверхні деталі при АШ;
- побудувати структуру апаратних засобів ІВС та провести аналіз їхніх динамічних характеристик.

Основні результати. Для вирішення вказаних задач розробки програмного керування ІВС рухами апаратних засобів шліфувальних верстатів використано метод покоординатного управління та принцип управління за відхиленням, метод непрямих вимірювань мікронерівностей деталі [1-2]. Інформаційне забезпечення ІВС подано в такому вигляді:

$\bar{U} = (u_1, u_2, \dots, u_i)^T$ – вектор програмного керування рухами шліфувального верстату (ШВ); $\bar{X} = (S_{non}, S_{новз}, \omega_{кр})^T$ – вектор вхідних сигналів; $\bar{Q} = (\Delta_{em}, S_{non,ont}, S_{новз,ont}, \omega_{кр,ont})^T$ – вектор параметрів процесу АШ, який зберігає банк даних ІВС; $\bar{\xi} = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k)^T$ – вектор випадкових завад; $F(\bar{U}, \bar{Q}, \bar{\xi}, \Delta\omega, P_\theta, \omega_{кр}) = \bar{Y}$ – математична модель програмних рухів апаратних засобів ІВС; $F_k = (u_k, \bar{Q}_k, \bar{\xi}_k) = 0$ – математична модель перетворення інформації каналом ІВС. Схему програмного керування ІВС рухами апаратних засобів задаванням подач та швидкості обертання ШК подано на рис. 1. На ньому позначено: R_z – мікронерівності, які прогнозуються; $\Delta\omega$ – сигнал девіацій.

В основі розробки структури ІВС використано мікроконтролер МС68НС912В32, методи безпосереднього цифрового управління, ієрархічний принцип, непрямі вимірювання мікронерівностей, а також принципи децентралізації та мультиплексування адресних шин та даних структурного інтерфейсу системи. Структурну схему тривимірної двохступеневої ІВС подано на рис. 2.

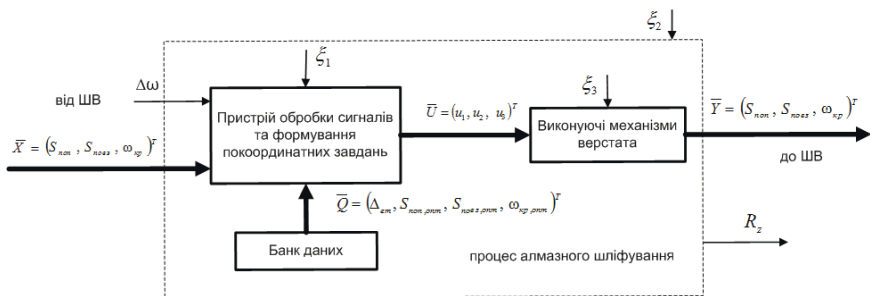


Рис. 1. Структурна схема програмного керування ІВС рухами апаратних засобів шліфувальних верстатів

На рис. 2 позначено: ЕП – електричний привод шліфувального верстата; ВМ – його виконуючий механізм; П – перетворювач; Д – датчик; ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач; \bar{Q}_{BHV} – вектор уставок. Інформаційний зв'язок між ІВС та процесом АШ забезпечують сигнали подачі та швидкості обертання шліфувального круга (ШК). Апаратні засоби першого ступеня задають параметри АШ, які зберігає банк даних у вигляді відповідного вектора. Вихідні сигнали формуються ними під час прямого або зворотного ходів ШК.

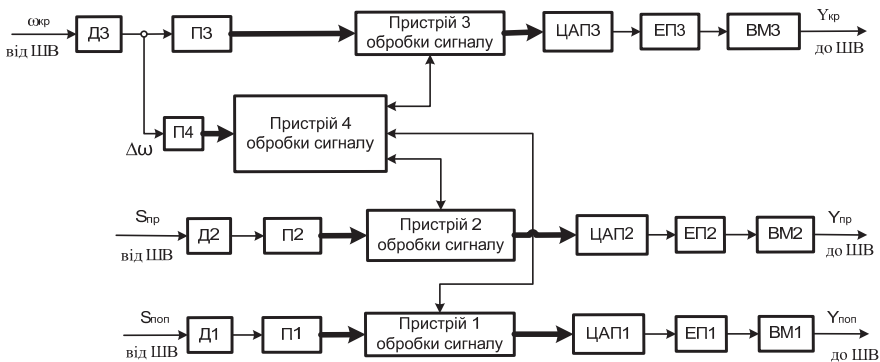


Рис. 2. Структурна схема ІВС

Сигнал миттєвої швидкості обертання ШК є вхідним для апаратних засобів другого ступеня. Пристрій 4 за допомогою інформаційної технології обробки сигналу миттєвої швидкості визначає мікронерівності поверхні деталі, амплітуда яких прогнозується. Якщо амплітуда мікронерівностей перевищує рівень, який задано прийнятим «квалітетом» чистоти, то пристрій 4 формує сигнали коригування подачі ШК. Обробка цих сигналів виконується апаратними засобами першого ступеня ІВС під час пауз між прямою та

зворотною ходою ШК. Виконуючі механізми шліфувального верстата ВМ1-ВМ3 задають нові параметри АШ.

Моделювання апаратних засобів першого ступеню. В динамічному відношенні первинний перетворювач (ПП) поперечної подачі ШК подаємо аперіодичним ланцюгом з запізненням та деякою смугою нечутливості (Δ_1) навколо номінальної характеристики перетворення

$$W_1(p) = \frac{\Delta_1 k_{П1} e^{-p\tau_{П1}}}{T_{П1} p + 1}, \quad (1)$$

де $k_{П1}$, $\tau_{П1}$, $T_{П1}$ – коефіцієнт передачі, запізнення та постійна часу. На основі обробки дослідних даних визначено закон розподілу похибки [2]

$$f_1(x) = \frac{1}{2\sigma} e^{-\frac{|x|}{\sigma}} \quad \text{при } x \in (-0.12, 0.12), \text{ та похибку } \Delta_1 = \sigma e^{\frac{\mu_1}{\sigma}} = 0.05.$$

Передатну функцію ЦАП подаємо у такому вигляді [3]

$$W_2(p) = \frac{1 - e^{-p\tau_r}}{p}. \quad (2)$$

Передатна функція пристрою цифрової обробки сигналу поперечної подачі ВМ як деякого довільного цифрового фільтру подано у вигляді [3]

$$W_3(p) = \frac{1}{\tau_r} (1 - e^{-p\tau_r}). \quad (3)$$

Передатну функцію ВМ отримано в роботі [2] у такому вигляді

$$W_4(p) = \frac{k_M T_{k1}^2}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + a_0}. \quad (4)$$

де k_j – коефіцієнт перетворення, \dot{O}_{k1} – постійна часу ланки, яка корегує амплітудно-частотну характеристику ВМ,

$$a_4 = \tau_{m\epsilon} T_{m\epsilon} T_{\epsilon} T_{\delta m} T_M;$$

$$a_3 = T_M [(\tau_{m\epsilon} + T_{m\epsilon}) T_{\epsilon} T_{\delta m} + \tau_{m\epsilon} T_{m\epsilon} (T_{\epsilon} + T_{\delta m})] + \tau_{m\epsilon} T_{m\epsilon} T_{\epsilon} T_{\delta m};$$

$$a_2 = T_M [T_{\epsilon} T_{\delta m} + \tau_{m\epsilon} T_{m\epsilon} + (\tau_{m\epsilon} + T_{m\epsilon})(T_{\epsilon} + T_{\delta m})] + (\tau_{m\epsilon} + T_{m\epsilon}) T_{\epsilon} T_{\delta m} + \tau_{m\epsilon} T_{m\epsilon} (T_{\epsilon} + T_{\delta m});$$

$$a_1 = T_M (T_{\epsilon} + T_{\delta m} + \tau_{m\epsilon} + T_{m\epsilon}) + T_{\epsilon} T_{\delta m} + \tau_{m\epsilon} T_{m\epsilon} + (\tau_{m\epsilon} + T_{m\epsilon})(T_{\epsilon} + T_{\delta m});$$

$$a_0 = \tau_{m\epsilon} + T_{m\epsilon} + T_{\epsilon} + T_{\delta m}.$$

У результаті аналізу структурної схеми та перетворень маємо таку передатну функцію каналу для завдання поперечної подачі ШК

$$W_5(p) = \frac{b_1 p}{(\zeta T_{33} p + 1) \left(\frac{T_{33}}{\zeta} p + 1 \right) (T_{34} p + 1)}, \quad (5)$$

де $b_1 = k_M T_{k1}^2 k_{II} \tau_r$, T_{33} , T_{34} – постійні часу, які визначено за допомогою полюсів виразу (5), ζ – коефіцієнт, визначено аналогічно.

Відповідні ПП та ВМ вносять запізнення у роботу каналу, яке складає $2T_0$. З урахуванням цього z -перетворення виразів для передатних функцій каналу за управляючим та збурювальним впливами мають такий вигляд

$$W_6(z^{-1}) = z^{-2} \frac{b_0^\circ + b_1^\circ z^{-1} + b_2^\circ z^{-2} + b_3^\circ z^{-3}}{1 + a_1^\circ z^{-1} + a_2^\circ z^{-2} + a_3^\circ z^{-3}}, \quad W_7(z^{-1}) = \frac{k_l T_l (1-l_4) z^{-1}}{1 - (1+l_4) z^{-1} + l_4 z^{-2}}, \quad (6)$$

де T_M – постійна часу механічної частини двигуна, $b_0^\circ = A_1 + A_2 + A_3$;

$$b_1^\circ = -[A_1 + A_2 + A_3 + A_1(l_2 + l_3) + A_2(l_1 + l_3) + A_3(l_1 + l_2)];$$

$$b_2^\circ = A_1(l_2 + l_3) + A_2(l_1 + l_3) + A_3(l_1 + l_2) + A_1 l_2 l_3 + A_2 l_1 l_3 + A_3 l_1 l_2;$$

$$b_3^\circ = -(A_1 l_2 l_3 + A_2 l_1 l_3 + A_3 l_1 l_2), \quad a_1^\circ = -(A_1 l_2 l_3 + A_2 l_1 l_3 + A_3 l_1 l_2);$$

$$a_2^\circ = l_2 l_3 + l_1 l_3 + l_1 l_2, \quad a_3^\circ = -l_1 l_2 l_3;$$

$$l_1 = e^{-\frac{T_0}{\zeta T_{33}}}, \quad l_2 = e^{-\frac{\zeta T_0}{T_{33}}}, \quad l_3 = e^{-\frac{T_0}{T_{34}}}, \quad l_4 = e^{-\frac{T_0}{T_l}};$$

$$A_1 = \frac{b_1 T_{34}}{T_{33} T_{34} (\zeta^2 + 1) - \zeta (T_{33}^2 - T_{34}^2)} + \frac{b_1 \zeta}{(\zeta T_{34} - T_{33}) (\zeta^2 - 1)}, \quad A_2 = \frac{b_1 \zeta}{(\zeta T_{34} - T_{33}) (\zeta^2 - 1)};$$

$$A_3 = \frac{b_1 T_{34}}{\zeta (T_{33}^2 - T_{34}^2) - T_{33} T_{34} (\zeta^2 + 1)}.$$

Програмне забезпечення пристрою 4 при обробці сигналів мінімізує квадратичний критерій якості шліфування деталей. Закон завдання апаратними засобами поперечної подачі ШК має вигляд

$$D(z^{-1}) u_t = R_1(z^{-1}) y_{m,t+d+1} - F(z^{-1}) y_t, \quad (7)$$

де $y_{m,t+d+1}$ – прогнозоване значення вихідного сигналу, степеневі поліноми

мають такий вигляд $R_1(z^{-1}) = \frac{\Delta_1 k_M T_M (1-l_4)}{\varepsilon_{\text{don}}} z^{-1}$, $D(z^{-1}) = g_0 + g_1 z^{-1} + g_2 z^{-2}$

, $F(z^{-1}) = f_0 + f_1 z^{-1} + f_2 z^{-2}$. У цих виразах ε_{don} – припустиме значення похибки відпрацювання вхідного впливу. Коефіцієнти цих поліномів визначаються за допомогою наступних виразів

$$f_0 = 1, \quad f_1 = \frac{a_1^\circ + 1}{a_1^\circ}, \quad f_2 = \frac{a_1^\circ a_2^\circ + a_1^\circ + a_2^\circ}{a_1^\circ a_2^\circ}, \quad g_0 = \frac{b_0^\circ}{a_0^\circ}, \quad g_1 = \frac{b_1^\circ - \frac{b_0^\circ a_1^\circ}{a_0^\circ} + \frac{b_0^\circ (a_1^\circ + 1)}{a_1^\circ}}{a_0^\circ};$$

$$g_2 = \frac{b_2^\circ + \frac{b_1^\circ(a_1^\circ + 1)}{a_1^\circ} + \frac{b_2^\circ(a_1^\circ a_2^\circ + a_1^\circ + a_2^\circ)}{a_1^\circ a_2^\circ} - \frac{b_0^\circ a_2^\circ}{a_0^\circ} - a_1^\circ \left[b_1^\circ - \frac{b_0^\circ a_1^\circ}{a_0^\circ} + \frac{b_0^\circ(a_1^\circ + 1)}{a_1^\circ} \right]}{a_0^\circ}$$

На основі виразу (7) отримана передатна функція пристрою цифрової обробки сигналу поперечної подачі круга у такому вигляді [2]

$$W_{I1}(z^{-1}) = \frac{H(z^{-1})B(z^{-1})}{b_0^\circ A(z^{-1}) + D(z^{-1})B(z^{-1})}. \quad (8)$$

Коефіцієнти степеневого поліному $H(z^{-1})$ в останньому виразі мають вигляд

$$h_0 = \frac{\Delta_1 k_M T_M (1 - l_4)}{\varepsilon_{\text{don}}} b_0^\circ, \quad h_1 = \frac{\Delta_1 k_M T_M (1 - l_4) b_1^\circ}{\varepsilon_{\text{don}} a_1^\circ}, \quad h_2 = \frac{\Delta_1 k_M T_M (1 - l_4) b_2^\circ}{\varepsilon_{\text{don}} a_2^\circ};$$

$$h_3 = \frac{\Delta_1 k_M T_M (1 - l_4) b_3^\circ}{\varepsilon_{\text{don}} a_3^\circ}.$$

Після підстановки коефіцієнтів та математичних перетворень виразу (8) маємо таке

$$W_{I1}(z^{-1}) = 767.113 \frac{2.3 - 3.453z^{-1} + 1.33z^{-2}}{0.262 + 0.008z^{-1} + 0.2182z^{-2}}. \quad (9)$$

На основі виразів (9) та (10) побудована схема комп'ютерного моделювання процесу перетворення сигналу поперечної подачі ШК (рис. 3). В результаті аналізу встановлено, що вихідний сигнал має коливальний характер з малим перерегулюванням та відповідає вимогам ІВС за швидкодією.

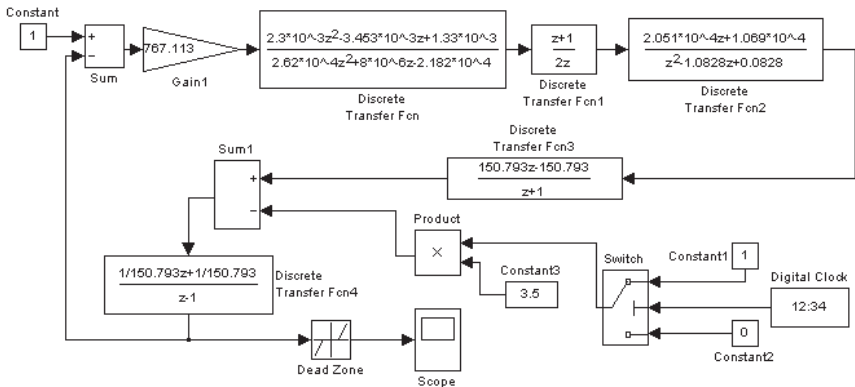


Рис. 3. Схема комп'ютерного моделювання процесу перетворення сигналу поперечної подачі ШК

У результаті аналізу структурної схеми каналу для завдання поздовжньої подачі ШК із застосуванням комп'ютерного моделювання та математичного апарату z -перетворень отримано вирази для передатних функцій. Мінімізацією квадратичного критерію якості шліфування отримана передатна функція пристрою 2 в такому вигляді

$$W_{II2}(z^{-1}) = \frac{0.04752 + 0.862z^{-1} - 0.823z^{-2}}{0.374 - 0.374z^{-1}}. \quad (10)$$

На основі виразів (9) та (10) побудована схема комп'ютерного моделювання процесу перетворень сигналу поздовжньої подачі ШК (рис. 4). В результаті аналізу встановлено, що вихідний сигнал має аперіодичний характер, відсутнє перегулювання та задовольняє вимогам ІВС за швидкодією.

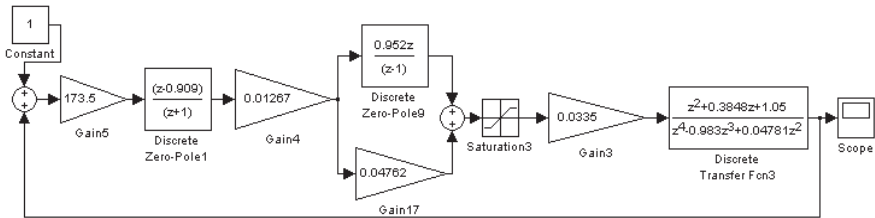


Рис. 4. Схема комп'ютерного моделювання процесу перетворення сигналу поздовжньої подачі ШК

У результаті аналізу структурної схеми апаратних засобів обробки сигналу швидкості обертання ШК та математичних перетворень отримано передатну функцію каналу в такому вигляді

$$W_9(p) = \frac{b_0^* \tau_r p [T_3 \tau_3 p^2 + (T_3 + \tau_3) p + 1]}{a_4 p^4 + a_3 p^3 + a_2 p^2 + a_1 p + 1}, \quad (11)$$

де $a_4 = T_1 T_2 T_3 \tau_3$, $a_3 = T_1 T_2 (T_3 + \tau_3) + (T_1 + T_2) T_3 \tau_3$;
 $a_2 = T_1 T_2 + T_3 \tau_3 + \tau_r + (T_1 + T_2)(T_3 + \tau_3)$, $a_1 = T_1 + T_2 + T_3 + \tau_3$.

Мінімізацією квадратичного критерію якості з використанням еталонної моделі каналу отримана передатна функція пристрою 3 обробки сигналу швидкості в такому вигляді [5]

$$W_{I3}(z) = 1.206 \frac{z^2 - 0.1706z}{z^2 - 0.995z - 5.019 \cdot 10^{-3}}. \quad (12)$$

На основі виразів (11) та (12) розроблено схему комп'ютерного моделювання процесу перетворення сигналу швидкості обертання алмазного інструменту (рис. 5). Встановлено, що апаратні засоби відповідають вимогам ІВС із швидкодії.

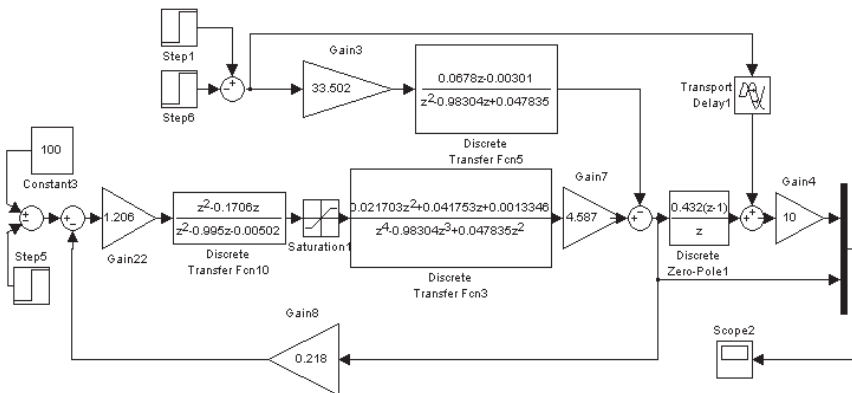


Рис. 5. Схема комп'ютерного моделювання процесу перетворень сигналу швидкості обертання ШК

Моделювання апаратних засобів другого ступеню ІВС. У результаті аналізу структурної схеми апаратних засобів із застосуванням комп'ютерного моделювання та апарата z-перетворень отримано такий вираз для передатної функції [4]

$$W_{10}(z^{-1}) = z^{-1} \frac{b_1^* z^{-1}}{1 + a_1^* z^{-1} + a_2^* z^{-2}}, \quad (13)$$

Враховано запізнення каналу та похибка вимірювань девіацій (Δ_5).

Мінімізацією квадратичного критерію якості шліфування отримана передатна функція пристрою в такому вигляді [4]

$$W_{П4}(z^{-1}) = \frac{1.54 - 2.096z^{-1} + 0.616z^{-2}}{2.574 + 0.083z^{-1} - 2.156z^{-2}}. \quad (14)$$

На основі виразів (13) та (14) складна схема комп'ютерного моделювання процесу перетворення сигналу миттєвої швидкості обертання ШК (рис. 6).

В результаті аналізу вихідного сигналу встановлено: аперіодичний характер, запізнення величиною 0.003 с, відповідає вимогам ІВС за швидкодією.

Висновок. Розроблено структуру ІВС для підвищення економічної ефективності процесу АШ на основі використання сигналу девіацій швидкості обертання ШК та принципу управління зі зворотнім зв'язком по стану. Апаратні засоби другого ступеню ІВС використовують сигнал девіацій при отриманні кількісної оцінки мікронерівностей. На основі запропонованої ідеї, методу безпосереднього цифрового управління та ієрархічного принципу розроблено архітектуру ІВС. Побудовано схеми комп'ютерного моделювання процесів обробки вхідних сигналів апаратними засобами ІВС.

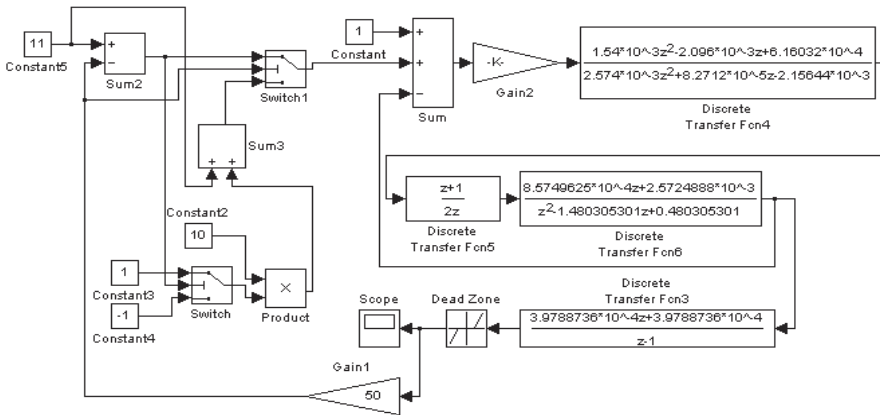


Рис. 6. Схема комп'ютерного моделювання процесу перетворень сигналу миттєвої швидкості обертання ШК

1. Еникеев А.Ф. Оптимальное управление технологическим процессом алмазного шлифования. – Краматорск: ДГМА, 2001. – 160 с.
2. Синтез цифрового регулятора поперечной передачи шлифовального круга / Єнікеев О.Ф., Зиков І.С. // Вестник национального технического университета «ХПИ». – 2008. – №57. – С. 87 – 93.
3. Основы синтеза і проектування слідкуючих систем верстатів та промислових роботів: Навчальний посібник / Єнікеев О.Ф., Суботін О.В. / –Краматорськ: ДДМА, 2008. – 268 с.
4. Адаптивна система цифрового управління технологічним процесом алмазного шлифования з еталонною моделлю / Єнікеев О.Ф., Суботін О.В. // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. – 2008. – Вип. 23. – С. 307 – 314.
5. Комп'ютерна система підвищення ефективності алмазного шлифования в умовах неповної інформації / О.Ф. Єнікеев // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2014. – № 2. – С. 40 – 49.

Поступила 6.10.2016р.

УДК 629.5 : 504.054+502.5

В. О. Ковач, м. Київ

АНАЛІЗ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ РОЗЛИВАМИ НАФТИ ВНАСЛІДОК АВАРІЙ ТАНКЕРІВ ТА ІНШИХ СУДЕН

Abstract. The article analyzes the failures of tankers and other ships accompanied by significant oil spills on water surface. The main causes of accidents caused by tankers and classification of oil spills in dependence on the volume of oil