

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
PIHII (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

SOI: [1.1/TAS](#) DOI: [10.15863/TAS](#)

International Scientific Journal Theoretical & Applied Science

p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online)

Year: 2019 Issue: 11 Volume: 79

Published: 30.11.2019 <http://T-Science.org>

QR – Issue



QR – Article



Yu.O. Strelyanaya

Sevastopol State University
candidate of technical sciences, associate professor
«Descriptive geometry, engineering and computer graphics»,
299053, Russian Federation, Sevastopol, st. Universitetskaya, d. 33

E.A. Emchenko

Sevastopol State University
candidate of technical sciences, docent, associate professor
«Descriptive geometry, engineering and computer graphics»,
299053, Russian Federation, Sevastopol, st. Universitetskaya, d. 33

S.E. Sazonov

Sevastopol State University
candidate of technical sciences, docent, associate professor
«Descriptive geometry, engineering and computer graphics»,
299053, Russian Federation, Sevastopol, st. Universitetskaya, d. 33

DEVELOPMENT OF THE AUTOMATIC SYSTEM DYNAMIC STABILIZATION PROCESS OF FINISH TURNING

Abstract: An automatic control system was developed in the form of a closed control loop consisting of an object, a filter and a regulator for a technological system of finish turning, the use of which allows to ensure the stability of quality indicators of part processing.

Key words: turning, control system, observer, regulator, Kalman filter.

Language: Russian

Citation: Strelyanaya, Y. O., Emchenko, E. A., & Sazonov, S. E. (2019). Development of the automatic system dynamic stabilization process of finish turning. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 11 (79), 380-385.

Soi: <http://s-o-i.org/1.1/TAS-11-79-79> **Doi:**  <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.11.79.79>

Scopus ASCC: 2504.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЧИСТОВОГО ТОЧЕНИЯ

Аннотация: Разработана система автоматического управления в виде замкнутого контура регулирования состоящего из объекта, фильтра и регулятора, для технологической системы чистового точения, применение которой позволяет обеспечить стабильность показателей качества обработки деталей.

Ключевые слова: токарная обработка, система управления, наблюдатель, регулятор, фильтр Калмана.

Введение

При построении автоматических систем приходится решать проблему, связанную с тем, что результаты измерений параметров технологического процесса несвободны от

погрешностей, имеющих как закономерный, так и случайный характер, отражающий не учитываемые при построении системы процессы различной физической природы и приводящие к динамическим отклонениям в расчетных моделях

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 РИНЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

(в том числе и параметрах инструмента и заготовки). Погрешности в таких информационных сигналах непосредственно сказываются на определяемых сигналах обратной связи автоматических систем управления и приводят к соответствующим погрешностям обработки и разбросам показателей качества изделий.

Для повышения чувствительности систем управления к отклонениям параметров и, особенно к тенденциям их изменения используются системы управления с обратной связью, включающей производную. Однако погрешности измерительного сигнала существенно возрастают в силу зависимости не только от амплитуд погрешностей исходных представлений, но и скоростей их изменения.

Такая проблема актуальна при синтезе систем управления процессами чистовой обработки. Ее решение требует модификации динамических соотношений, не требующих дифференцирования измерений [1, с. 84; 2, с. 229].

$$\begin{bmatrix} \dot{y} \\ \hat{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & -BK_{ij} \\ K_i C & A - BK_{ij} - K_i C \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} y \\ \hat{y} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E \\ 0 \end{bmatrix} \times w + \begin{bmatrix} 0 \\ RK_i \end{bmatrix} \times v. \quad (1)$$

где \dot{y} – вектор производных состояний системы, A – матрица, характеризующая динамические свойства системы, B – матрица параметров влияния отклонения формы детали и износа инструмента, C – матрица управления процессом (за счет поперечной подачи), E – матрица состояния измерений системы, U – вектор

Это может быть достигнуто путем модификации модели системы в пространстве состояний и соответствующих изменений «уравнений наблюдений». Последние целесообразно представить в виде отдельной подсистемы «уравнений восстановления состояний» и «подсистемы наблюдений». В [1 с. 84] для решения поставленной задачи использована методика [3, с. 320], основанная на методе неопределенных коэффициентов, однако построение «уравнения восстановления состояний» сопряжено со значительными сложностями.

Целью данной статьи является разработка автоматической системы динамической стабилизации процесса чистового точения для заводских условий.

Замкнутый контур регулирования состоящий из объекта, фильтра и регулятора, для технологической системы чистового точения (рис 4.7) можно представить с помощью обобщенной системы дифференциальных уравнений:

управляющих воздействий, связанный с поперечной подачей., R – шумы измерения, K_{ij} – матрица коэффициентов усиления фильтра Калмана, w , v – некоррелированные единичные гауссовские белые шумы;

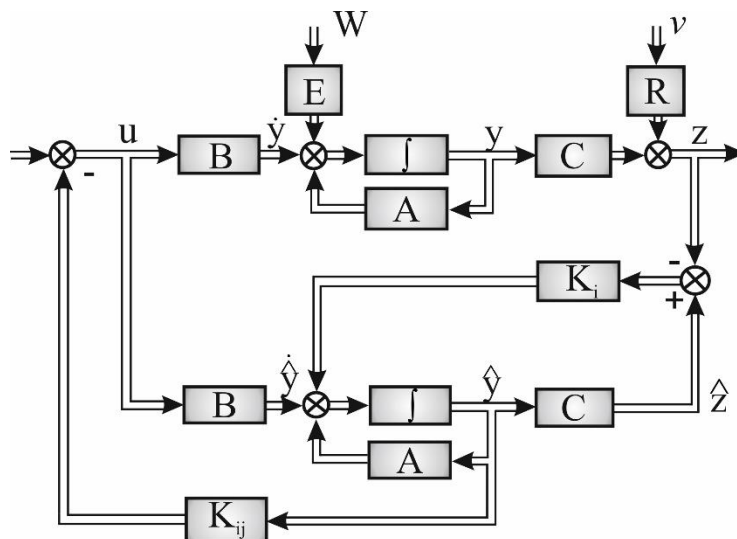


Рис.1. Структурная схема САУ токарной обработки

На основе (1) возможно создание САУ ТП, применение которой позволит эффективно использовать циклы программного управления

без потери стабильности показателей качества изделий.

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

Для обработки деталей в заводских условиях система (4.38) динамической стабилизации может быть упрощена, из предположений что, в динамической системе тяжелого токарного станка наименее устойчивым звеном является система

$$\begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{(c_1+c_3)}{m_1} & -\frac{(h_1+h_3)}{m_1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{c_3}{m_1} & -\frac{h_3}{m_1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} L \\ \dot{L} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{c_3}{m_1} & -\frac{h_3}{m_1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} R \\ \dot{R} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_1}{m_1} & \frac{h_1}{m_1} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} S \\ \dot{S} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

В соответствующей форме перестроенные модели, которые характеризуют статистические свойства инструмента и заготовки в виде уравнений состояния и наблюдения:

– для инструмента:

$$\begin{cases} \dot{\Psi} = F_\Psi \Psi + G_\Psi \Omega_\Psi \\ z_1 = D_1 G_1 + E_1 v_1 \end{cases} \quad (3)$$

– для заготовки:

$$\begin{cases} \dot{\Phi} = F_\Phi \Phi + G_\Phi \Omega_\Phi \\ z_2 = D_2 G_2 + E_2 v_2 \end{cases} \quad (4)$$

где $\psi = \begin{bmatrix} \psi_1 \\ \psi_2 \end{bmatrix}$, $\Phi = \begin{bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \end{bmatrix}$, $F_\Psi = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{T_{31}^2} & \frac{T_{41}}{T_{31}^2} \end{bmatrix}$;

$$F_\Phi = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{1}{T_{32}^2} & \frac{T_{42}}{T_{32}^2} \end{bmatrix}; G_\Psi = \begin{bmatrix} K_1 T_{51} \\ -1 - K_1 T_{41} T_{51} \end{bmatrix};$$

«резец-суппорт», и, следовательно $c_2 \gg c_1, h_2 \gg h_1, c_2 \rightarrow \infty, h_2 \rightarrow \infty$

На основании вышеприведенных рассуждений уравнение (1) приводится к виду:

$$G_\varphi = \begin{bmatrix} K_2 T_{52} \\ -1 - K_2 T_{42} T_{52} \end{bmatrix},$$

$$D_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}^T, D_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}^T, E_1 = \rho, E_2 = \rho, \Omega_\Psi,$$

Ω_Φ, v_1, v_2 – некоррелируемые гауссовские белые шумы единичной интенсивности;

$$T_{31} = \frac{1}{v_1^2(\alpha_1^2 + \beta_1^2)}; T_{32} = \frac{1}{v_2^2(\alpha_2^2 + \beta_2^2)}; T_{41} = \frac{2\alpha_1}{v_1(\alpha_1^2 + \beta_1^2)};$$

$$T_{42} = \frac{2\alpha_2}{v_2(\alpha_2^2 + \beta_2^2)}; T_{51} = \frac{1}{v_1(\alpha_1^2 + \beta_1^2)}; T_{52} = \frac{1}{v_2(\alpha_2^2 + \beta_2^2)};$$

$$K_1 = \sqrt{2} \sqrt{\frac{D_1 \alpha_1}{v_1(\alpha_1^2 + \beta_1^2)}}; K_2 = \sqrt{2} \sqrt{\frac{D_2 \alpha_2}{v_2(\alpha_2^2 + \beta_2^2)}}$$

D_1, D_2 – дисперсия высот неровностей профиля рельефа объекта; $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$ – соответствующие коэффициенты при корреляции,

На основании (2) с учетом (3), (4) получена расширенная система:

$$\begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{\psi}_1 \\ \dot{\psi}_2 \\ \dot{\phi}_1 \\ \dot{\phi}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{(c_1+c_3)}{m_1} & -\frac{(h_1+h_3)}{m_1} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{h_3}{m_1} \frac{1}{T_3^2} & -\frac{c_3}{m_1} \frac{T_4}{T_3^2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{h_3}{m_1} \frac{1}{T_4^2} & -\frac{c_3}{m_1} \frac{T_5}{T_4^2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \psi_1 \\ \psi_2 \\ \phi_1 \\ \phi_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K_1 T_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 - K_1 T_5 T_6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & K_2 T_6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 - K_2 T_5 T_6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ P_m \\ 0 \\ \omega_\Psi \\ 0 \\ \omega_\Phi \end{bmatrix}$$

или в виде блочных матриц:

$$\begin{bmatrix} \dot{Y} \\ \dot{\Psi} \\ \dot{\Phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\Psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\Phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y \\ \Psi \\ \Phi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} G_0 & 0 & 0 \\ 0 & G_\Psi & 0 \\ 0 & 0 & G_\Phi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_0 \\ \Omega_\Psi \\ \Omega_\Phi \end{bmatrix}; \quad (5)$$

где $F(t) = \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\Psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\Phi \end{bmatrix}$, $X(t) = \begin{bmatrix} Y \\ \Psi \\ \Phi \end{bmatrix}$, $\dot{X}(t) = \begin{bmatrix} \dot{Y} \\ \dot{\Psi} \\ \dot{\Phi} \end{bmatrix}$, $W(t) = \begin{bmatrix} P_0 \\ \Omega_\Psi \\ \Omega_\Phi \end{bmatrix}$, $G(t) = \begin{bmatrix} G_0 & 0 & 0 \\ 0 & G_\Psi & 0 \\ 0 & 0 & G_\Phi \end{bmatrix}$,

$$H(t) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
 ISI (Dubai, UAE) = 0.829
 GIF (Australia) = 0.564
 JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
 ПИИЦ (Russia) = 0.126
 ESJI (KZ) = 8.716
 SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
 PIF (India) = 1.940
 IBI (India) = 4.260
 OAJI (USA) = 0.350

Для решения задач стохастической диагностики взаимодействия инструмента и заготовки при чистовом точении соотношения (5) записаны в Жордановой клеточной форме совместно с уравнением наблюдений.

$$\dot{X}(t) = F(t)X(t) + G(t)W(t) + C(t)U(t),$$

$$Z(t) = H(t)X(t) + V(t), \quad (6)$$

Для оценки фактической глубины, необходимо построить фильтр Калмана-Бьюси.

$$\dot{\hat{X}}(t) = F(t)\hat{X}(t) + B(t)[Z(t) - H \cdot \hat{X}(t)] \quad (7)$$

Дисперсия оценок состояния системы (7) может быть оценена уравнением Риккати:

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{P}} = & \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\varphi \end{bmatrix} \cdot \tilde{P} + \tilde{P} \cdot \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\varphi \end{bmatrix}^T + \begin{bmatrix} G_0 & 0 & 0 \\ 0 & G_\psi & 0 \\ 0 & 0 & G_\varphi \end{bmatrix} \cdot \hat{\Omega}_\psi \times \\ & \begin{bmatrix} G_0 & 0 & 0 \\ 0 & G_\psi & 0 \\ 0 & 0 & G_\varphi \end{bmatrix}^T - \tilde{P} \cdot \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix}^T \cdot \check{\Omega}_\varphi^{-1} \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \cdot \tilde{P} \end{aligned} \quad (8)$$

Матрица коэффициентов усиления фильтра Калмана определяются системой уравнений.

$$\begin{aligned} B(t) = & \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\varphi \end{bmatrix} \cdot \tilde{P} + \tilde{P} \cdot \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\varphi \end{bmatrix}^T + \begin{bmatrix} G_0 & 0 & 0 \\ 0 & G_\psi & 0 \\ 0 & 0 & G_\varphi \end{bmatrix} \cdot \hat{\Omega}_\psi \times \\ & \begin{bmatrix} G_0 & 0 & 0 \\ 0 & G_\psi & 0 \\ 0 & 0 & G_\varphi \end{bmatrix}^T - \tilde{P} \cdot \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^T \cdot \check{\Omega}_\varphi^{-1} \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \tilde{P} \cdot \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix} \cdot \check{\Omega}_\varphi^{-1}. \end{aligned} \quad (9)$$

$v(t)$ – независимые белые шумы, $\hat{\Omega}_\psi$ и $\check{\Omega}_\varphi$ – интенсивности белых шумов.

С учетом (7) – (9) алгоритм фильтрации наблюдений определяется матричными уравнениями

$$\dot{\hat{X}} = F \cdot \hat{X} + G \cdot W + B \cdot [Z - H \cdot \hat{X}],$$

$$\dot{\hat{t}}_f = [-1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0] \cdot \hat{X} \quad (10)$$

С использованием среднеквадратического критерия (Q_1, Q_2, Q_3 – весовые матрицы качества управления):

$$I = M \left[\frac{1}{2} x^T(t_\phi) Q_1 x(t_\phi) + \frac{1}{2} \int_0^{t_\phi} (x^T Q_2 x + u^T Q_3 u) dt \right] \quad (11)$$

и результатов оценок, на основе теоремы разделения в работе осуществлен синтез регулятора.

Для алгоритма управления справедлива следующая структура

$$u^T = Q_3^{-1} \cdot \tilde{P} \cdot \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} Y \\ \Psi \\ \Phi \end{bmatrix} \quad (12)$$

где $B_1 = Q_3^{-1} C^T P_1$, которая обеспечивает свойство стабилизации начальной динамической системы, а матрица удовлетворяет уравнению

$$\dot{\tilde{P}} = -\tilde{P} \cdot \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\varphi \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\varphi \end{bmatrix}^T \tilde{P}_1 + \tilde{P}_1 \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T \cdot Q_3^{-1} \cdot \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \tilde{P} - Q_2 \cdot P_1(0) = P_{10}$$

Согласно (10), (11) и (12) система с регулятором (рис.1) принимает вид (2).

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{\hat{Y}} \\ \dot{\hat{\Psi}} \\ \dot{\hat{\Phi}} \end{bmatrix} = & \begin{bmatrix} F_0 & 0 & 0 \\ 0 & F_\psi & 0 \\ 0 & 0 & F_\varphi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{Y} \\ \hat{\Psi} \\ \hat{\Phi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot Q_3^{-1} \begin{bmatrix} G_0 & 0 & 0 \\ 0 & G_\psi & 0 \\ 0 & 0 & G_\varphi \end{bmatrix}^T P_1 + \\ & + Q_3^{-1} \begin{bmatrix} G_0 & 0 & 0 \\ 0 & G_\psi & 0 \\ 0 & 0 & G_\varphi \end{bmatrix}^T P_1 \times \left[z(t) - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \hat{Y} \\ \hat{\Psi} \\ \hat{\Phi} \end{bmatrix} \right], \quad \hat{X}(0) = \bar{X}(0). \end{aligned} \quad (13)$$

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971	SIS (USA) = 0.912	ICV (Poland) = 6.630
ISI (Dubai, UAE) = 0.829	ПИИЦ (Russia) = 0.126	PIF (India) = 1.940
GIF (Australia) = 0.564	ESJI (KZ) = 8.716	IBI (India) = 4.260
JIF = 1.500	SJIF (Morocco) = 5.667	OAJI (USA) = 0.350

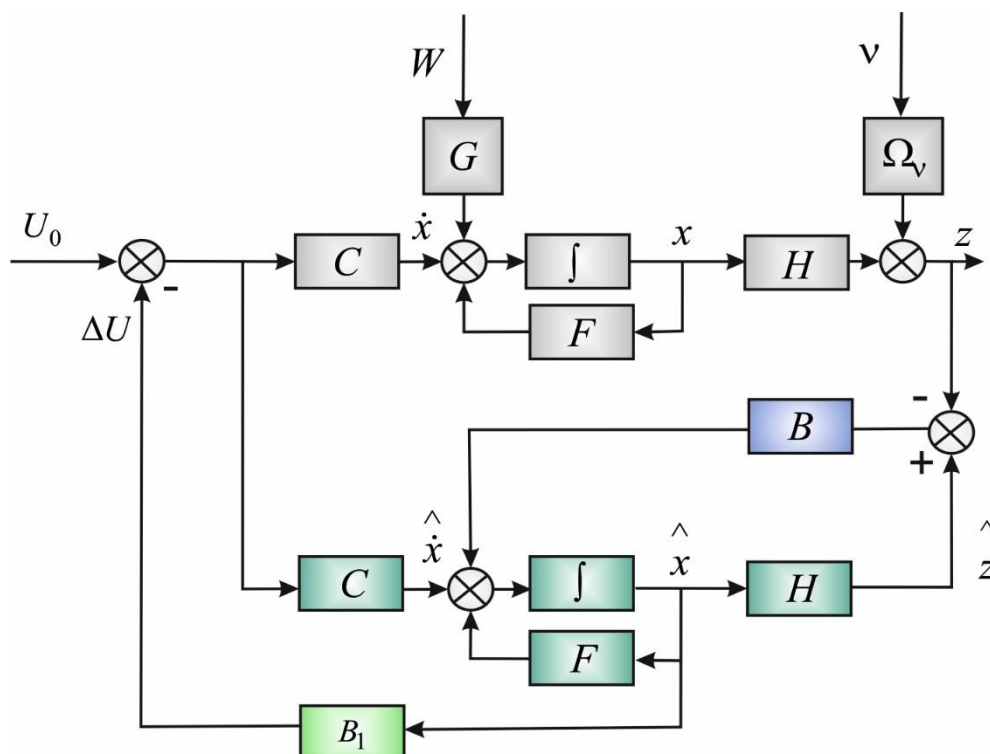


Рис. 2. Структурная схема системы управления процессом точности

Зависимость значений корректирующих сигналов управления от времени, как результаты

численного эксперимента работы системы приведены в таблице 1.

Таблица 1

ΔU , мкм	3,3	2,5	2,01	2,8	2,6	2,2	3,1	3,5	3,3	4,8
Δt , с	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
ΔU , мкм	4,7	4,9	5,1	4,3	3	2	1,7	3,1	3,8	2,6
Δt , с	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
ΔU , мкм	2,5	2,6	1,6	2,2	2,1	2,1	2,8	2,6	2,4	3
Δt , с	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,3
ΔU , мкм	3,3	3,2	3,2	2,7	3,3	3,6	3,7	3,5	3,6	2,2
Δt , с	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,4
ΔU , мкм	3	3,3	3,5	2,5	2,2	2,7	2,9	2,6	2,7	2,7
Δt , с	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,5
ΔU , мкм	2,6	2,9	3,3	2,7	2,5	2,9	2,6	2,6	2,7	3
Δt , с	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,6
ΔU , мкм	2,8	3,1	3,9	3,1	3,0	1,8	2,6	2,1	2,8	3,4
Δt , с	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,7
ΔU , мкм	3	2,9	3	2,5	2,2	1,9	2,5	1,7	2,2	2,9
Δt , с	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,8

Impact Factor:

ISRA (India) = 4.971
ISI (Dubai, UAE) = 0.829
GIF (Australia) = 0.564
JIF = 1.500

SIS (USA) = 0.912
РИИЦ (Russia) = 0.126
ESJI (KZ) = 8.716
SJIF (Morocco) = 5.667

ICV (Poland) = 6.630
PIF (India) = 1.940
IBI (India) = 4.260
OAJI (USA) = 0.350

Заклучение

Подведем итог проведенных исследований. Результаты проведенного эксперимента показывают, что в процессе работы глубина резания не остается постоянной и имеет отклонения от заданных значений, что

значительно влияет на выходные характеристики процесса. Предложенная система позволяет скомпенсировать отрицательное влияние возмущающих факторов и тем самым обеспечивает стабильность показателей качества обработанных изделий.

References:

1. Novoselov, Yu.K., Bratan, S.M., & Kainov, D.A. (2002). Vliyanie sostoyaniya rabochey poverkhnosti instrumenta na otsenku parametrov formiruyushchego fil'tra. *Rezanie i instrument v tekhnologicheskikh sistemakh* – *Mezh.nar.nauch.tekh.sb.* – Khar'kov: KhGPU, Vyp. 62, pp. 84–88.
2. Strelyanaya, Yu.O., Kainov, D.A., & Falaleev, A.P. (2012). *Dinamicheskaya model' protsessa rastachivaniya*. Visnik SevNTU: zb. nauk. prats'. (pp.229-232). Sevastopol': SevNTU.
3. Solodovnikov, B.B., Plotnikov, B.H., & Yakovlev, A.V. (1985). *Osnovy teorii i elementy sistem avtomaticheskogo regulirovaniya: uchebn. posobie dlya vuzov*. (p.536). Moscow: Mashinostroenie.
4. Grigor'yan, G. D., Zelinskiy, S. A., Oborskiy, G. A., & Firsov, G. F. (1991). *Tochnost', nadezhnost' i proizvoditel'nost' metallovezhushchikh stankov*. (p.201). Kiev: Tekhnika.
5. Novikov, F.V., et al. (2004). *Fiziko-matematicheskaya teoriya protsessov obrabotki materialov i tekhnologii mashinostroeniya*: V 10 t. /Pod red. A.B. Yakimova i F.V. Novikova. — Odessa,“ T.7: Tochnost' obrabotki detaley. (p.546). Slobodyanik.
6. Kudinov, V.A. (1995). Dinamicheskie raschety stankov (osnovnye polozheniya). *STIN*, №8, pp. 3–13.
7. Bratan, S.M. (1997). *Upravlenie protsessami shlifovaniya putem stabilizatsii tekhnologicheskoy sistemy*. Progressivnye tekhnologii i sistemy mashinostroeniya: sbornik trudov mezhdunarodnyy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. (pp.35-36). Donetsk: DonGTU.
8. Kudinov, A.V. (2004). Problemy modelirovaniya pri konstruirovani sverkhtochnykh stankov. *STIN*, №3, pp. 3–9.
9. Yurkevich, V.V., Chiginov, D.A., Iskra, D.E., Kozlov, S.A., & Emel'yanov, P.N. (2001). Prognozirovanie tochnosti detali v protsesse ee izgotovleniya. *Mashinostroitel'*, № 3, pp. 34–40.
10. Yakobs, G.Yu., Yakob, E., & Kokhan, D. (1981). *Optimizatsiya rezaniya*. (p.279). Moscow: Mashinostroenie.