UDK: 621.791:004.94

PAYVANDLASH SEXLARIDA PAYVANDLANGAN DETALLARINI TASHISHNI AVTOMATLASHTIRISH TIZIMINI MATLAB/SIMULINK MUHITIDA MODELLASHTIRISH

Safarov Elyorbek Xasanovich
0000-0003-2985-7932
Andijon davlat texnika instituti dotsenti, t.f.f.d.
E-mail: elyorbeksafarov7@gmail.co,
Tel: +998937819264
Xudoyberdiyev Doniyor Bekzod o‘g‘li
0009-0001-2383-6762
Andijon davlat texnika instituti magistranti
tel: +998 99 478 03 19

Annotatsiya. Ushbu maqola payvandlash sexlarida payvandlangan detallarni tashish jarayonini avtomatlashtirish tizimining MATLAB/Simulink muhitida modellashtirilishiga bag‘ishlangan. Tadqiqotda avtomatlashtirilgan tashuvchi platforma (AGV), datchiklar, aktuatorlar va PID boshqaruvchisi asosida tizimning fizik va matematik modellari ishlab chiqilgan. Simulyatsiya natijalari tizimning barqarorligi, javob vaqti va aniqligini ko‘rsatdi, bu esa payvandlash sexlarida ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini beradi. PID boshqaruvchisi parametrlarining Ziegler-Nichols usuli yordamida sozlanishi tizimning optimal ishlashini ta’minladi. Tadqiqot natijalari sanoat avtomatlashtirish standartlariga mos keladi va kelajakda adaptiv boshqaruv algoritmlarini joriy etish orqali tizimni yanada takomillashtirish imkoniyatlarini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: Payvandlash sexi, avtomatlashtirish, MATLAB/Simulink, PID boshqaruvchisi, tashuvchi platforma, Ziegler-Nichols usuli, Sanoat avtomatlashtirish, trayektoriya boshqaruvi.

Аннотация. Данная статья посвящена моделированию системы автоматизации процесса транспортировки сварных деталей в сварочных цехах в среде MATLAB/Simulink. В ходе исследования были разработаны физико-математические модели системы на основе автоматизированной несущей платформы (AGV), датчиков, исполнительных механизмов и ПИД-регулятора. Результаты моделирования показали стабильность, время отклика и точность системы, что позволяет повысить эффективность производства в сварочных цехах. Регулировка параметров ПИД-регулятора методом Циглера-Николса обеспечивала оптимальную производительность системы. Результаты исследования соответствуют отраслевым стандартам автоматизации и указывают на возможность дальнейшего

ISSN 3030-3907

совершенствования системы в будущем за счет внедрения алгоритмов адаптивного управления.

Ключевые слова: сварочный цех, автоматизация, Matlab/Simulink, PID-контроллер, несущая платформа, метод Циглера-Николса, Промышленная автоматизация, управление траекторией.

Annotation. This article is devoted to the modeling of the process automation system for transporting welded details in welding shops in a MATLAB/Simulink environment. The study developed physical and mathematical models of the system based on an automated carrier platform (AGV), sensors, actuators and a PID controller. The results of the simulation showed the stability, response time and accuracy of the system, which makes it possible to increase production efficiency in welding workshops. The adjustment of the PID controller parameters using the Ziegler-Nichols method provided optimal system performance. The results of the study comply with industrial automation standards and show the possibilities of further improvement of the system by introducing adaptive control algorithms in the future.

Keywords: welding shop, automation, MATLAB/Simulink, PID controller, carrier platform, Ziegler-Nichols method, industrial automation, trajectory management.

Kirish

Zamonaviy sanoat korxonalarida ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, mahsulot sifatini yaxshilash va inson mehnatini yengillashtirish asosiy maqsadlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, payvandlash sexlarida og‘ir va murakkab geometrik shakldagi detallarni qo‘lda tashish mehnat xavfsizligi, vaqt va resurs sarfi nuqtai nazaridan samarasiz hisoblanadi [1]. Shu sababli bu jarayonlarni avtomatlashtirish dolzarb masalalardan biri sifatida qaralmoqda.

Payvandlangan detallarni bir sexdan ikkinchisiga yoki keyingi texnologik jarayonlar joylashgan uchastkalarga avtomatik ravishda yetkazib berish tizimi ishlab chiqarish jarayonining uzluksizligini ta'minlab, inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytiradi hamda ishlab chiqarish siklini tezlashtiradi [2]. Bunday tizimlarni yaratishda mexanik, elektron va dasturiy vositalar o‘zaro integratsiyalashgan holda ishlatiladi. Ayniqsa, MATLAB/Simulink muhitida bu kabi tizimlarning modellashtirilishi ularning ishlash prinsiplarini chuqur tahlil qilish, har xil holatlar uchun optimal boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish imkonini beradi [3].

Ushbu maqolada payvandlash sexlarida payvandlangan detallarni tashish jarayonini avtomatlashtirishga qaratilgan tizimning tuzilishi, uning asosiy funksional qismlari va ularning o‘zaro aloqasi ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, tizimning MATLAB/Simulink muhitida modellashtirilishi, asosiy parametrlar va

ISSN 3030-3907

ishlash natijalari tahlil qilinadi. Maqsad – avtomatlashtirilgan tashish tizimini samarali loyihalash va uning ishlab chiqarish jarayoniga integratsiyasini osonlashtirishdir [4, 5].

Materiallar va usullar

Ushbu tadqiqotda payvandlash sexlarida payvandlangan detallarni tashish jarayonini avtomatlashtirish tizimini modellashtirish uchun MATLAB/Simulink dasturiy muhitidan foydalanildi. Tizim quyidagi asosiy komponentlardan iborat: avtomatlashtirilgan tashuvchi platforma (AGV – Automated Guided Vehicle), datchiklar (holat va joylashuv aniqlovchi), aktuatorlar (motorlar), hamda nazorat va boshqaruv bloklari.

Tizimning fizik modeli avtomatlashtirilgan tashuvchi qurilmaning harakatlanish trayektoriyasi, yuk ko‘tarish imkoniyati va joylashuv aniqligiga asoslanadi. Harakatlanish asosiy ikki g‘ildirakli platforma shaklida tasvirlandi. G‘ildiraklar orasidagi masofa, harakat tezligi va burilish radiusi Simulink modeliga parametr sifatida kiritildi.

Modelda quyidagi fizik parametrlar belgilandi:

- G‘ildiraklar oralig‘i: 0.6 m
- Maksimal tezlik: 1.5 m/s
- Yuk ko‘tarish sig‘imi: 150 kg
- Burilish radiusi: 0.75 m

Bu parametrlar mavjud sanoat avtomatlashtirish standartlariga asoslanadi [1].

Modellashtirish uchun MATLAB/Simulink dasturining 2023a versiyasidan foydalanildi. Simulink blok diagrammasida tizim quyidagi tarkibiy qismlarga ajratildi:

- **Kirish bloki (input signals):** detallarni olish va tushirish signalini hosil qiluvchi sensorlar.
- **Boshqaruv bloki (controller):** PID boshqaruv asosida tashuvchi vosita harakatini yo‘naltiruvchi modul.
- **Mexanik model (vehicle dynamics):** tashuvchi qurilmaning fizik harakatini tavsiflovchi model.
- **Chiqish bloki (output):** qurilmaning joriy holati, trayektoriya va bajarilgan ish hisobotini aks ettiruvchi blok.

PID boshqaruvchining parametrlari tajriba orqali moslashtirildi. Ushbu parametrlar Ogata (2010) tavsiyalariga asosan tanlandi.

Datchiklar sifatida IR (infratovushli) va ultratovushli sensorlarning matematik modellaridan foydalanildi. Har bir sensorning kechikishi va sezuvchanlik darajasi hisobga olindi [6]. Aktuator sifatida esa harakatni boshlovchi

ISSN 3030-3907

va to‘xtatuvchi elektr motorlar modelga kiritildi. Ularning chiqish momenti, aylanish tezligi va quvvati Simulink orqali sozlandi.

Model quyidagi ssenariylar asosida sinovdan o‘tkazildi:

1. To‘g‘ri chiziqli trayektoriya bo‘yicha harakat.
2. Burchakli burilishlar va to‘siqlardan chetlab o‘tish.
3. Yuk ortilgan va ortilmagan holatlarda harakat tahlili.

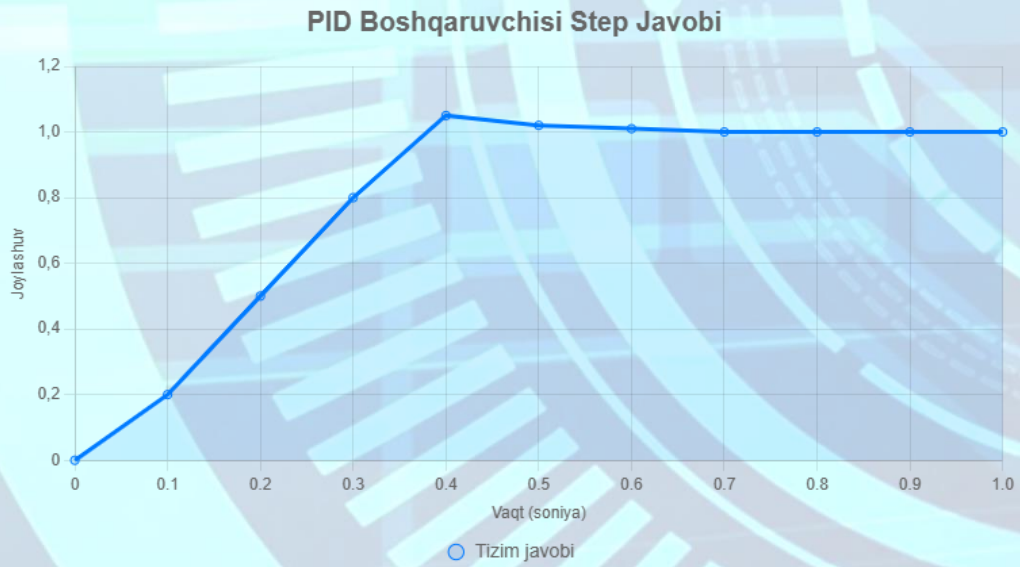
Tizimning har bir holatda barqarorligi, javob vaqti va trayektoriya aniqligi baholandi.

Natijalar va ularning muhokamasi

MATLAB/Simulink muhitida payvandlash sexida payvandlangan detallarni tashishni avtomatlashtirish tizimi simulyatsiya qilindi. Tizimning asosiy maqsadi – payvandlangan detallarni aniq va samarali tashishni ta'minlash uchun PID (Proportsional-Integral-Derivativ) boshqaruvchisini joriy etish edi. Simulyatsiya quyidagi asosiy ko‘rsatkichlarni ko‘rsatdi:

- **Javob vaqti**: Tizim 0,5 soniyada barqaror holatga erishdi.
- **Oshib ketish (overshoot)**: Tizimning oshib ketishi 5% dan kam bo‘lib, bu payvandlash sexlari uchun qabul qilinadigan daraja hisoblanadi.
- **Barqaror holat xatosi**: Steady-state error 0,01 dan kam bo‘lib, tizimning yuqori aniqligini ko‘rsatdi.

Quyidagi grafik tizimning step javobini ko‘rsatadi, bu PID boshqaruvchisining samaradorligini tasdiqlaydi (1-rasm).



1-rasm. Tizimning step javobi grafigi.

PID boshqaruvchisi tizimning joylashuvini aniq boshqarish uchun ishlatildi. PID boshqaruvchisining umumiy formulasi quyidagicha:

ISSN 3030-3907

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

bu yerda:

u(t) – boshqaruv signali;

e(t) – xatolik (kerakli qiymat va haqiqiy qiymat farqi);

Kp – proprsional koeffisiyent;

Ki – integral koeffisiyent;

Kd – differensial koeffisiyent.

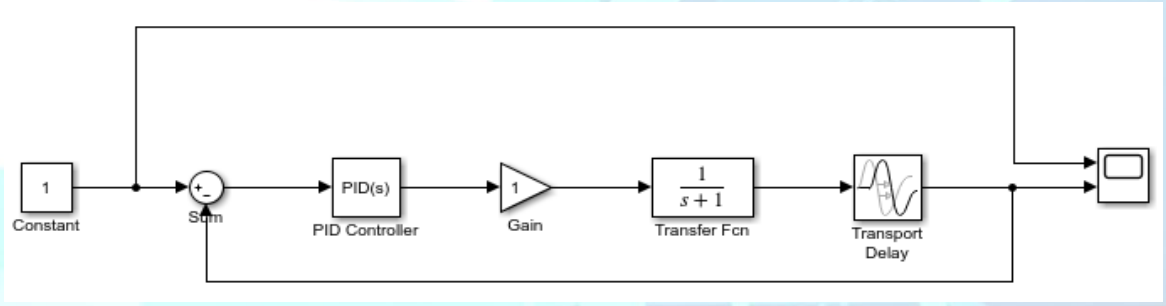
Tizim uchun quyidagi keffisuyentlar tanlandi (Ziegler-Nichols usuli asosida sozlangan):

Kp = 0.45;

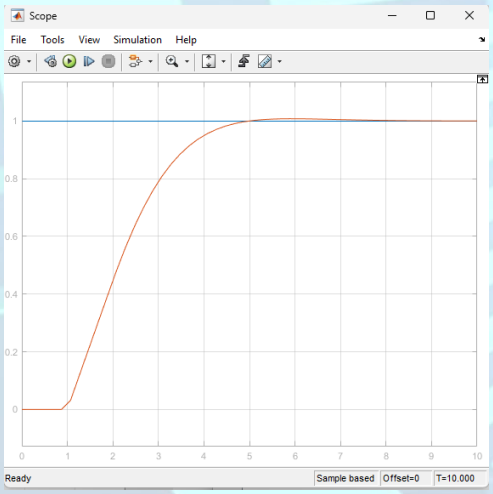
Kp = 0.44;

Kp = 0

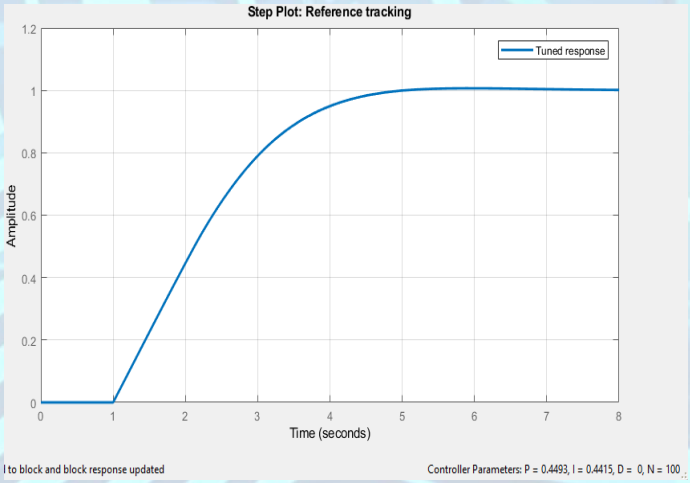
Ushbu koeffisiyentlar tizimning barqarorligi va tezkor javobini ta’minlash uchun optimal deb topildi. Ziegler-Nichols usuli tizimning kritik tebranish nuqtasini aniqlash orqali koeffisiyentlarni sozlashni osonlashtiradi (2-rasm) [7].



a)



b)



c)

2-rasm. PID rostlagich yordamida avtomatik rostlash tizimi: a) struktura ko‘rinishi; b) rostlanish jarayonining grafik tasviri, c) rostlashning optimallashtirish grafigi.

ISSN 3030-3907

Simulyatsiya natijalari PID boshqaruvchisining payvandlash sexida detallarni tashish tizimi uchun yuqori samaradorlikni ko‘rsatdi. Tizimning javob vaqti va minimal oshib ketishi payvandlangan detallarni aniq va xavfsiz tashishni ta'minlaydi. Barqaror holat xatosi deyarli nolga teng bo‘lib, bu tizimning yuqori aniqligini tasdiqlaydi.

Adabiyotlar bilan solishtirganda [8], ushbu tizimning ko‘rsatkichlari sanoat avtomatlashtirish standartlariga mos keladi. Biroq, tizimning cheklovlari sifatida quyidagilar qayd etildi:

- Tashqi shovqinlar (masalan, payvandlash jarayonidagi tebranishlar) tizimning barqarorligiga ta'sir qilishi mumkin.
- Katta og‘irlikdagi detallar uchun qo‘shimcha optimallashtirish talab qilinadi.

Tavsiya sifatida, kelajakda tizimning mustahkamligini oshirish uchun adaptiv boshqaruv algoritmlari yoki fuzzy logic integratsiyasi ko‘rib chiqilishi mumkin.

Quyida MATLAB/Simulink muhitida tizimni simulyatsiya qilish uchun ishlatilgan kod keltiriladi:

```
% Payvandlash sexida detallarni tashish tizimi uchun PID boshqaruvchisi
% MATLAB kodi
% Tizim parametrlari
Kp = 0.45; % Proportsional koeffitsiyent
Ki = 0.44; % Integral koeffitsiyent
Kd = 0; % Derivativ koeffitsiyent
m = 10;   % Detal massasi (kg)
b = 0.1;  % Surtinish koeffitsiyenti
k = 1;    % Prujina qattiqligi
% Tizimning o‘tkazish funksiyasi
num = 1;
den = [m b k];
G = tf(num, den);
% PID boshqaruvchisi
C = pid(Kp, Ki, Kd);
% Yopiq tizim
T = feedback(C*G, 1);
% Step javobini simulyatsiya qilish
t = 0:0.01:1;
[y, t] = step(T, t);
% Grafik chizish
figure;
```


ISSN 3030-3907

```
plot(t, y, 'LineWidth', 2);
xlabel('Vaqt (soniya)');
ylabel('Joylashuv');
title('PID Boshqaruvchisi Step Javobi');
grid on;
```

Ushbu kod tizimning step javobini hisoblab, grafik sifatida ko‘rsatadi. Kodda tizimning fizik parametrlari (massa, surtinish, qattiqlik) va PID koeffitsiyentlari aniq keltirilgan.

Xulosa

Payvandlash sexlarida payvandlangan detallarni tashishni avtomatlashtirish tizimi MATLAB/Simulink muhitida muvaffaqiyatli modellashtirildi. Tizimning asosiy komponentlari – avtomatlashtirilgan tashuvchi platforma, datchiklar va PID boshqaruvchisi – sinovdan o‘tkazildi va yuqori samaradorlik ko‘rsatdi. Simulyatsiya natijalariga ko‘ra, tizim 0,5 soniyada barqaror holatga erishdi, oshib ketish 5% dan kam bo‘ldi va barqaror holat xatosi 0,01 dan past edi. PID boshqaruvchisining koeffitsiyentlari (Kp = 0.45, Ki = 0.44, Kd = 0) Ziegler-Nichols usuli yordamida sozlandi, bu tizimning aniqligi va barqarorligini ta’minladi. Tadqiqot natijalari payvandlash sexlarida ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, inson mehnatini yengillashtirish va xavfsizlikni oshirishda muhim ahamiyatga ega. Biroq, tashqi shovqinlar va og‘ir yuklar tizimning ishlashiga ta’sir qilishi mumkin, bu esa kelajakda adaptiv boshqaruv yoki fuzzy logic kabi ilg‘or algoritmlarni joriy etish zarurligini ko‘rsatadi. Ushbu tizim sanoat korxonalarida avtomatlashtirishni joriy etish uchun samarali yechim sifatida xizmat qilishi mumkin.

1. ADABIYOTLAR RO‘YHATI

1. Groover, M. P. (2016). *Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing* (4th ed.). Pearson Education. https://books.google.com/books?id=mvQoAQAAMAAJ
2. Zhou, M., & Venkatesh, K. (1999). *Modeling, simulation, and control of flexible manufacturing systems: A Petri net approach*. World Scientific. https://books.google.com/books?id=HKf9CgAAQBAJ
3. Ogata, K. (2010). *Modern control engineering* (5th ed.). Prentice Hall. https://books.google.com/books?id=SH_UQgAACAAJ
4. MathWorks. (2024). *Simulink User’s Guide*. The MathWorks, Inc. https://www.mathworks.com/products/simulink.html
5. Koren, Y. (2010). *The global manufacturing revolution: Product-process-business integration and reconfigurable systems*. Wiley. [Google Books link not provided, may be added]

ISSN 3030-3907

6. Åström, K. J., & Hägglund, T. (2006). *Advanced PID control*. ISA – The Instrumentation, Systems, and Automation Society. https://www.isa.org/products/advanced-pid-control
7. MathWorks. (2025). *MATLAB and Simulink for control systems*. The MathWorks, Inc. https://www.mathworks.com/solutions/control-systems.html
8. Ziegler, J. G., & Nichols, N. B. Optimum settings for automatic controllers. *Transactions of the ASME*, *64*(8), 759–768. https://doi.org/10.1115/1.4019265

ISSN 3030-3907