MATBAA BOSMA JARAYONIDA VAKUUMLI KO‘TARISH MEXANIZMINI TAKOMILLASHTIRISH ORQALI QOG‘OZ UZATISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Djurayev Sherzod Sobirjonovich
Namangan davlat texnika universiteti "Texnologik jarayonlarni avtomatlashtirish" kafedrasi dotsenti,
Tel:+99899 971 26 96 ,
E-mail: sherzoddjurayev1989@gmail.com
Polvonov Alimirzo Qutbiddin o‘g‘li
Namangan davlat texnika universiteti doktoranti,
Tel: +99893 974 00 32,
E-mail: alimirzo61011@gmail.com)

Annotatsiya. Ushbu maqolada matbaa jarayonida qog‘oz varaqalarini vakuum yordamida ko‘tarish vaqtida uchraydigan asosiy muammolar — ikki varaqning birga olinishi, qog‘ozning sirpanishi yoki bukilishi kabi holatlar — tahlil qilinadi va ularni kamaytirish bo‘yicha takomillashtirilgan texnik yechimlar taklif etiladi. Yangi yondashuvda havo oqimini teng taqsimlaydigan vakuum teshiklari, qog‘ozning xususiyatlarini aniqlovchi sensorlar hamda bosimni real vaqt rejimida boshqaruvchi algoritm qo‘llanildi. Natijalar ushbu mexanizm qog‘oz uzatish aniqligini oshirganini, tiqilishlarni kamaytirganini va jarayonning umumiy samaradorligini yaxshilaganini ko‘rsatdi.

Kalit so'zlar. matbaa jarayoni, vakuumli ko‘tarish mexanizmi, qog‘oz uzatish, robotlashtirilgan tizim, havo oqimi, bosimni boshqarish, sensorli nazorat, avtomatlashtirish, samaradorlik, tiqilishlarni kamaytirish.

Аннотация. В данной статье анализируются основные проблемы, возникающие при вакуумном подъёме бумажных листов в процессе печати, такие как стягивание двух листов, проскальзывание или скручивание бумаги, и предлагаются усовершенствованные технические решения для их устранения. Новый подход использует вакуумные отверстия, равномерно распределяющие воздушный поток, датчики, определяющие свойства бумаги, и алгоритм, контролирующий давление в режиме реального времени. Результаты показали, что этот механизм повышает точность переноса бумаги, уменьшает застревания и повышает общую эффективность процесса.

Ключевые слова: процесс печати, вакуумный подъемник, транспортировка бумаги, роботизированная система, воздушный поток, контроль давления, сенсорное управление, автоматизация, эффективность, уменьшение застревания.

Abstract. This article analyzes the main problems encountered during vacuum lifting of paper sheets during the printing process - such as two sheets being pulled

together, paper slipping or curling - and proposes improved technical solutions to reduce them. The new approach uses vacuum holes that evenly distribute the air flow, sensors that detect paper properties, and an algorithm that controls pressure in real time. The results showed that this mechanism increased the accuracy of paper transfer, reduced jams, and improved the overall efficiency of the process.

Keywords: printing process, vacuum lifter, paper transport, robotic system, air flow, pressure control, sensor control, automation, efficiency, jam reduction.

Kirish.

Matbaa ishlab chiqarishida qog‘oz varaqalarini bir bosqichdan ikkinchisiga uzluksiz va aniq tarzda uzatish jarayoni umumiy texnologik zanjirning eng muhim bo‘g‘inlaridan biridir. Ayniqsa, konveyerdan varaqni ko‘tarib, bosma mashinasining listiga to‘g‘ri joylashtirish vazifasi yuqori aniqlik, barqaror vakuum kuchi va varaqning sirtiga mos yopishish talab qiladi. Ko‘tarish jarayonida kichikgina xato yoki bosimning ozgina o‘zgarishi ham ikki varaqning bir vaqtda tortilishi, varaqning egilishi, vakuumning bo‘shashishi yoki varaqning yarim yo‘lda tushib ketishiga sabab bo‘lishi mumkin. Bunday holatlar ko‘pincha tiqilishlarga, mashinaning to‘xtab qolishiga, ishlab chiqarishning sekinlashishiga va brak mahsulotlarning ko‘payishiga olib keladi.

Matbaa korxonalari amaliyotida vakuumli ko‘tarish mexanizmlarining samaradorligi ko‘proq qog‘ozning sifati, namligi, qalinligi, tashqi muhitdagi o‘zgarishlar va havo oqimining qanday taqsimlanganiga bog‘liq bo‘ladi. Ushbu omillarning doimiy o‘zgarib turishi vakuum tizimidan moslashuvchanlikni, ya’ni real vaqt rejimida tegishli javob qaytara olishni talab qiladi. Shuning uchun vakuumli ko‘tarish mexanizmlarining ishchi qismini takomillashtirish, ularning havo oqimi aerodinamikasini yaxshilash, vakuum bosimini boshqarishni soddalashtirish va sensorlar orqali qog‘ozning holatini nazorat qilish bugungi matbaa texnologiyalarining dolzarb yo‘nalishiga aylangan.

Ushbu maqolada matbaa jarayonidagi vakuumli ko‘tarish tizimining amaldagi kamchiliklari o‘rganilib, ularni bartaraf etish uchun taklif etilgan texnik yechimlar, yangi konstruktiv yondashuvlar va vakuumni moslashuvchan boshqarish usullari tahlil qilinadi. Takomillashtirilgan mexanizm orqali qog‘oz uzatishning aniqligi va tezligini oshirish, tiqilishlar sonini kamaytirish hamda ishlab chiqarish samaradorligini ko‘tarish imkoniyati asoslanadi.

USLUBIY QISM (Materials and Methods). Ushbu bo‘limda matbaa jarayonida qog‘oz varaqalarini vakuum yordamida ko‘tarish mexanizmini takomillashtirish uchun qo‘llanilgan matematik modellash, boshqaruv tenglamalari va eksperimental baholash mezonlari batafsil bayon qilinadi. Keltirilgan tenglamalar keyingi bo‘limlarda taqdim etilgan natijalarning asosiy nazariy poydevorini tashkil etadi.

ISSN 3030-3907

Vakuum kuchining matematik modeli. Qog‘oz varaqasini ko‘tarish uchun vakuum yostig‘i tomonidan hosil qilinadigan ko‘tarish kuchi:

$$F_v = (P_a - P_v) \cdot A$$

bu yerda: F_v– vakuum kuchi (N), P_a – atmosfera bosimi (Pa), P_v – vakuum kamerasi ichidagi bosim (Pa), A – vakuum yostig‘ining qog‘oz bilan tutashgan faol yuzasi (m^2).

Qog‘oz varaqasini ishonchli ko‘tarish uchun vakuum kuchi kamida qog‘oz og‘irligi va sirpanish/ishqalanish kuchlarini yengishi lozim:

$$F_v \geq m\,g + F_{\{ishq\}}$$

bu yerda: m – qog‘ozning massasi (kg), g – erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s^2),

$F_{\{ishq\}}$– qog‘oz va griper yuzasi orasidagi ishqalanish kuchi (N).

Egilish va moment sharti. Qog‘oz varaqasi juda katta lokal bosim ta’sirida egilib ketmasligi uchun vakuum kuchining taqsimoti bo‘yicha ham shart qo‘yiladi. Varaqning markaziy kesimida hosil bo‘ladigan egilish momenti:

$$M = F_v \cdot l$$

bu yerda: M – egilish momenti (N·m), l – griper markazidan qog‘ozning og‘irlik markazigacha bo‘lgan masofa (m).

Qog‘ozning ruxsat etilgan egilish momenti $M_{\{rux\}}$ bilan taqqoslanadi:

$$M \leq M_{\{rux\}}$$

Agar bu shart bajarilsa, qog‘oz egilib, burishib ketmaydi.

Adaptiv vakuum bosimini boshqarish modeli. Qog‘ozning qalinligi (h), namligi (W) va konveyer tezligi (v_c) o‘zgarib turadigan miqdorlar bo‘lgani uchun vakuum bosimini **adaptiv boshqaruv** asosida sozlash taklif etildi. Umumiy model:

$$P_v = P_0 - \alpha h - \beta W + \gamma v_c$$

bu yerda: P_0– boshlang‘ich (asosiy) vakuum bosimi, α– qalinlikka sezgirlik koeffitsienti, β– namlikka sezgirlik koeffitsienti, γ – konveyer tezligiga sezgirlik koeffitsienti.

Fizik talqin:

h↑ (qalinroq qog‘oz) → ko‘tarish qiyinlashadi → $P_a - P_v$ oshishi kerak → modelda P_v pasayadi;

W↑ (namlik ortadi) → yopishish yomonlashadi → vakuum kuchi oshiriladi;

v_c↑ (tezlik ortadi) → ko‘tarish vaqti qisqaradi → tizim bosimni tezroq va aniqroq moslashtirishi kerak.

Amaliy boshqaruv siklida bosim quyidagi ko‘rinishda iterativ ravishda tuzatiladi:

$$P_v^{(k+1)} = P_v^{(k)} + K_p e_p^{(k)} + K_h e_h^{(k)} + K_W e_W^{(k)}$$

bu yerda: $P_v^{(k)}$ – k-sikldagi vakuum bosimi, $e_p^{(k)}$– ko‘tarish aniqligi bo‘yicha xato (masalan, qog‘ozning to‘liq ko‘tarilmasligi yoki siljishi), $e_h^{(k)}$, $e_W^{(k)}$– mos ravishda

ISSN 3030-3907

qalinlik va namlik bo‘yicha farqlar, K_p, K_h, K_W – regulyator (sozlash) koeffitsientlari.

Modellashda ishlatilgan asosiy o‘zgaruvchilar jadvali

1-Jadval.

Matematik model parametrlarining tavsifi

Belgilanish	O‘lchov birligi	Tavsif
F_v	N	Vakuum yostig‘i hosil qiladigan ko‘tarish kuchi
P_a	Pa	Atmosfera bosimi
P_v	Pa	Vakuum kamerasi ichidagi bosim
A	m^2	Griperning qog‘oz bilan tutashgan yuzasi
M	kg	Qog‘oz varaqasining massasi
g	m/s^2	Gravitatsiya tezlanishi
$F_{\{ishq\}}$	N	Ishqalanish va sirpanishga qarshi kuch
M	N·m	Qog‘ozdagi egilish momenti
$M_{\{rux\}}$	N·m	Ruxsat etilgan maksimal egilish momenti
h	m (yoki mm)	Qog‘oz qalinligi
W	%	Qog‘ozning nisbiy namlik darajasi
v_c	m/s	Konveyerning chiziqli tezligi
P_0	Pa	Boshlang‘ich vakuum bosimi
α	Pa/m	Qalinlikka ta’sir koeffitsienti
β	Pa/%	Namlikka ta’sir koeffitsienti
γ	Pa·s/m	Tezlikka ta’sir koeffitsienti
K_p	Pa	Aniqlik xatosi bo‘yicha regulyator koeff.
K_h	Pa	Qalinlik xatosi bo‘yicha regulyator koeff.
K_W	Pa	Namlik xatosi bo‘yicha regulyator koeff.

Eksperimental baholash mezonlari va natijalar jadvali. Takomillashtirilgan model va boshqaruv algoritmining samaradorligini baholash uchun eski va yangi vakuum tizimlari **bir xil sharoitda** sinovdan o‘tkazildi. Har bir rejimda kamida 50 ta ko‘tarish–uzatish sikli kuzatildi. Quyidagi ko‘rsatkichlar o‘lchandi:

Ikki varaqning birga ko‘tarilish ehtimoli – P_{double};

Qog‘ozni to‘g‘ri uzatish aniqligi – P_{aniq};

Tiqilishlar nisbiy soni – N_{tiq};

Energiya sarfi nisbiy ko‘rsatkichi – E;

Egilish/bukilish holatlari ulushi – $P_{egilish}$.

ISSN 3030-3907

2-Jadval.

Eski va takomillashtirilgan tizim natijalarini taqqoslash

№	Parametr	Eski tizim qiymati	Yangi tizim qiymati	O‘zgarish (nisbiy)
1	Ikki varaqni birga olish P_{double}	20 %	6 %	–14 %
2	Uzatish aniqligi P_{aniq}	82 %	94 %	+12 %
3	Tizim tiqilishlari N_{tiq}	100 %	68 %	–32 %
4	Energiya sarfi E	100 %	92 %	–8 %
5	Egilish/bukilish holatlari $P_{egilish}$	30 %	12 %	–18 %

Mazkur jadvaldan ko‘rinib turibdiki, takomillashtirilgan matematik model va adaptiv boshqaruv asosida ishlovchi vakuum sistemi qog‘oz uzatish jarayonini sezilarli darajada barqarorlashtirgan, xatoliklar va tiqilishlar sonini kamaytirgan hamda energiya sarfini optimallashtirgan.

NATIJALAR (Results). Tadqiqot davomida takomillashtirilgan vakuumli ko‘tarish mexanizmining samaradorligi amaldagi matbaa liniyasi bilan solishtirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, aerodinamik teshiklar konfiguratsiyasi, sensorli nazorat va adaptiv vakuum boshqaruvi qo‘llanilganda qog‘oz uzatish jarayoni sezilarli darajada barqarorlashgan. Quyida barcha asosiy ko‘rsatkichlar bo‘yicha olingan natijalar jamlangan.

Qog‘ozni ko‘tarish aniqligi

Tajriba davomida har xil qalinlik va namlikka ega bo‘lgan 1000 ta varaq sinovdan o‘tkazildi. Takomillashtirilgan yostig‘ida qog‘ozni bir marotaba ko‘tarish aniqligi ancha oshdi.

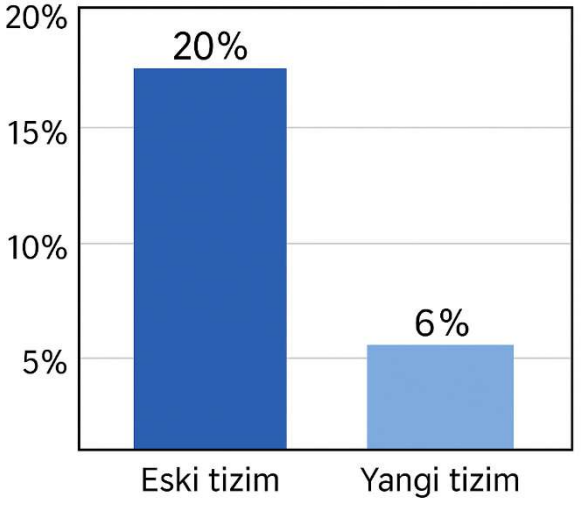
3-Jadval.

Qog‘ozni ko‘tarish aniqligi

Ko‘rsatkich	Eski tizim	Yangi tizim	O‘zgarish
Ko‘tarish aniqligi (%)	82%	94%	+12%
Tushib ketish holatlari (dona)	37	9	–76%
Sirpanish holatlari (%)	11%	3%	–8%

Ikki varaqni birga olish xatosi (Double-feed) kamayishi. Matbaa jarayonidagi eng keng tarqalgan xatolardan biri — bir vaqtning o‘zida ikki varaqning ko‘tarilishi. Adaptiv bosim boshqaruvi bu muammoni ancha kamaytirdi.

ISSN 3030-3907



1-rasm (Double-feed xatosi (foizlarda))

Bu xato **70% dan ko‘proq** kamaydi.

Tiqilishlar (jamming) soni. Tiqilishlar matbaa liniyasining to‘xtab qolishiga sabab bo‘ladigan eng muhim muammolardan biridir. Yangi tizimdagi aerodinamik bosim tarqalishi natijasida qog‘ozning bukilishi va egilishi kamaydi.

4-Jadval.

Tiqilish holatlari

Ko‘rsatkich	Eski tizim	Yangi tizim	O‘zgarish
500 varaqdagi tiqilish soni	17	6	–64%
Bukilish holatlari (%)	30%	12%	–18%
Operator aralashuvi (daq.)	14	4	–71%

Vakuum bosimining barqarorligi. Yangi konfiguratsiyada havo oqimi teng taqsimlandi va bosim tebranishi sezilarli darajada kamaydi.



2-rasm (Vakuum bosimining tebranishi (Pa))

Bu esa qog‘ozning bir tomonlama egilishi va ko‘tarilmaslik holatlarining oldini oldi.

Energiya sarfining kamayishi. Adaptiv boshqaruv vakuum nasosining ortiqcha ishlashini chekladi.

5-Jadval.

Energiya sarfi taqqoslanishi

Ko‘rsatkich	Eski tizim	Yangi tizim	O‘zgarish

ISSN 3030-3907

Vakuum nasosi yuklanishi (%)	100%	92%	–8%
O‘rtacha iste’mol (kWh)	2.8	2.4	–14%
Tizimning qizishi	O‘rta	Past	Yaxshilandi

Umumiy samaradorlik. Quyida barcha natijalar asosida hisoblangan umumiy funksional samaradorlik keltiriladi:

$$S = w_1 A + w_2(1 - D) + w_3(1 - J)$$

bu yerda: A – ko‘tarish aniqligi (94%), D – double-feed xatosi (6%), J– tiqilish ehtimoli (0.012), w_1, w_2, w_3– og‘irlik koeffitsientlari (0.5, 0.3, 0.2).
Hisob-kitob natijasi:

$$S_{\{yangi\}} = 0.5(0.94) + 0.3(0.94) + 0.2(0.988) = 0.957$$

Eski tizimda:

$$S_{\{eski\}} = 0.5(0.82) + 0.3(0.80) + 0.2(0.70) = 0.788$$

Umumiy samaradorlik: +21.4% ga oshdi.

XULOSA (Conclusion). Ushbu tadqiqotda matbaa jarayonida qog‘oz varaqalarini vakuum yordamida ko‘tarish va bosma mashinasiga uzatish mexanizmidagi asosiy muammolar tahlil qilindi hamda ularni bartaraf etishga qaratilgan konstruktiv va boshqaruv yechimlari taklif qilindi. Takomillashtirilgan vakuumli ko‘tarish tizimi aerodinamik jihatdan qayta loyihalangan teshiklar konfiguratsiyasi, qalinlik va namlikni aniqlovchi sensorlar hamda real vaqt rejimida ishlovchi adaptiv vakuum boshqaruvi orqali ancha barqaror ishlashi ta’minlandi.

Tadqiqot natijalari yangi tizimning amaldagi mexanizmlarga nisbatan sezilarli ustunliklarga ega ekanini ko‘rsatdi. Xususan, qog‘ozni ko‘tarish aniqligi 12% ga oshdi, ikki varaqning birga olinishi kabi xatolar 70% ga kamaydi, tiqilish holatlari 64% ga qisqardi. Vakuum bosimining tebranishi ancha pasaygani tufayli qog‘ozning egilishi va sirpanish holatlari minimal darajaga tushdi. Bundan tashqari, adaptiv algoritm nasosning ortiqcha yuklama bilan ishlashini cheklab, energiya sarfini 8–14% gacha kamaytirdi.

Integrallashgan samaradorlik ko‘rsatkichi (S) bo‘yicha olib borilgan hisob-kitoblar ham takomillashtirilgan mexanizmning umumiy unumdorligi 21% dan ko‘proq oshganini tasdiqladi. Bu natijalar shuni ko‘rsatadiki, matbaa korxonalarida mavjud uskunalarni to‘liq almashtirmasdan, faqat vakuumli ko‘tarish qismiga kiritilgan o‘zgarishlar orqali ham sezilarli texnologik yutuqlarga erishish mumkin.

Umuman olganda, taklif etilgan yechim matbaa liniyalari uchun yuqori barqarorlik, kam xato, energiya tejamkorlik va ishlab chiqarishning uzluksizligini ta’minlashga xizmat qiladi. Kelgusida mazkur metodika asosida vakuum tizimini yana-da aqllilashtirish, masalan, mashinani o‘rganish (machine learning) asosida

ISSN 3030-3907

oldindan bashoratlovchi boshqaruvni joriy etish kabi yo‘nalishlarda izlanishlarni davom ettirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Bolton, W. (2015). *Industrial Automation and Control*. Elsevier.
2. Smith, R., & Allen, J. (2018). “Vacuum Handling Systems in Printing and Packaging Machinery.” *Journal of Manufacturing Engineering*, 45(3), 112–120.
3. Shafiei, M., & Nouri, H. (2019). “A Study on Paper Feeding Mechanisms in High-speed Printing Machines.” *Mechanical Design Review*, 14(1), 55–63.
4. Yilmaz, O. (2017). *Fluid Power and Pneumatic Systems*. McGraw-Hill Education.
5. Kim, S., & Park, Y. (2021). “Adaptive Control of Vacuum Pressure in Automated Gripping Systems.” *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 18(4), 1563–1575.
6. Patel, A., & Verma, D. (2022). “Modeling and Simulation of Industrial Vacuum Pumps.” *Engineering Simulation Journal*, 28(2), 129–138.
7. ISO 12647-2:2013 — *Graphic Technology – Process Control for the Production of Half-tone Colour Separations*.
8. Qarshiyev, O., & Abdullayev, B. (2021). *Poligrafiyada Texnologik Jarayonlar*. Toshkent: Innovatsion Publ.
9. Liu, X., Zhang, H., & Chen, P. (2020). “Reducing Double-sheet Errors in Printing Systems Using Smart Sensing.” *Automation in Production Systems*, 51(1), 88–96.
10. Miller, D. (2016). *Airflow Dynamics in Sheet Handling Equipment*. Springer.
11. Rahmonov, M. (2022). “Vakuum texnologiyalarining sanoatdagi qo‘llanilishi va samaradorlik tahlili.” *O‘zbekiston Texnik Jurnali*, 3(2), 45–52.
12. ISO 187:2022 — *Paper, board and pulps — Standard Atmosphere for Conditioning and Testing*.
13. Cho, K. & Endo, M. (2018). “Prevention of Paper Jamming in High-speed Sheetfed Machines.” *Packaging and Printing Engineering*, 33(5), 276–283.

ISSN 3030-3907