G‘O‘ZA POYASINI YULIB OLISH MASHINALARIDA QISUVCHI MEXANIZMLARNI LOYIHALASH VA ISHCHI PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH

NamDTU, mustaqil tadqiqotchi ***J.X.Usmonov***

ANNOTATSIYA (o‘zbek tilida)

G‘o‘za poyasini butun holda yulib olish texnologiyasi biomassaning yo‘qotilishini kamaytirish, dala tozalash sifatini oshirish hamda plyonka qoldiqlarini yig‘ish jarayonini yengillashtirish nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega. Ushbu maqolada gorizontal va vertikal o‘qli kontrrotatsion g‘altakli, o‘rovchi tasmali, qisuvchi tasmali, ko‘ndalang g‘altakli hamda V-shaklidagi tishli g‘altakli yulg‘ich mexanizmlarining konstruktiv tuzilishi, ish printsipi va asosiy parametrlari qiyosiy tahlil qilingan. Qisuvchi g‘altaklar orasidagi tirqish, aylanish tezligi, g‘altak yuzasining relyefi (naqsh chuqurligi va tishlanish burchagi) hamda yerdan balandlik kabi omillarning poya sindirilish kuchi, yulish vaqti, poya sinish va o‘tkazib yuborish ko‘rsatkichlariga ta’siri Javob sirti metodologiyasi (RSM) va sun’iy neyron tarmoq — zarrachalar to‘dasi bilan optimallashtirish (ANN-PSO) usullari misolida yoritilgan. Tahlil natijalariga ko‘ra, ko‘ndalang g‘altakli mexanizm eng past o‘tkazib yuborish (4,55%) va sinish (7,55%) ko‘rsatkichlarini, qisuvchi tasmali mexanizm esa eng katta tortish kuchini ta’minlashi aniqlangan. Olingan xulosalar g‘o‘za poyasini yulish mashinalarining ishchi organlarini loyihalashda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: g‘o‘za poyasi; yulg‘ich mexanizm; qisuvchi g‘altak; javob sirti metodologiyasi; ANN-PSO; o‘tkazib yuborish darajasi; sinish darajasi.

АННОТАЦИЯ (на русском языке)

Технология извлечения стеблей хлопчатника целиком имеет важное значение для сокращения потерь биомассы, повышения качества очистки поля и облегчения последующего сбора остатков плёнки. В данной статье проведён сравнительный анализ конструктивного устройства, принципа работы и основных параметров зажимных механизмов различного типа: горизонтально- и вертикально-осевых

противовращающихся вальцов, обёрточного (ленточного) механизма, зажимного ленточного механизма, поперечно-вального механизма и V-образного зубчатого вального механизма. Рассмотрено влияние зазора между зажимными вальцами, скорости вращения, рельефа поверхности вальцов (глубина рифления и угол зацепления), а также клиренса от поверхности почвы на усилие вытягивания, время достижения пикового усилия, показатели поломки и пропуска стеблей — на примере применения методологии поверхности отклика (RSM) и гибридного метода ANN-PSO. Установлено, что механизм с поперечными вальцами обеспечивает наименьшие показатели пропуска (4,55%) и поломки стеблей (7,55%), тогда как зажимной ленточный механизм создаёт наибольшее тяговое усилие. Полученные выводы имеют практическое значение при проектировании рабочих органов машин для извлечения стеблей хлопчатника.

Ключевые слова: стебель хлопчатника; извлекающий механизм; зажимной валец; методология поверхности отклика; ANN-PSO; коэффициент пропуска; коэффициент поломки.

ABSTRACT (in English)

Whole-plant extraction of cotton stalks is of considerable importance for reducing biomass loss, improving field-clearing quality, and facilitating subsequent residual-film recovery. This paper presents a comparative analysis of the structural design, operating principle, and key parameters of several clamping-mechanism types used in cotton stalk pullers: horizontal- and vertical-shaft counter-rotating rollers, wrapping-type belt mechanisms, clamping-type belt mechanisms, transverse roller mechanisms, and V-shaped toothed-roller mechanisms. The influence of roller clearance, rotational speed, roller-surface texture (groove depth and cogging angle), and ground clearance on pulling force, time-to-peak force, plant-breakage rate, and missed-pulling rate is examined through the lens of Response Surface Methodology (RSM) and a hybrid Artificial Neural Network–Particle Swarm Optimization (ANN-PSO) approach. The comparative evidence indicates that the transverse roller mechanism achieves the lowest missed-pulling (4.55%) and

breakage (7.55%) rates, whereas the clamping-belt mechanism generates the greatest pulling force. These findings provide practical guidance for the design of working components of cotton-stalk extraction machinery.

Keywords: cotton stalk; pulling mechanism; clamping roller; response surface methodology; ANN-PSO; missed-pulling rate; breakage rate.

1. KIRISH

G‘o‘zachilik dunyoning ko‘plab mintaqalarida, jumladan Xitoyning Sintszyan viloyati, Hindiston va O‘rta Osiyo davlatlarida yetakchi qishloq xo‘jaligi tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Paxta terimidan so‘ng dalada qoladigan g‘o‘za poyalari sellyuloza, lignin va oqsilga boy bo‘lgan qimmatli ikkilamchi biomassa hisoblanib, ulardan biomassa yoqilg‘isi, qurilish materiallari, qog‘oz-karton mahsulotlari va chorva ozuqasi ishlab chiqarishda foydalanish mumkin [1,2]. Shu bilan birga, poyalarni faqat maydalab tuproqqa aralashtirish usuli chirish jarayonining sekinligi, zararkunanda va kasallik manbalarining saqlanib qolishi hamda mulchalash plyonkasi qoldiqlarini yig‘ish jarayonining murakkablashishi kabi bir qator kamchiliklarga ega [1]. Shu sababli poyani butun holda ildizi bilan yulib olish texnologiyasi resurslarni oqilona qayta ishlash nuqtai nazaridan ustuvor yo‘nalish sifatida qaraladi.

G‘o‘za poyasini yulish jarayonidagi asosiy texnik muammo — poyaning tuproqdan tortib olinishi uchun yetarli kuchni ta’minlash bilan bir vaqtda uning sinib ketishi yoki to‘liq tortib olinmasdan qolib ketishi (o‘tkazib yuborish) o‘rtasidagi muvozanatni topishdir [1,3]. Ishchi organning qisish kuchi yetarli bo‘lmasa, poya sirg‘alib chiqib ketadi; kuch haddan tashqari katta bo‘lsa, poya tuzilishi shikastlanib, tortish kuchiga bardosh bera olmay sinadi. Shu bog‘liqlikni miqdoriy tavsiflash va optimal ish rejimini aniqlash maqsadida so‘nggi yillarda turli konstruktiv yechimlar — gorizontal o‘qli kontrrotatsion g‘altaklar [1], moslashuvchan ikki tasmali qisuvchi tizimlar [2], ko‘p drum tizimli kontrrotatsion mexanizmlar [3], o‘rovchi, qisuvchi va ko‘ndalang g‘altak turidagi uch xil mexanizm [4], shuningdek V-shaklidagi tishli g‘altak konstruksiyasi [5] taklif etilgan va tajribada sinovdan o‘tkazilgan.

Ushbu maqolaning maqsadi — yuqorida sanab o‘tilgan beshta konstruktiv yechimning ishchi printsiplarini, asosiy parametrlarini va tajriba natijalarida qayd etilgan samaradorlik ko‘rsatkichlarini bir tizimga keltirib, qiyosiy tahlil qilish hamda amaliy loyihalash uchun tavsiyalar shakllantirishdan iborat.

2. TADQIQOT MATERIALLARI VA METODLARI

Tahlil uchun quyidagi beshta mexanizm turi ko‘rib chiqildi: (1) gorizontal o‘qli kontrrotatsion qisuvchi g‘altaklar tizimi, unda g‘altaklar sirti chiziqsimon naqsh (chuqurligi 5 mm, kengligi 17,5 mm, 13 boshlanma, spiral burchagi 15°) bilan qoplangan bo‘lib, tirqish kengligi prujina-vintli moslama orqali boshqariladi [1]; (2) ikki qatlamli moslashuvchan tasmali qisuvchi mexanizm, unda tasmalar «S» shaklida kesishgan holda joylashtirilib, ikkilamchi tortish oralig‘ini (CD) ta’minlaydi [2]; (3) uchta qatlamli kauchuk qoplamali (4, 8 va 12 mm) konussimon kontrrotatsion drum tizimi bo‘lib, prujinali tirqish tartibga solish moslamasiga ega [3]; (4) o‘rovchi, qisuvchi va ko‘ndalang g‘altak turidagi uchta mexanizm, ularning har biri uchun elastik to‘qnashuv nazariyasi asosida tortish kuchining tenglamasi ishlab chiqilgan [4]; (5) V-shaklidagi tishli g‘altak mexanizmi, unda tishlanish burchagi (25°–40°) va yerdan tirqish balandligi asosiy sozlanuvchi parametrlar hisoblanadi [5].

Ishlash samaradorligini baholash uchun barcha manbalarda umumiy uchta ko‘rsatkichdan foydalanilgan: o‘tkazib yuborish darajasi (poyani tutib ololmaslik), sinish darajasi (poyaning uzilishi yoki singanligi) va tortib olish (yulish) samaradorligi. Optimallashtirish jarayonida Javob sirti metodologiyasi (Response Surface Methodology, RSM) — to‘liq faktorli va Box–Behnken tajriba rejalari asosida — hamda sun’iy neyron tarmoq bilan zarrachalar to‘dasi optimallashtiruvchisini birlashtirgan gibrid ANN-PSO usuli qo‘llanilgan [1,3].

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA

Gorizontal o‘qli kontrrotatsion g‘altak mexanizmi bo‘yicha o‘tkazilgan Box–Behnken tajribasi natijalariga ko‘ra, ikkala g‘altak yuzasi ham naqshli (chiziqli tekstura),

aylanish tezligi 220 ayl/daq va tirqish 0 mm bo‘lgan holatda eng yuqori cho‘qqi kuchi (710,77 N) va eng qisqa kuch cho‘qqisiga yetish vaqti (0,05 s) qayd etilgan, bu esa siqilgan poyaning maksimal cho‘zilish kuchidan (994,60 N) sezilarli darajada past bo‘lib, poyaning butunligini saqlagan holda yuqori tezlikda ishlashni ta’minlaydi [1]. Bunda tirqish kengligi cho‘qqi kuchiga eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi omil, aylanish tezligi esa kuchga yetish vaqtiga eng kuchli ta’sir ko‘rsatuvchi omil sifatida aniqlangan.

Ko‘p drum tizimli kontrrotatsion mexanizmni RSM va ANN-PSO usullari yordamida optimallashtirish natijasida drum tezligi ≈332 ayl/daq, egilish burchagi ≈8°, harakatlanish tezligi 1,37 km/soat bo‘lganda tortib olish samaradorligi 96,6% va poya sinish darajasi 2,8% ga teng ekanligi aniqlangan; ANN-PSO modeli bo‘yicha olingan optimal parametrlar RSM natijalariga juda yaqin bo‘lib (kuzatilgan samaradorlik 96,72%, xatolik atigi 1,94%), bu ikki usulning bir-birini tasdiqlashini ko‘rsatadi [3].

Moslashuvchan ikki tasmali mexanizmda birinchi va ikkinchi avlod prototiplari qiyoslanganda, ikkinchi avlod (ikkilamchi tortish oralig‘i kengaytirilgan) o‘tkazib yuborish darajasini 3,67–3,79 foiz punktga, sinish darajasini esa 5,65–6,30 foiz punktga kamaytirgani aniqlangan; bu natija qisish yo‘lini (working stroke) uzaytirish va deformatsiyani moslashuvchan materialga taqsimlash orqali erishilgan [2].

Uchta mexanizmni (o‘rovchi, qisuvchi, ko‘ndalang g‘altak) dala sharoitida qiyoslash natijasida qisuvchi tasmali mexanizm eng yuqori tortish kuchini bergani, ammo o‘rtacha sinish darajasi 14,10% ga yetgani; o‘rovchi mexanizmda esa o‘tkazib yuborish darajasi eng yuqori (8,32%) bo‘lgani; ko‘ndalang g‘altakli mexanizm esa qatorga aniq moslashishni talab qilmagan holda eng past o‘tkazib yuborish (4,55%) va sinish (7,55%) ko‘rsatkichlarini bergani qayd etilgan [4].

V-shaklidagi tishli g‘altak mexanizmi bo‘yicha o‘tkazilgan L9(3^4) ortogonal tajriba natijalariga ko‘ra, yerdan tirqish balandligi (−20 mm, ya’ni tuproqqa 20 mm kirish) tortib olish samaradorligiga eng kuchli ta’sir ko‘rsatuvchi omil ($F=200,97$; $p<0,01$) bo‘lib, undan keyin aylanish tezligi (300 ayl/daq) turadi; tishlanish burchagining ta’siri esa statistik

ahamiyatsiz bo‘lgan. Optimal kombinatsiyada (tirqish −20 mm, tezlik 300 ayl/daq, burchak 25°) o‘rtacha tortib olish samaradorligi 98,27% ni tashkil etgan [5].

Umumlashtirilgan qiyosga ko‘ra, tortish kuchining kattaligi bo‘yicha mexanizmlar quyidagi tartibda joylashadi: qisuvchi tasmali > ko‘ndalang g‘altakli > o‘rovchi tasmali [4], biroq eng yuqori kuch har doim ham eng past sinish darajasini anglatmaydi — aksincha, qisuvchi tasmali mexanizmda katta kuch ko‘pincha ortiqcha siqilish va sinish xavfini oshiradi. Shu boisdan amaliy loyihalashda faqat maksimal tortish kuchiga emas, balki kuch-vaqt profili (cho‘qqi kuchi va unga yetish vaqti), g‘altak yuzasi relyefi hamda tirqish/balandlikning birgalikdagi ta’siriga e’tibor qaratish lozim.

4. XULOSA

O‘tkazilgan tahlil shuni ko‘rsatadiki, g‘o‘za poyasini yulish mashinalarining ishchi organini loyihalashda bitta universal yechim mavjud emas — har bir mexanizm turi o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Ko‘ndalang g‘altakli mexanizm qatorlarga aniq moslashishni talab qilmasligi va eng past o‘tkazib yuborish/sinish darajalari tufayli amaliy qo‘llash uchun eng maqbul variant sifatida tavsiya etiladi [4]. Ayni paytda, katta tortish kuchi zarur bo‘lgan qattiq va zich tuproqlarda ko‘p drum tizimli kontrrotatsion mexanizmlar (RSM/ANN-PSO orqali optimallashtirilgan) va V-shaklidagi tishli g‘altak konstruksiyasi (tirqish balandligini aniq sozlash orqali) yuqori samaradorlik (96–98%) ko‘rsatishi mumkin [1,3,5]. Kelgusi tadqiqotlarda tuproq namligi, poya diametrining tabiiy tarqalishi va operator mahoratining ta’sirini hisobga oluvchi moslashuvchan (adaptiv) boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish dolzarb yo‘nalish bo‘lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Zhang, J.; Li, J.; Wang, H.; Ge, J.; Zhang, Z.; Sun, H. Design and Experiment of the Clamping Mechanism for a Horizontal Shaft Counter-Rolling Cotton Stalk Pulling Machine. Agriculture, 2025, 15, 2137.

2. Cai, J.L.; Zhang, J.X.; Guo, G.; Gao, Z.B.; Wang, X.X. Improved design and test of flexible cotton stalks puller. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 2023, 16(3), 78–84.

3. Pandirwar, A.; Pandey, H.; Magar, A.; Roul, A.; Kumar, M.; Jyoti, B. Optimization of Counter-Rotating Cotton Stalk Puller Performance Using Response Surface Methodology and ANN-PSO Technique. Journal of Agricultural Engineering (India), 2026, 63(2), 1–16.

4. Wang, Y.; Zhang, J.; Shen, S.; Li, J.; Huo, Y.; Wang, Z. The Mechanical Analysis and Comparative Performance Test of the Roller-Type Pulling Mechanism for the Whole Cotton Stalk Pulling Machine. Agriculture, 2024, 14, 506.

5. Wang, Z.; Zhao, W.; Fu, J.; Xie, H.; Zhang, Y.; Chen, M. V-Shaped Toothed Roller Cotton Stalk Puller: Numerical Modeling and Field-Test Validation. Agriculture, 2023, 13, 1157.