

**ANDIJON QISHLOQ XO‘JALIGI VA AGROTEXNOLOGIYALAR  
INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.05/30.06.2021.T.126.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI**

**XURRAMOVA ZILOLA G‘AYRATOVNA**

**YONG‘OQ MAG‘IZINI SARALASH MASHINASI KONSTRUKSIYASINI  
TAKOMILLASHTIRISH VA PARAMETRLARINI ASOSLASH**

**05.07.01 – Qishloq xo‘jaligi va melioratsiya mashinalari. Qishloq xo‘jaligi va melioratsiya ishlarini  
mexanizatsiyalash ixtisosligi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Andijon – 2025**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Xurramova Zilola G‘ayratovna**

Yong‘oq mag‘izini saralash mashinasi konstruksiyasini takomillashtirish va  
parametrlarini asoslash..... 5

**Хуррамова Зилола Гайратовна**

Совершенствование конструкции машины для сортировки ядер орехов и  
обоснование ее параметров..... 21

**Khurramova Zilola Gayratovna**

Improvement of the construction of the walnut kernel sorting machine and  
justification of its parameters ..... 41

**E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 38

**ANDIJON QISHLOQ XO‘JALIGI VA AGROTEXNOLOGIYALAR  
INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
PhD.05/30.06.2021.T.126.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**ANDIJON MASHINASOZLIK INSTITUTI**

**XURRAMOVA ZILOLA G‘AYRATOVNA**

**YONG‘OQ MAG‘IZINI SARALASH MASHINASI KONSTRUKSIYASINI  
TAKOMILLASHTIRISH VA PARAMETRLARINI ASOSLASH**

**05.07.01 – Qishloq xo‘jaligi va melioratsiya mashinalari. Qishloq xo‘jaligi va melioratsiya ishlarini  
mexanizatsiyalash ixtisosligi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Andijon – 2025**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya mavzusi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy Attestatsiya komissiyasida B2023.3.PhD/T3993 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Andijon mashinasozlik institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash web-sahifasi ([www.andqxai.uz](http://www.andqxai.uz)) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Mirzayev Otabek Abdiraximovich**  
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Igamberdiyev Askar Kimsanovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Murodov Raximjon Xakimjonovich**  
texnika fanlari falsafa doktori, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

Qishloq xo'jaligi texnikasi va texnologiyalarini  
sertifikatlash va sinash markazi

Dissertatsiya himoyasi Andijon qishloq xo'jaligi va agrotexnologiyalar instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.05/30.06.2021.T.126.02 raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil «25» 01 soat 10<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 170600 Andijon viloyati, Andijon tumani, Kuyganyor, Oliygo'ha ko'chasi, 1-uy. Tel./faks: (+99874) 373 13 63, e-mail: [admission@andqxai.uz](mailto:admission@andqxai.uz)).

Dissertatsiya bilan Andijon qishloq xo'jaligi va agrotexnologiyalar instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (6305/11 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 170600 Andijon viloyati, Andijon tumani, Kuyganyor, Oliygo'ha ko'chasi, 1-uy. Tel./faks: (+99874) 373 13 63, e-mail: [admission@andqxai.uz](mailto:admission@andqxai.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil «10» 01 kuni tarqatildi.  
(2025-yil «08» 01 dagi № 18 raqamli reestr bayonnomasi).



*[Handwritten signature]*

**R.J.Tojiyev**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisining o'rinbosari, texnika fanlari doktori, professor

**R.A.Abdiraxmonov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, texnika fanlari nomzodi, dotsent

**K.Qosimov**

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, professor

*[Handwritten signature]*

## KIRISH (Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Hozirgi kunda jahon bozorida oziq-ovqat ishlab chiqarish va xom ashyosini tayyorlashda mahsulotning sifat ko'rsatkichlariga bo'lgan talab - mahsulotning hom ashyosi tannarxida namoyon bo'lmoqda. Jumladan, ushbu holatni turli qattiq qobiqli yong'oq va mag'izlarni o'lchamlari bo'yicha saralangan turlarining narxlaridagi farqlardan ko'rish mumkin. Xususan grek yong'og'i mag'izining narxlarida saralangan mag'izning narxi saralanmagan mag'izning narxiga nisbatan 70-80% yuqori baholanadi. Bugungi kunda dunyo miqyosida yong'oqni etishtirish va qayta ishlash miqdori 2,8 million tonnaga yetgan<sup>1</sup>. Biroq, yong'oq mag'izlarini sifat ko'rsatkichlari bo'yicha saralash mashinalarini amaliyotga joriy etishni taqazo etadi. Shu jihatdan yong'oq mag'izini saralash mashinasi ish sifati yuqori hamda energiya-resurstejamkor texnika vositalari va qurilmalaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda yong'oq mag'izlarini qayta ishlash, sifat ko'rsatkichlari bo'yicha saralash, energiyatejamkor, saralash aniqligi va ish unumi yuqori bo'lgan mashinalarni ishlab chiqarishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, mavjud ishlab chiqilgan saralash mashinalari sanoat miqyosidagi katta hajmdagi mag'izlarni qayta ishlashga mo'ljallangan hamda narxi mavsumiy ishlaydigan kichik ishlab chiqaruvchi xo'jaliklar uchun hamda energiya va resurslarni tejash, mavjud saralash qurilmalarining arzon kichik modellarini yaratish, mavjudlarini takomillashtirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda ham yiliga o'rtacha 600 000 tonna grek yong'og'i yetishtiriladi<sup>2</sup>. Ularni qayta ishlashga bo'lgan talab kun sayin ortib borayotganligi sababli saralash qurilmalarining yangi unumdor, energiyatejamkor avlodlarini yaratish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2020-2030-yillarga mo'ljallangan strategiyasida, jumladan, "...qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtiruvchi, qayta ishlovchi va sotuvchi subyektlar o'rtasidagi munosabatlarning huquqiy asosini mustahkamlash, sohaga investitsiyalarni jalb qilish, resurstejamkor texnologiyalarni joriy etish hamda qishloq xo'jaligi mahsulotlari ishlab chiqaruvchilarni zamonaviy texnikalar bilan ta'minlash..." bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, saralash mashinasi ishchi yuzasi bilan yong'oq mag'izlarining o'zaro ta'sirlashish jarayoni, saralash mashinasining asosiy parametrlarini va yong'oq mag'izlarining hajmiy xususiyatlarini ifodalaydigan analitik bog'lanishlar, ularning parametrlarini aniqlash va ish rejimlariga bog'liq holda saralash texnik va texnologik jihatdan modernizatsiyalashgan mashinalarni yaratish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

---

1. Shahbandeh M. Walnut production worldwide 2012/13-2024/24 // Published by, Nov 6, 2023 (<https://www.statista.com/statistics/675967/walnut-production-worldwide>)

2. Mirzayev O.A. Yong'oq chaqish mashinasi konstruksiyasini takomillashtirish va parametrlarini asoslash: Dissertatsiya (PhD) – Andijon, 2020 .- B. 120

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 23-oktabrdagi PF-5853-son “O‘zbekiston Respublikasi qishloq xo‘jaligini rivojlantirishning 2020–2030 yillarga mo‘ljallangan strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi farmon va O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 1-iyundagi PQ-3025-son “Yong‘oq ishlab chiqaruvchilar va eksport qiluvchilar uyushmasini tuzish va uning faoliyatini tashkil etish to‘g‘risida”gi<sup>3</sup> qarori, 2023-yil 5-apreldagi PQ-113-son “2023-yilda qishloq xo‘jaligi mahsulotlari ishlab chiqarish, qayta ishlashni kengaytirish va qo‘llab-quvvatlashning qo‘shimcha chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertasiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining asosiy ustuvor yo‘nalishlariga bog‘liqligi.** Mazkur tadqiqot ishi Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II.“Energetika, energiya va resurstejamkorlik” ustuvor yo‘nalishiga mos keladi.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Yong‘oq mag‘izlarini saralash mashinalarini yaratish, ularning ish ko‘rsatkichlarini tadqiq etish va parametrlarini asoslash bo‘yicha xorijda Fernanda Robert de Mello, Di Kang, Yong Vang, Ismoil S.O., Leibo Xiaop, Sun Yong, Sang Hao Ye Wei, Wang Hongbo, Hayman Said, Eyitope I. Alade, Olufemi A. Koya, Gharibzahedi, Güner M., Dursun E., V.M.Chaus, H.B.Илабиров, B.M.Yuna, K.Baganz va boshqalar ilmiy tadqiqotlar olib borishgan.

Respublikada saralash mashinalari va jihozlarini tadqiq qilish bo‘yicha ilmiy izlanishlar N.Barakayev, G‘.Baxadirov, E.Ismailov, T.Safarov, B.Umarov, N.Odilov, A.Elmanov va boshqalar tomonidan olib borilgan.

Bu tadqiqotlar natijalari asosida yaratilgan mashina va qurilmalar muayan ijobiy natijalarga erishilgan holda qo‘llanib kelinmoqda. Ammo, ko‘rsatib o‘tilgan ishlarda yong‘oq mag‘zini o‘lchami bo‘yicha saralaydigan mashinani ish jrayoni va o‘lchamlarini asoslash etarli darajada o‘rganilmagan.

**Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim yoki ilmiy- tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi bilan bog‘liqligi.** Mazkur dissertatsiya ishi Andijon mashinasozlik institutining C201912183 raqamli “Energiya tejamkor yong‘oq chaqish mashinasi konstruksiyasini yaratish, tajriba namunasini tayyorlash, sinash va joriy etish” (2020–2021) mavzusidagi innovatsion hamda S-PF-144-son “Qattiq qobiqli mevalarni chaqish va qayta ishlab chiqish” (2023–2024) mavzusidagi startap loyihalari doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** yong‘oq mag‘zini o‘lchamlari bo‘yicha saralaydigan takomillashgan mashina konstruksiyasini ishlab chiqish va parametrlarini asoslashdan iborat.

---

3. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 1-iyundagi “Yong‘oq ishlab chiqaruvchilar va eksport qiluvchilar uyushmasini tuzish va uning faoliyatini tashkil etish” to‘g‘risidagi PQ-3025-son qarori.

### **Tadqiqotning vazifalari:**

- mavjud saralash mashinalarining konstruksion tuzilishi va parametrlarini tahliliy o'rganish hamda mahalliy hududlarda grek yong'og'i mag'izini geometrik va fizik xususiyatlarini o'rganish va aniqlash;

- saralash mashinasini konstruksion tuzilishini aniqlash asosida geometrik va dinamik parametrlari orasidagi analitik hamda funksional bog'lanishni aniqlash;

- analitik tahlil natijasida olingan funksional bog'lanishlar asosida elakning tuynugi diametri, elakning gorizontga nisbatan og'ish burchagi, geometrik o'lchamlari va elakning tebranma harakatini maqbul texnik parametrlarini aniqlash;

- elakning tebranishi va o'lchamlari uchun aniqlangan texnik va geometrik parametrlari asosida saralash qurilmasining tajriba-sinov modelini loyihalash va tayyorlash, tayyorlangan saralash mashinasining tajriba-sinov modelida saralash aniqligi, elakning saralash unumdorligi bo'yicha tajriba-sinovlarini o'tkazish;

- o'tkazilgan tajriba-sinov natijalari asosida mashinaning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarini aniqlash.

**Tadqiqotning obykti** sifatida yong'og mag'izini saralash hamda ushbu vazifalarni bajaruvchi texnologiya va mashinaning asosiy parametrlari hamda uning ish jarayonlari olingan.

**Tadqiqotning predmeti** saralash mashinasi ishchi yuzasi bilan yong'og mag'izlarining o'zaro ta'sirlashtirish jarayoni, saralash mashinasining asosiy parametrlarini va yong'og mag'izlarining xajmiy xususiyatlarini ifodalaydigan analitik bog'lanishlar, ularning parametrlarini aniqlash usullari va ish rejimlariga bog'liq holda saralash aniqligining o'zgarish qonuniyatlaridan iborat.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida matematik tahlil, nazariy mexanika, matematik statistikaning qonun va qoidalari, eksperimentlarni matematik rejalashtirish, "yong'og'ni tozalash. texnik xususiyatlari" (Орехи грецкие. Технические условия), "yong'og yadrosi. Texnik xususiyatlari" (Ядро ореха грецкого. Технические условия) usullardan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

- yong'og mag'zini saralash mashinasini geometrik o'lcham bo'yicha saralaydigan, doira ko'rinishidagi tuyniklar bilan jixozlangan konstruksiyasi bilan ta'minlash orqali takomillashtirilgan.

- saralash mashinasida tebranma harakatlanish xarakteristikalarini mag'izlarning geometrik va dinamik parametrlari orasidagi analitik bog'lanishlar 2-tur Lagranj tenglamalari asosida aniqlangan;

- elakning gorizonttal yo'nalishga nisbatan o'rnatilish burchagi va chastotasi tebranuvchi elakning tebranish chastotasi va amplitudasiga bog'liqligiga analitik bog'lanishlar asosida aniqlangan;

- saralash yuzasining tebranma harakatdagi amplitudasi saralash aniqligi va unumdorligiga bog'liqligi regressiya tenglamalar asosida aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

yong'og mag'izlarini o'lchamlarini saralaydigan mashinaning kam energiya sarflagan holda yuqori ish sifatini ta'minlaydigan parametrlari asoslangan;

taklif etilayotgan yong‘oq mag‘izlarini xajmiy saralaydigan mashina qo‘llanilishi mag‘izlar sifatli talab darajasida saralanishini ta‘minlaydi hamda ekspluatatsion sarf-xarajatlarning kamaytirishi aniqlangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchligi izlanishlarning zamonaviy uslub va o‘lchash vositalaridan foydalangan holda o‘tkazilganligi, yong‘oq mag‘izlarini hajmiy saralash mashinasi ishchi qismlarining parametrlari va ish rejimlarini nazariy jihatdan asoslashda oliy matematika va nazariy mexanikaning asosiy qoida va usullariga amal qilinganligi, tajribalar natijalariga matematik statistika usullari bilan ishlov berilganligi, nazariy va amaliy tadqiqotlar natijalarining o‘zaro adekvatligi, ishlab chiqilgan saralash mashinasi sinovlarining ijobiy natijalari va amaliyotga joriy etilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot ishini ilmiy ahamiyati yong‘oq mag‘izlarini hajmiy saralash mashinasi ishchi qismlarining talab darajasidagi ish sifatini ta‘minlaydigan parametrlari asoslanganligi hamda olingan matematik modellar va analitik bog‘lanishlardan boshqa shunga o‘xshash ish organlarining parametrlarini tadqiq etishda foydalanish mumkinligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan mashina yong‘oq mag‘izlarini saralashda qo‘llanilganda mag‘izlarning shikastlanishini kamaytirgan holda saralanishning aniq bo‘lishini ta‘minlashi, mehnat sarfini kamaytirish va ish unumini oshirishga erishilganligidan iborat.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Yong‘oq mag‘izini saralash mashinasi konstruksiyasini takomillashtirish va parametrlarini asoslash bo‘yicha olingan natijalar asosida:

- ishlab chiqilgan yong‘oq mag‘izni saralash mashinasining tajribaviy nusxasi Andijon viloyatidagi “MO‘JIZA SAVDO PLYuS” MChJ va “Ismoil hoji” bog‘dorchilik fermer xo‘jaliklarida joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Qishloq xo‘jaligi vazirligining 2024-yil 17-yanvardagi 06/27-05/234-son ma‘lumotnomasi). Natijada ishlab chiqilgan mashinada saralash jarayoni unumdorlik ko‘rsatkichi 300 kg/soatni tashkil etgan. Mag‘izni saralash jarayonida saralash aniqligi 97 % bo‘lishga erishilgan. Mag‘izni saralash mashinasini joriy etish natijasida bir oyda 17,8 mln. foyda olishga erishilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Tadqiqot natijalari 2 ta respublika va 2 ta xalqaro miqyosdagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o‘tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e‘lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 12 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta‘lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, jumladan, 4 tasi respublika va 3 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan hamda O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligining 1 ta dasturiy ta‘minot uchun guvohnomasi olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to‘rtta bob, umumiy xulosalar, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 123 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida o'tkazilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, ob'ekt va predmetlari tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Ilmiy tadqiqot ishlari tahlili”** deb nomlangan **birinchi bobida** mavjud qishloq xo'jaligi mahsulotlarini saralash texnologik mashinalarning hozirgi holati va rivojlanish tendensiyalari, shuningdek, ulardan saralash jarayonida foydalanish shartlari tahlil qilingan.

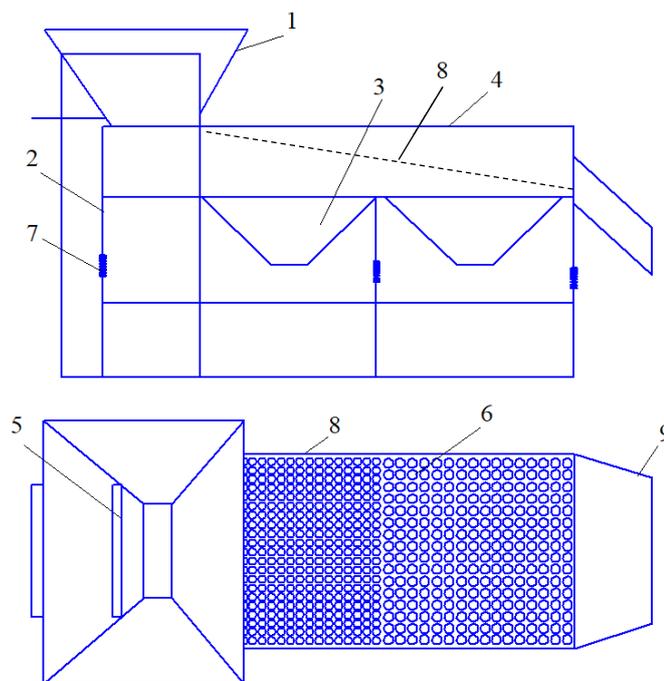
Yong'oq mag'izini saralash mashinasi konstruksiyasini ishlab chiqish uchun mahalliy yong'oq navlari mag'izlarining texnik, fizik xossalari hududlar kesimida o'rganilgan. Yong'oq mag'izini saralash mashinasining konstruktiv tuzilishi tahlil etilgan.

Hududlar kesimida etishtirilayotgan yong'oq mag'izlarini bir-biridan farqini aniqlash maqsadida, turli hududlardan olib kelingan mag'izlarning xossalari o'rganilgan.

Ilmiy manbalarning tahlili, saralashni texnologik jarayon va mashinalarning zamonaviy holatini o'rganish asosida tabobat, qandolatchilik sohalarida keng miqyosda foydalanish va iqtisodiy samaradorligini, sifatli raqobatbardosh mahsulotni tayyorlash uchun yong'oq mag'izini saralash mashinasining sodda va kam xarajat texnik qurilmasini ishlab chiqish zarurati asoslangan.

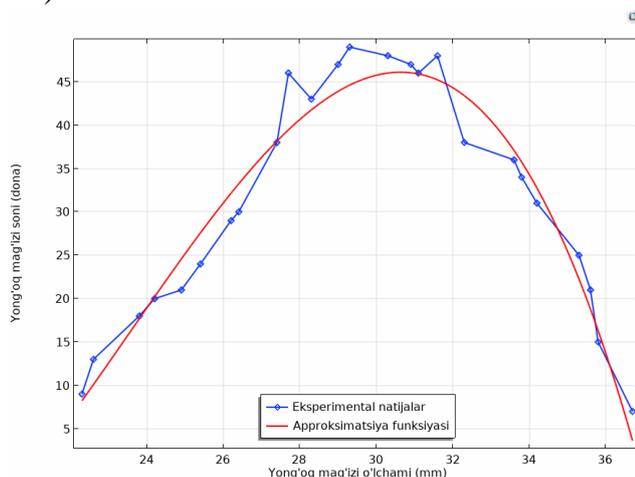
Dissertatsiyaning **“Yong'oq mag'izini saralash mashinasining konstruksiyasini ishlab chiqish va uning parametrlarini asoslash bo'yicha nazariy tadqiqotlar”** deb nomlangan **ikkinchi bobida** yong'oq mag'izini saralashda ishlatiladigan saralash uskunalarini mexanizatsiyalash hamda mavjud mashinalarni takomillashtirish, ishlab chiqiladigan mashina konstruksiyasi va ishchi qismlarining parametrlarini nazariy asoslash bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari keltirilgan. Nazariy tadqiqotda saralash mashinasida uchta o'lcham bo'yicha saralash ko'zda tutilgan bo'lib, doirasimon tuynuklarga ega bo'lgan elagini kichik amplitudalardagi tebranma harakati tahlil etilgan. Olingan natijalar asosida saralash mashinasining geometrik o'lchamlari, elakning gorizontaal yo'nalishga nisbatan joylashuv burchagining maqbul qiymatlari matematik modellashtirish orqali aniqlangan.

Taklif etilayotgan yong'oq mag'izini saralash mashinasi quyidagi tarkibiy qismlardan tashkil topgan: 1-yong'oq mag'izi solinadigan bunker, 2- mag'iz saralash mashinasi ramasi, 3-saralangan mag'izlar uchun tushish bunker, 4-mag'iz saralash elagi devori, 5-mag'izni belgilangan darajada tushishini ta'minlovchi miqdorlagich, 6-elak ishchi qismining aylanma shakldagi tuynugi, 7-prujina, 8-elak va 9-butun va yarim pallak mag'izlar tushish tarnovidan iborat (1-rasm).



**1-rasm. Taklif etilayotgan yong'iq mag'izini saralash mashinasining sxemasi**

Yong'iq mag'izini saralash mashinasi tuynuk qismi o'lchamlari ko'p sonli tajribalar assosida aniqlandi. Bunda yong'iq mag'izining o'lchami 22 mm dan 37 mm gacha oraliqda o'zgargani uchun 3 mm oraliqlar bilan farqlanadigan 5 ta guruhga ajratildi. Har bir guruxdagi yong'iq mag'izini o'rtacha o'lchamlari va massalari ehtimoliy matematik statistika usulida baholandi va tuynuk o'lchamlari belgilab olindi (2-rasm).



**2-rasm. Mag'iz soni va o'lchamlari orasidagi bog'lanish grafi.**

Tadqiq etilayotgan mashinaning tebranma harakatlanishi og'irlik markaziga nisbatan tahlil etilib, qurilma uchun 2-tur Lagranj tenglamasi tuzildi. Bunda 3-rasmda keltirilgan mashinaning umumiy sxemasidan foydalanildi.

Qaralayotgan mashinaning  $O_1$  nuqtaga nisbatan gorizontaal yo'nalishdagi tebranishining differensial tenglamasini olamiz:

$$\frac{I}{y_C^2} \ddot{x} + C_t x = -b\dot{x} + F_0 \sin(\omega t + x_1) \quad (1)$$

(1) tenglamani normal ko‘rinishga keltiramiz:

$$b\dot{x} = \beta \frac{h_d}{y_c} \dot{x};$$

Dempferlash koeffitsienti:

$$b = \frac{h_d}{y_c} \beta$$

$$\beta = \frac{y_c}{h_d} b \quad (2)$$

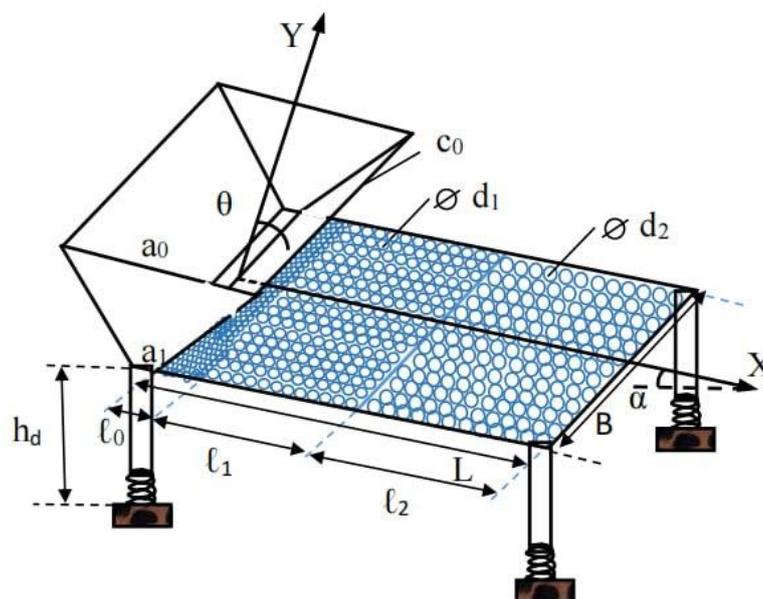
$$\ddot{x} + \frac{C_t y_c^2}{I_t} x + \frac{b y_c^2}{I_t} \dot{x} = \frac{F_0 y_c^2}{I_t} \sin(\omega t + \gamma_0)$$

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2 x = h_0 \sin(\omega t + \gamma_0) \quad (3)$$

$$2n = \frac{b y_c^2}{I_t} - \text{ikkilangan suniy koeffitsient}; \quad (4)$$

$k^2 = \frac{C_t y_c^2}{I_t}$  - tebranish siklik chastotasi kvadrati;

$h_0 = \frac{F_0 y_c^2}{I_t}$  - tezlanish koeffitsienti.



**3-rasm. Mashinaning umumiy sxemasi.**

(3) tenglama yechimini birjinsli tenglamaning umumiy yechimi va bir jinsli bo‘lmagan tenglamaning xususiy yechimlari yig‘indisi orqali aniqlaymiz. Natijada qurilmaning tebranma harakati  $t = 0; \quad x = x_0, \quad \dot{x} = \dot{x}_0$  boshlang‘ich shartlarni qo‘llab quyidagi tebranish qonuniyatini olamiz:

$$x = e^{-nt} \left( x_0 \text{Cos}k_1 t + \frac{\dot{x}_0 + nx_0}{k_1} \text{Sin}k_1 t \right)$$

$$k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$$

(3) tenglamaning bir jinsli bo‘lmagan holdagi echimi  $x_2$  uchun quyidagi natijani olamiz:

Natijaviy elak tizimining tebranma harakati tenglamasi:

$$x_2 = \frac{h_0}{\sqrt{(k^2 - \omega_2^2)^2 + 4n^2\omega_2^2}} \text{Sin}(\omega_2 t + \delta - \varepsilon) \quad (4)$$

Maksimal tebranish ampitudasiga erishish uchun ildiz ostidagi ifoda eng kichik bo‘lishi kerak:

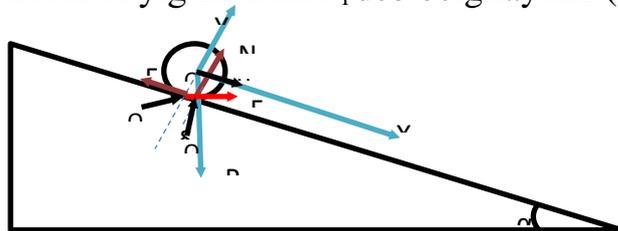
$$f(\omega_2) = (k^2 - \omega_2^2)^2 + 4n^2\omega_2^2 \rightarrow \min, \quad \text{yani} \quad \frac{df(\omega_2)}{d\omega_2} = 0 \quad (5)$$

Natijada amplituda-chastota, faza-chastota xarakteristikasini olamiz:

$$A = \frac{\frac{h_0}{k^2}}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega_2}{k}\right)^2\right)^2 + 4\left(\frac{n}{k}\right)^2 \left(\frac{\omega_2}{k}\right)^2}}$$

$$\varepsilon = \text{arctg} \left( \frac{2 \frac{n}{k} \frac{\omega_2}{k}}{1 - \frac{\omega_2^2}{k^2}} \right); \quad (6)$$

Saralash mashinasi elagi gorizontal yo‘nalishga nisbatan burchak ostida joylashgan holda elakda harakatlanadigan mag‘izlarga og‘irlik kuchi, dumalanish va sirpanishdagi ishqalanish kuchi va elakning tebranma harakati natijasida mag‘izga davriy garmonik kuch impulsi ta’sir etadi. Bu kuchlarni tabiatiga bog‘liq holda ularni guruhlash mumkin. Elakning tebranma harakatiga bog‘liq kuchlarni  $F_T$ , ishqalanish kuchlari yig‘indisini  $F_i$  deb belgilaymiz (4-rasmga qarang).



**4-rasm. Mashinaning tebranma harakatini hisoblash sxemasi**

Ma’lumki, butun yong‘oq mag‘izini aksariyat qismining geometrik shakli ovalsimon bo‘lib, turli darajadagi suyri chuqurliklar va do‘ngliklardan iborat. Elak bo‘ylab harakatlanganda bu notekisliklar elak tuynuklariga ilinadi, ta’sirlashuv natijasida kontakt nuqtasiga nisbatan aylantiruvchi kuch momenti hosil bo‘ladi. Natijada uning harakatlanishi mumkin bo‘lgan yo‘nalishlari soni cheklanadi.

Ovalsimon mag'izning qiya joylashgan elakning uzunligi bo'ylab dumalash imkoniyati boshqa yo'nalishlarda harakatlanishga nisbatan juda katta. Chunki uning turg'un muvozanat holati uzunligi bo'yicha yotgan holda mavjud. Shuning uchun qiya tekislikda dumalaganda mag'izning uzun yo'nalishi harakatlanish yo'nalishiga perpendikulyar bo'ladi. Ushbu fikrdan mag'izni dumalash yo'nalishi OX yo'nalishda bo'ladi deb ayta olamiz. Hisoblashlarni mag'izning og'irlik markaziga nisbatan bajaramiz. Uni oval shaklini hajmi va massasi teng bo'lgan sharga almashtiramiz. Elak bilan ilashish ta'sirlashuvini koeffitsientlarini hisoblashda e'tiborga olamiz.

4-rasmda elakdagi sharga ta'sir etuvchi kuchlar keltirilgan. Ularni e'tiborga olib OXY koordinata o'qlariga nisbatan Nyutonning ikkinchi qonuni yozamiz:

$$\begin{cases} m_y \ddot{x} = F_T \cos \alpha + P \sin \alpha - F_i \\ I \ddot{x} = F_i r + F_T r \cos \alpha = F_S r \\ m \ddot{x} = F_T \sin \alpha + N - P \cos \alpha \end{cases} \quad (7)$$

Mag'izga ta'sir etadigan ishqalanish kuchi elakning tebranishidan hosil bo'ladigan  $F_T$  garmonik kuchning va tebranish yo'q bo'lgandagi dumalashdagi ishqalanish kuchlarini yig'indisidan iborat bo'ladi. Elakning tebranishidan yuzaga kelgan kuchni prujina xususiyatiga ega deb Guk deformatsiyasi va dempferlash kuchlarining yig'indisi shaklida ifodalash mumkin:

$$F_T = -cx_e - \beta \dot{x}_e \quad (8)$$

bunda,  $s$  – prujina bikirligi;  $\beta$  – dempferlash koeffitsienti;  $x_e$ -elakning tebranish evaziga siljishi.

Ishqalanish kuchi dumalashdagi ishqalanish kuchi  $F_i$  va tebranma harakatdagi kuch impulsini OX o'qiga proeksiyalarini yig'indisidan iborat deyish mumkin:

$$F_i = \frac{\mu N}{r} \quad (9)$$

Natijaviy ishqalanish kuchi

$$F_f = F_T \cos \alpha - F_i \quad (10)$$

Tebranayotgan elak va mag'iz ta'sirlashuvini Bingomning plasto-elastik modeli bo'yicha aniqlash mumkin. Chunki ushbu model muhitning elastik-plastik-qovushqoq xususiyatlari elementlarining parametrlari va kombinatsiyalari orqali aniqlanadi. Mag'izdagi teshiklarda ilashib qolish kuchini elastik – qovushqoqlik kuchi deb qarash mumkin.

Shuning uchun elak va mag'iz ta'sirlashuvi elastik – qovushqoq va elastik – plastik elementlar sifatida qaralishi mumkin.

Mag'izlarni elak yuzasini egallashi kichik, ya'ni siyrak bo'lganda mag'izlarni bir-birini tutib qolish kuchi bo'lmaydi deb hisoblash mumkin. Biroq, elak tebranishi evaziga tuynuklarga tiralgan mag'izlarga elak tomonidan ta'sir etadigan kuch ahamiyatga ega bo'ladi. Bu kuch ta'sirida mahiz elakda sakrashi, harakat

yoʻnalishi va tezligini oʻzgartiradi. Tuynukga tiqilmagan joyida esa elak tomonidan tezligiga proporsional garmonik kuch taʼsir etadi. Bu kuch elakning tebranish fazasiga mos holda yoʻnalishini davriy holda oʻzgartirib turadi.

Tebranma xarakterdagi elak tomonidan juda kichik yuzada taʼsir etadigan kuch yongʻoq magʻizini OX yoʻnalishida nisbatan aylanma harakatga keltiradi. OY yoʻnalishga nisbatan esa yuqoriga sakrashga sabab boʻladi. Demak, elakning tebranma xarakterini uning tezligiga proporsional deb qarab

$$F_T \sim \dot{x}_O$$

Proporsionallik koeffitsientida yongʻoq magʻizining elak sirti orasidagi ishqalanish koeffitsienti orqali berib bu kuchni baholash mumkin:

$$F_T = \mu_1 \dot{x}_O \quad (11)$$

U holda (7) tenglamalar sistemasi quyidagi echimlarga ega boʻladi:  
OX boʻyicha

$$x = \frac{bt^2}{2} + \left( v_0 + \frac{a}{\omega_2} \sin \gamma_0 \right) t - \frac{a}{\omega_2^2} \cos(\omega_2 t + \gamma_0) + \frac{a}{\omega_2^2} \cos \gamma_0 \quad (12)$$

Aylanma harakat tenglamasi quyidagicha boʻladi:

$$\varphi = -\frac{A_\varphi}{\omega_2} \cos(\omega_2 t + \gamma_0) + \frac{b_\varphi t^2}{2} - \frac{A_\varphi}{\omega_2} \sin \gamma_0 \cdot t + \frac{A_\varphi}{\omega_2^2} \cos \gamma_0 \quad (13)$$

Yongʻoqni elakda vertikal yoʻnalishdagi harakati uchun

$$y = -\frac{\mu_1 A}{m\omega_2} \sin \alpha \cos(\omega_2 t + \gamma_0) + \left[ \frac{N}{m} - g \cos \alpha \right] \frac{t^2}{2} - \frac{\mu_1 A}{m} \sin \gamma_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{\mu_1 A}{m\omega_2} \sin \alpha \cos \gamma_0; \quad (14)$$

Hisoblash tenglamalaridan olingan analitik ifodalar asosida magʻizni saralash mashinasining xarakterli parametrlarini asoslash maqsadida “Comsol multiphysics 6.1” platformasining “Solid mechanics” boʻlimining [“Multibody Dynamics”](#) fizika intefeysida hisoblashlar bajarildi. Mashina harakatlanmaydigan asosga toʻrtta prujinaga ega tayanch orqali biriktirilgan va tayanchning quyi qismida prujina mavjud deb qaraldi.

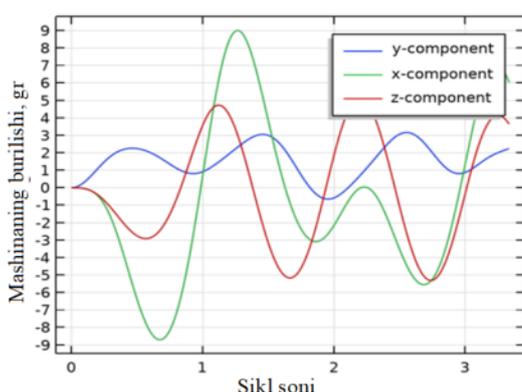
Quyidagi 5-6-rasmlarda ishlab chiqilgan saralash mashinasining tebranuvchi qismining tebranma harakati aks etgan. 5-rasmda mashina uch marta tebranishida OX, OY, OZ yoʻnalishlarga nisbatan tebranma harakat taʼsiridagi burilish aks etgan. 7-rasmdan koʻrinadiki, tebranish kuch taʼsir etayotgan yoʻnalishdan tashqari qolgan OY, OZ yoʻnalishlarda ham oniy markaziga nisbatan aylanma harakat sodir qiladi. Shuningdek, elak vertikal yoʻnalishda ham kichik 5mm amplituda bilan tebranadi, elak yuqoriga koʻtarilib tushib harakatlanadi. Elakga perpendikulyar boʻlgan OY yoʻnalishda ham aylanma harakat sodir boʻladi. Ushbu qaralayotgan holatda uning amplitudasi OZ yoʻnalishga nisbatan deyarli ikki marta katta boʻlar

ekan. Tebrantiruvchi kuch OX davriy ta'sir etishi natijasida elak murakkab aylanma harakatda bo'ladi.

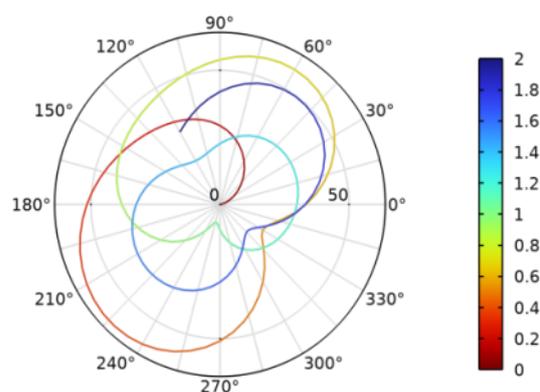
Elakning fazoviy tebranish xarakterini 6-rasmda ko'rish mumkin. Elak tebranma harakatining amplituda qiymati tez o'zgarishi saralash sifatini keskin kamaytiradi. Shuning uchun uning harakatini cheklash uchun dempferlanadi. Dempferlash evaziga yo'qotiladigan energiyani hisobga olish muhim ahamiyatga ega. Ko'rilayotgan mashinada to'rtta prujining har biridagi energiya yo'qotilishi 7-rasmda keltirilgan.

Unda elakning uch marta tebranishidagi holat aks etgan. 6-rasmdan ko'rinadiki, mashina elagining oxirida joylashgan prujinasida energiyani tebranishi eng kam, bunker tomonidagi 3,4-prujinalarda tebranish darajasi kattaroq bo'ladi. Chunki shu tomonidan berilgan.

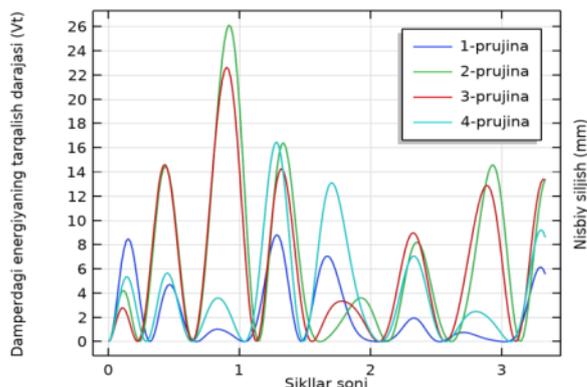
Deformatsiyalanish darajasiga e'tibor qaratadigan bo'lsak, bunda ham yuqoridagi kabi 3,4-prujinalarda eng ko'p siljish kuzatiladi. 8-rasmda dempferlanmagan tebranish keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki siljishning amplituda prujining bikrligiga mos holda 42 mm gacha o'zgaradi. Eng kichik siljish 12 mm atrofida bo'lar ekan. Bularni dempferlash darajasini aniqlashda ishlatiladi.



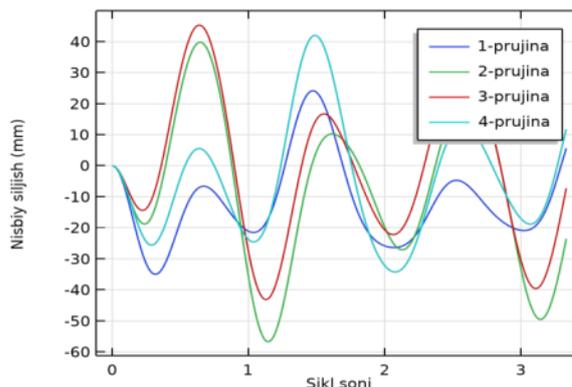
**5-rasm. Mashinaning OX, OY, OZ yo'nalishlarga nisbatan tebranma harakat ta'siridagi burilishi**



**6-rasm. Elakning fazoviy tebranma harakati**



**7-rasm. Dempferlashda yo'qotiladigan energiya**



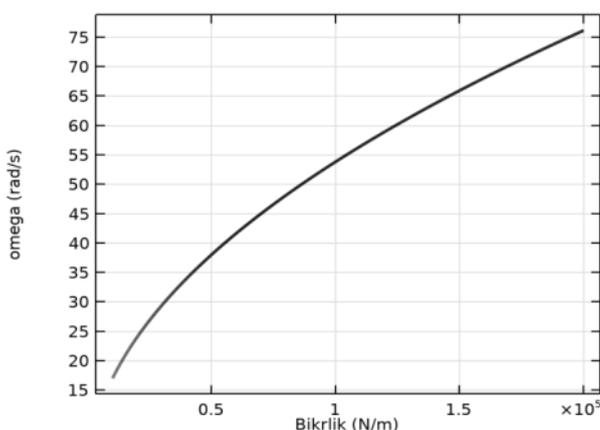
**8-rasm. Prujinalarning muvozanat holatiga nisbatan siljishi**

Ma'lumki, tebranma jarayonining amplitudasi, ya'ni siljishi prujinani bikrligiga uzviy bog'langan. Mashina ustida olib borilgan analitik tahlil natijasida hisoblangan 9-rasmda keltirilgan grafikdan tebranish chastotasiga mos prujina tanlanadi.

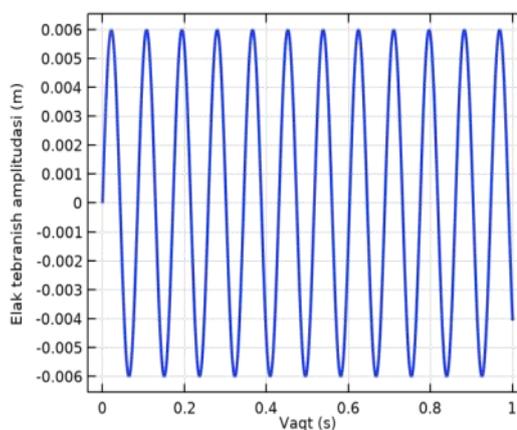
Aksariyat elektrodvigatellar 1000 ayl/min va undan yuqori chastotalarda ishlaydi. Ulardan kichik chastotada ishlaydigan saralash mashinalarida ishlatish uchun reduktor yoki shkivlardan foydalanish zarurati tug'iladi. Bunda shkiv yoki reduktorlarda qo'shimcha energiya yo'qotiladi, shuningdek texnik jihatdan noqulaylik vujudga keladi, tannarxi ham ortadi. Shuning uchun bunday ko'p kaskadli shkiv yoki reduktordan foydalanmaslik maqsadida 750ayl/min chastotada ishlaydigan mashinani ishlab chiqish ko'zda tutilgan. Ushbu chastotada ishlovchi mashinaning siklik chastotasi 73,26 rad/s. Bu chastotaga mos prujina bikrligi 200 000 N/m bo'lishi kerak ekan.

Mashinaning yuqorida aytilgan parametrlari asosida elakning tebranish grafigi 10-rasmda keltirilgan.

10-rasmga e'tibor qaratadigan bo'lsak, grafikda elakning OX o'qi bo'ylab gorizont tekislikdagi bo'ylama tebranish amplitudasi 12 mm ni tashkil etgan. Bu kattalik elak tuynugining gorizont yo'nalishga nisbatan  $\alpha$  burchak ostida joylashgan holatining proeksiyasiga teng bo'ladi.



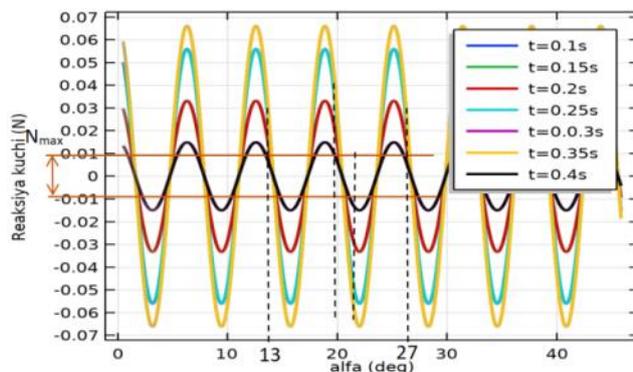
**9-rasm. Elak tebranishining siklik chastotasini mashinadagi prujinaning bikrligiga bog'liqligi**



**10-rasm. Elakning tebranish xarakteristikasi**

Elakda yong'oq mag'izini harakatlanish qonuniyati elak tebranishi chastotasi, elakning gorizont yo'nalishga nisbatan joylashuv burchagi, elak tomonidan ta'sir etuvchi reaksiya kuchi va elakning elastiklik darajasiga bog'liq bo'ladi. Bu kattaliklar bilan bog'liqlik formulalari oldingi mavzuda to'liq keltirilgan. 11-rasm mag'izni tebranayotgan elak bilan ta'sirlashuvdagi reaksiya kuchining turli vaqt momentlaridagi o'zgarishi ko'rsatib o'tilgan. Unda 7 xil vaqt momentining 3 tasida olingan grafiklar bir-birini ustiga tushgan. Barcha vaqt momentlarida elakning tebranishiga mos holda eng kam reaksiya kuchi davriy burchaklarda mavjud bo'lishi kuzatiladi. Bunday burchaklarni grafikni kamayuvchi qismiga nisbatan aniqlash kerak. Aks holda mag'izlarni bunker tomonga harakatlantiruvchi kuch miqdori ortib ketadi va elakning unumdorligi

kam bo‘ladi. Mag‘izlarga ta’sir etadigan minimal kuch  $t=0.4$  s vaqt momentiga mos kelmoqda. Burchakni tanlashda ushbu nuqtaga nisbatan oladigan bo‘lsak, reaksiya kuchi eng kam bo‘ladi. Ammo bunday holatlar  $13^{\circ}$ ,  $20^{\circ}$ ,  $27^{\circ}$  burchaklarda kuzatiladi. Bu burchaklardan maqbul qiymatini tanlash uchun barcha kuchlar ta’siridagi yong‘oq mag‘izining elak bo‘ylab harakatlanish qonuniyatini bilish talab etiladi.



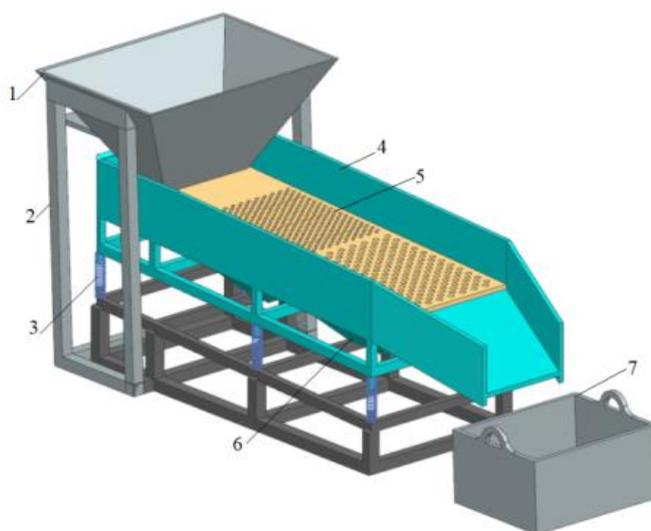
**11-rasm. Mag‘izni tebranayotgan elak bilan ta’sirlashuvdagi reaksiya kuchining turli vaqt momentlaridagi o‘zgarishi**

Dissertatsiyaning “**Eksperimental tadqiqotlar va ularning natijalari**” deb nomlangan uchinchi bobida yong‘oq mag‘izini saralash bo‘yicha eksperiment o‘tkazish rejasi, laboratoriya sharoitidagi sinovlar belgilangan. Nazariy tadqiqotlar natijasida saralash mashinasining eksperimental namunasi tayyorlandi. Saralash mashinasida yong‘oq mag‘izi uchta o‘lcham bo‘yicha fraksiyalarga ajratib berilishi ta’minlandi. Eksperimental tajribalar olib borishda mamlakatimizda hududlar kesimida etishtirib kelinayotgan yong‘oqlar tanlab olindi. Bu yong‘oqlar etishtirilayotgan hududlar kesimida yong‘oqlar mag‘izlarining bir biridan farqini aniqlash uchun fizik va mexanik xususiyatlarini aniqlab, saralash aniqligi va sifatini maksimal darajada bo‘lishi uchun imkon beradigan mashina konstruksiyasi ishlab chiqildi. Laboratoriya sharoitida aylana ko‘rinishga ega tuynuklardan iborat bo‘lgan elakning mag‘iz bilan ta’sirlashishdagi harakati, saralash mashinasining asosiy parametrlari nazariy tadqiqotlar asosida aniqlangan tenglamalar yordamida hisoblandi.

Tajriba sinovlarni o‘tkazish uchun 12-rasmda ko‘rsatib o‘tilgan mashina namunasi ishlab chiqildi.

13-rasmdan ko‘rinadiki, tebranuvchi tizim uchun 750 Vt quvvat sarflanadi. Dempferlashda ko‘pi bilan to‘rtta prujina evaziga 80 Vt, qo‘shimcha mexanizmlarda esa to‘la energiyaning 10% miqdorida ya’ni, 75 Vt yo‘qotiladi. Jami 900 Vt quvvat talab etiladi. Shuning uchun 1000 Vtli elektrodvigateldan foydalanish mumkin.

O‘lchashlar natijasida aniq bo‘ldiki, mag‘iz massasining asosiy o‘lchamlari 7-8 gr atrofida ekanligi aniqlandi.

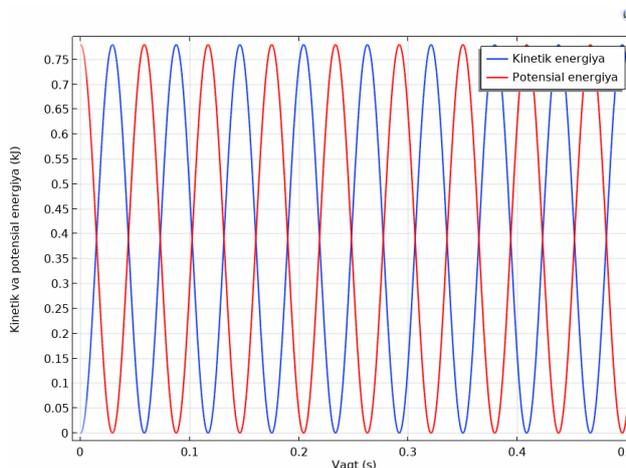


**12-rasm. Yong‘oq mag‘izini saralash mashinasining tajriba namunasi**

Mag‘izlarni saralashda sifat ko‘rsatkichi mag‘izning xossalariga ham bog‘liq bo‘lib, mag‘izning qovushqoqligi va namligi tebranma harakatda eyilish darajasiga ta‘sir ko‘rsatdi. Shundan kelib chiqib, mag‘izning namlik darajasi aniqlandi. Mahalliy hududda etishtirilgan yong‘oqlar mag‘izlari namlik darajasi aniqlanganda 10-13 % atrofida bo‘lishi aniqlandi.

Tajriba o‘tkazish uchun 10 kg dan 5 ta namuna olindi va ushbu mag‘izlar o‘lchamlari bo‘yicha ajratib chiqildi. 1-jadvalda fraksiyalar bo‘yicha mag‘izni saralashdan oldingi o‘lchamlari berilgan.

Qurilma uchun olingan parametrlarda saralash mashinasi talab etadigan to‘liq energiyani quyidagi rasmdan ko‘rish mumkin.



**13-rasm. Mashinadagi kinetik va potentsial energiyaning o‘zgarishi**

Saralash aniqligi sifatida mag‘izning har bir fraksiyalar bo‘yicha belgilangan tynukdan tushishini hisobga oluvchi ko‘rsatkich olindi. Saralash unumdorligi sifatida mashinaning bir soatda qancha mag‘izni saralashi nazarda tutildi. Matematik modellashtirish natijasida olingan parametrlar qiymatlari asosida tayyorlangan eksperiment qurilmasida tajriba o‘tkazildi va 2-jadvaldagi natijalar olindi.

1-jadval

## Mag'izni saralashdan oldingi o'lchamlari

Namuna	Mag'izni uvoq holati (kg)	1/8 bo'lak holati (kg)	1/4 bo'lakdagi holati (kg)	1/2 va butun holati (kg)
$N_1$	0,4	0,7	1,2	7,7
$N_2$	0,3	0,9	1,1	7,7
$N_3$	0,4	0,8	1,3	7,5
$N_4$	0,6	0,5	1	7,9
$N_5$	0,5	0,6	1,1	7,8
$\sum N$	0,44	0,7	1,14	7,72

2-jadval

## Mag'izni saralashdan keyingi o'lchamlari

Namuna	Mag'izni uvoq holati (kg)	1/8 bo'lak holati (kg)	1/4 bo'lakdagi holati (kg)	1/2 va butun holati (kg)
$N_1$	0,31	0,81	1,44	7,44
$N_2$	0,24	0,94	1,39	7,43
$N_3$	0,33	0,91	1,51	7,25
$N_4$	0,55	0,65	1,14	7,66
$N_5$	0,41	0,7	1,32	7,57
$\sum N$	0,37	0,80	1,36	7,47

Tajriba-sinovlarni olib borishda o'rganilgan tahlillar va nazariy tadqiqotlar hamda ularning natijalariga asosan aniqlangan qiymatlar, ya'ni tebranish amplitudasi, elak ishchi qism uzunligi va qiyalik burchaklarining o'zgarishiga bog'liq holatda saralash aniqligi hamda mashinada saralash unumdorligi bir omilli va ko'p omilli tajribalar asosida o'rganildi va regressiya tenglamalari olindi.

Saralash unumdorligi ( $Y_1$ )ni aniqlashda uchta omillarga belgilash kiritib olindi tebranish amplitudasi ( $X_1$ ), elak uzunligi ( $X_2$ ) va elak qilayik burchagi ( $X_3$ )

$$Y_1=282,69+3,81X_1-12,19X_2-10,69X_3+6,69X_1X_2-8,31X_1X_3-26,81X_2X_3-4,19X_1X_2X_3$$

Saralash aniqligi ( $Y_2$ ) bo'yicha quyidagi tenglamaga erishildi.

$$Y_2=86,81+0,06X_1-2,81X_2+4,44X_3+0,69X_1^2+0,43X_1X_2-2,31X_1X_3+0,81X_2^2+0,5X_3^2$$

Dissertatsiyaning "Ishlab chiqilgan yong'oq mag'izini saralash mashinasining texnik-iqtisodiy asoslanishi" deb nomlangan to'rtinchi bobida yong'oq mag'izini saralash mashinasining qisqacha texnik tavsifi, sinov natijalari va uning iqtisodiy unumdorligi keltirilgan.

Mashinaning tajriba nusxasi sinovlarda belgilangan texnologik jarayonni ishonchli bajardi va uning ish ko'rsatkichlari qo'yilgan talablarga to'liq mos keldi. Yong'oq mag'izini saralash mashinasi 300 kg/soat unumdorlikda ishlab, qo'l mehnati bilan ishlatib kelinayotgan uskunalarni mexanizatsiyalashtirishga olib keladi. Mashina bir oyda 17.8 mln. so'm iqtisodiy samara olish imkonini beradi.

## XULOSA

1. Mavjud adabiyotlar, dissertatsion tadqiqotlar va elektron resurslarni o'rganishdan ma'lumki bo'ldiki, yong'oq mag'izini saralash mashinalari konstruksion tuzilishi bajarilgan tadqiqotlarda elakning tebranish parametrlari va geometrik o'lchamlari orasidagi munosabatlar etarlicha o'rganilmagan. Ya'ni elakning o'rnatish burchagi va elakdagi tuynuklar o'lchamlari tadqiq etilmagan;

2. Mahalliy hududlarda etishtirilayotgan yong'oq mag'izlarining massasi va hajmi yong'oq navlariga qarab bir biridan farq qilib, massasi 3,75-11,92 gramm, hajmi 3,5-9,5 sm<sup>3</sup> ekanligi aniqlandi;

3. Olib borilgan ilmiy izlanishlar natijasida tebranma harakat hosil qilib, ma'lum gradus ostida joylashgan hamda doira simon tuynuklardan iborat ishchi qismdan tashkil topgan takomillashgan yong'oq mag'izini saralash mashinasi konstruksiyasini ishlab chiqish va parametrlarini asoslash vazifasi belgilandi;

4. Tebranayotgan elak bilan mag'iz ta'sirlashuvda reaksiya kuchining qiymati mag'iz massasiga proporsional bo'lib,  $\pm 0,07$  N amplituda bilan tebranishi hamda reaksiya kuchining amplitudasi maqbul qiymati 0,01 N bo'lishi aniqlandi.

5. Reaksiya kuchining 0,01 N qiymatida elakning o'rnatilish qiyalik burchagi 200 bo'lishi aniqlandi.

6. Mag'izning elak bo'ylab harakatlanishida birlik vaqtda bosib o'tadigan masofasi 1200 mm ni tashkil qilib bu vaqt oralig'ida mag'izning butun holati 10 marotaba tuynuk darchalari bilan uchrashadi va bu masofada to'liq elak tuynugidan pastga o'tishga ulguradi. Shuning uchun elak uzunligi 1200 mm bo'lishi aniqlandi.

7. Yong'oq mag'izini saralash mashinasida tebranma harakatni hosil qilish uchun qo'yilgan prujinaning elastiklik kuchiga bog'liq holatda tebranma harakatdagi amplituda qiymati 12 mm bo'lishi nazariy hisoblardan aniqlandi;

8. Mashinaning tebranuvchi tizim uchun 750 Vt quvvat sarflanadi. Dempferlashda ko'pi bilan to'rtta prujina evaziga 80 Vt, qo'shimcha mexanizmlarda esa to'la energiyaning 10% miqdorida ya'ni, 75 Vt yo'qotiladi. Shundan kelib chiqib mashina uchun 900 Vt quvvat talab etiladi. Shuning uchun mashinani ishlatilishida 1000 Vtli elektrodvigatel tanlandi.

9. Matematik modellashtirish asosida olingan natijalar bilan tajribalar olib borilganda ish ko'rsatkichlari eng yaxshi qiymatlari saralash yuzasining uzunligi 1200 mm, saralash yuzasining qiyaligi 20°, saralash yuzasining amplitudasi 12 mm bo'lishi aniqlandi.

10. Eksperimentlarni matematik rejalashtirish orqali mashinaning maqbul qiymatlarini aniqlovchi regressiya tenglamalari ishlab chiqildi va regressiya tenglamalarini birgalikda echishda elak qiyalik burchagi 20°, tebranma harakat amplitudasi 12 mm va elak uzunligi 1200 mm bo'lganda mashina saralash unumdorligi 300 kg/soat dan hamda saralash aniqligi 97 % dan kam bo'lmasligi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.05/30.06.2021.Т.126.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ АНДИЖАНСКОМ ИНСТИТУТЕ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И АГРОТЕХНОЛОГИЙ**

---

**АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**ХУРРАМОВА ЗИЛОЛА ГАЙРАТОВНА**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИНЫ ДЛЯ  
СОРТИРОВКИ ЯДЕР ОРЕХОВ И ОБОСНОВАНИЕ ЕЁ ПАРАМЕТРОВ**

**05.07.01 – Сельскохозяйственные и мелиоративные машины.  
Механизация сельскохозяйственных и мелиоративных работ**

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)  
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Андижан – 2025**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2023.3. PhD /Т3993.

Диссертация выполнена в Андижанском машиностроительном институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещён на веб-сайте Научного совета ([www.andqxai.uz](http://www.andqxai.uz)) и в Информационно-образовательном портале «Зиёнет» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Мирзаев Отабек Абдирахимович**  
доктор философии по техническим наукам,  
доцент

**Официальные оппоненты:**

**Игамбердиев Аскар Кимсанович**  
доктор технических наук, профессор

**Муродов Рахимжон Хакимжонович**  
доктор философии по техническим наукам,  
доцент

**Ведущая организация**

**Центр сертификации и испытаний  
сельскохозяйственной техники и  
технологий**

Защита диссертации состоится 12 «01» 2025 г. в 10:00 часов на заседании Научного совета по присуждению научных степеней PhD.05/30.06.2021.Т.126.02 при Андижанском институте сельского хозяйства и агротехнологий. (Адрес: 170600, Андижанская область, Андижанский район, Куйганяр, улица Олийгох, дом № 1. Тел./факс: (+99874) 373 13 63, e-mail: [admission@andqxai.uz](mailto:admission@andqxai.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Андижанского института сельского хозяйства и агротехнологий (зарегистрирована за № 6505/2). (Адрес: 170600, Андижанская область, Андижанский район, Куйганяр, улица Олийгох, дом № 1. Тел./факс: (+99874) 373 13 63, e-mail: [admission@andqxai.uz](mailto:admission@andqxai.uz)).

Автореферат диссертации разослан « 10 » 01 2025 года.

(протокол реестра рассылки № 18 от « 08 » 01 2025 года.)



  
**Р.Ж.Тажиев**  
Заместитель председателя научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., профессор.

**Р.А.Абдирахмонов**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, к.т.н., доцент.

  
**К.Косимов**  
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.ф.т.н., профессор.

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (PhD))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время на мировом рынке спрос на качественные показатели продукции при производстве продуктов питания и переработке сырья отражается на себестоимости продукции-сырья. В частности, эту ситуацию можно увидеть по различиям в ценах на различные виды орехов с твердой скорлупой и их ядра, отсортированные по размеру. Например, в случае с ядром грецкого ореха цена отсортированного ядра оценивается на 70-80% выше, чем цена несортированного ядра. ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время на мировом рынке спрос на качественные показатели продукции при производстве продуктов питания и переработке сырья отражается на себестоимости продукции-сырья. В частности, эту ситуацию можно увидеть по различиям в ценах на различные виды орехов с твердой скорлупой и их ядра, отсортированные по размеру. Например, в случае с ядром грецкого ореха цена отсортированного ядра оценивается на 70-80% выше, чем цена несортированного ядра. Сегодня мировой объем производства и переработки орехов достиг 2,8 млн тонн. Однако внедрение машин для сортировки ядер орехов по качественным показателям требует практического подхода. В этом контексте важное значение имеет использование высококачественной техники и оборудования, а также энергоэффективных технологий для сортировки ядер орехов.

В этой области большое внимание уделяется созданию недорогих малых моделей сортировочных устройств для переработки больших объемов ореховых ядер, предназначенных для промышленного масштаба, а также для малых производителей, работающих сезонно, с целью экономии энергии и ресурсов, а также совершенствованию существующих сортировочных устройств.

В нашей стране ежегодно выращивается около 600 000 тонн грецких орехов<sup>2</sup>. С учетом растущего спроса на их переработку, реализуются масштабные мероприятия по созданию новых высокоэффективных, энергоэкономичных поколений сортировочных устройств, и достигнуты определенные результаты. В Стратегии на 2020-2030 годы, в том числе, обозначены важные задачи, такие как «... укрепление правовой базы взаимоотношений между субъектами, занимающимися производством, переработкой и продажей сельскохозяйственной продукции, привлечение инвестиций в отрасль, внедрение ресурсоэффективных технологий, а также обеспечение сельскохозяйственных производителей современным

---

1. Шахбандех М. Валнут продустион ворлдвиде 2012/13-2024/24 // Публишед бй, Нов 6, 2023 (<https://www.статиста.ком/статистисс/675967/валнут-продустион-ворлдвиде>)

2. Мирзайев О.А. Ёнғоқ чақиш машинаси конструкциясини такомиллаштириш ва параметрларини асослаш: Диссертация (ПхД) – Андижон, 2020 .- Б. 120

оборудованием...». В реализации этих задач, в частности, важным аспектом является создание модернизированных сортировочных машин, включая анализ взаимодействия ореховых ядер с рабочей поверхностью машины, определение аналитических зависимостей между основными параметрами машины и объемными характеристиками ореховых ядер, а также создание машин с учетом их параметров и рабочих режимов.

Указ Президента Республики Узбекистан от 23 октября 2019 года № РР-5853 «О утверждении стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы», а также Указ Президента Республики Узбекистан от 1 июня 2017 года № РҚ-3025 «Об образовании Союза производителей и экспортеров орехов и организации его деятельности», Постановление Президента Республики Узбекистан от 5 апреля 2023 года № РҚ-113 «О дополнительных мерах по расширению и поддержке производства и переработки сельскохозяйственной продукции в 2023 году», а также другие нормативно-правовые акты, касающиеся данной деятельности, определяют задачи, выполнение которых в определенной степени поддерживает данная диссертационная работа.<sup>3</sup>

**Связь исследования с основными приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики.** Данная исследовательская работа соответствует приоритетному направлению развития науки и технологий Республики ИИ. «Энергетика, энергосбережение и ресурсосбережение».

**Степень изученности проблемы.** За рубежом научные исследования по созданию сортировочных машин для ореховых ядер, изучению их рабочих характеристик и обоснованию параметров проводили Фернанда Роберто де Мелло, Ди Канг, Ёнг Ванг, Исмоил С.О., Леибо Хиаоп, Сун Ёнг, Санг Хао, Е Вей, Ванг Хонгбо, Хайман Саид, Эйитоппе И. Аладе, Олуфемиде А. Коя, Гхарибзахеди, Гюнтер М., Дурсун Э., В.М. Чаус, Н.В. Шабуров, Б.М. Юна, К. Баганз и другие..

Научные изыскания по исследованию сортировочных машин и оборудования в Республике проводились Н.Баракаевым, Г.Бахадыровым, Э.Исмаиловым, Т.Сафаровым, Б.Умаровым, Н.Одиловым, А.Элмановым и др.

Машины и устройства, созданные на основе результатов этих исследований, продолжают использоваться, достигая определенных положительных результатов. Однако в указанных работах недостаточно изучены рабочий процесс и обоснование размеров машин, сортирующие ядра орехов по размеру.

**Связь исследования с планом научно-исследовательской работы высшего учебного или научно-исследовательского учреждения, в котором выполнена диссертация.** Данная диссертационная работа выполнена в рамках инновационного проекта Андижанского

---

3. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-3025 "Об образовании Союза производителей и экспортеров орехов и организации его деятельности" от 1 июня 2017 года

машиностроительного института на тему С201912183 «Создание, изготовление, испытание и внедрение экспериментального образца энергоэффективной машины для раскалывания орехов» (2020-2021) и стартап-проекта на тему С-ПФ-144 «Раскалывание и переработка плодов с твердой скорлупой» (2023-2024).

**Цель исследования** заключается в разработке усовершенствованной конструкции машины для сортировки ядер орехов по размерам и обосновании её параметров.

**Задачи исследования:**

- провести аналитическое изучение конструктивной структуры и параметров существующих сортировочных машин, а также изучить и определить геометрические и физические характеристики грецкого ореха на местных территориях;

- определить аналитические и функциональные связи между геометрическими и динамическими параметрами на основе определения конструктивной структуры сортировочной машины;

- определить оптимальные технические параметры диаметра отверстия сита, угла отклонения сита относительно горизонта, геометрических размеров и колебательного движения сита на основе функциональных связей, полученных в результате аналитического анализа;

- провести проектирование и изготовление опытно-испытательной модели сортировочного устройства на основе технических и геометрических параметров, определённых для вибрации и размеров сита, провести экспериментальные испытания на точность сортировки, производительность сортировки сита в опытно-испытательной модели подготовленной сортировочной машины;

- по результатам проведённых опытно-испытательных работ определить технико-экономические показатели машины.

В качестве **объекта исследования** были выбраны сортировка орехового ядра, а также основные параметры технологии и машины, выполняющей эти задачи, а также её рабочие процессы.

**Предмет исследования** состоит в процессе взаимодействия ореховых ядер с рабочей поверхностью сортировочной машины, аналитических связей, выражающих основные параметры сортировочной машины и объёмные свойства ореховых ядер, а также закономерностях изменения точности сортировки в зависимости от способов определения их параметров и режимов работы.

**Методы исследования.** В процессе исследования использовались методы математического анализа, теоретической механики, законы и правила математической статистики, математическое планирование экспериментов, а также методы, изложенные в стандартах «Орехи грецкие. Технические условия» и «Ядро ореха грецкого. Технические условия».

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

- усовершенствование конструкции машины для сортировки ядер орехов

путем обеспечения ее геометрическими размерами и оснащения круглыми отверстиями;

- аналитические зависимости между геометрическими и динамическими параметрами ядер орехов, определенные на основе уравнений Лагранжа второго рода, для характеристик колебательного движения машины;

- аналитические зависимости, определяющие угол установки сита и его частоту, а также зависимость от частоты и амплитуды колебаний вибрирующего сита;

- определение зависимости амплитуды колебаний рабочей поверхности сортировочного устройства от точности сортировки и производительности на основе регрессионных уравнений. разработана конструкция сортировочной машины с круглыми отверстиями, которая сортирует ядра по геометрическому размеру с высокой точностью;

**Практические результаты исследования** состоят в следующем: обоснованы параметры машины для сортировки ореховых ядер по размерам, обеспечивающие высокое качество работы при низком энергопотреблении;

применение предлагаемой машины для объемной сортировки ореховых ядер обеспечивает качественную сортировку на уровне спроса и позволяет снизить эксплуатационные расходы.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обусловлена тем, что исследования проводились с применением современных методов и средств измерений, соблюдены основные правила и методы высшей математики и теоретической механики при теоретическом обосновании параметров и режимов работы машины по объемной сортировке ореховых ядер, результаты экспериментов обрабатывались методами математической статистики, взаимосоответственность результатов теоретических и прикладных исследований объясняется положительными результатами испытаний разработанной сортировочной машины и её внедрением в практику.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость исследовательской работы объясняется тем, что обоснованы параметры рабочих частей машины для объемной сортировки ореховых ядер, обеспечивающие требуемый уровень качества работы, а полученные математические модели и аналитические связи могут быть использованы при исследовании параметров других аналогичных рабочих органов.

Практическая значимость результатов исследований заключается в том, что при применении разработанной машины для сортировки ореховых ядер обеспечивается высокая точность сортировки, достигается снижение трудозатрат и повышение производительности труда при минимизации повреждений ядер.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных результатов по совершенствованию конструкции и обоснованию параметров машины для сортировки ореховых ядер:

- опытная копия разработанной машины для сортировки орехов

внедрена в садоводческих хозяйствах ООО «МЎЖИЗА САВДО ПЛЮС» и «Исмоил ҳожи» Андижанской области (Справка Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан № 06/27-05/234 от 17 января 2024 года). В результате процесса сортировки на разработанной машине производительность составила 300 кг/час. В процессе сортировки ядер достигается разделение точности сортировки на 97%. В результате внедрения сортировочной машины была достигнута прибыль 17,8 млн. сумов в месяц.

**Апробация результатов исследования.** Результаты исследования обсуждались на 2 республиканских и 2 международных научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Всего по теме диссертации опубликовано 12 научных работ, из них 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание учёной степени доктора философии (PhD). Из них 4 статьи опубликованы в республиканских и 3-в зарубежных журналах. Также получено свидетельство Агентства интеллектуальной собственности на 1 программное обеспечение..

**Структура и объем диссертации.** Содержание диссертации состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации - 123 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

Во **введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, описываются цели и задачи исследования, его объект и предмет, указывается соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается научная и практическая значимость полученных результатов, приведены данные по внедрению результатов исследования в практику, по опубликованным работам и структуре диссертации.

В **первой главе** диссертации, озаглавленной «**Анализ научно-исследовательских работ**», анализируется современное состояние и тенденции развития технологических машин для сортировки сельскохозяйственной продукции, а также условия их использования в процессе сортировки.

Для разработки конструкции сортировочной машины для ореховых ядер были изучены технические, физические свойства ядер местных сортов орехов в разрезе регионов. Проанализировано конструктивное устройство сортировочной машины для ореховых ядер.

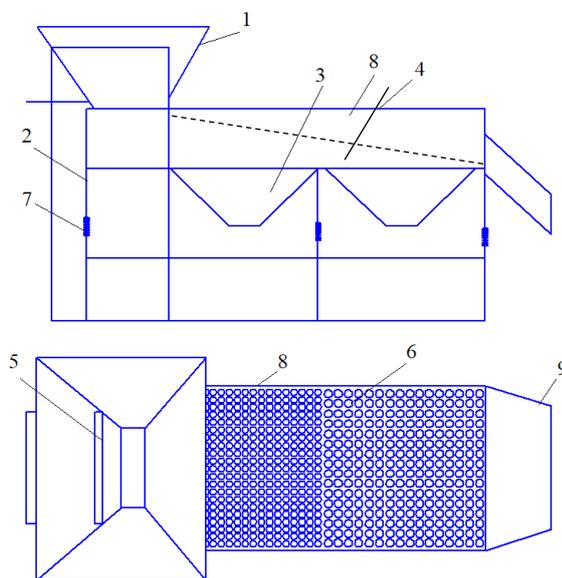
С целью выявления отличий ядер орехов, выращиваемых в разрезе регионов, были изучены свойства ядер, привезенных из разных регионов.

На основе анализа научных источников, изучения технологического процесса сортировки и современного состояния машин обоснована

необходимость разработки простого и недорогого технического устройства машин для сортировки ядер орехов для получения широкого спектра применения и экономической эффективности в медицинской, кондитерской отраслях промышленности, качественного конкурентоспособного продукта.

Во второй главе диссертации (Исследования по разработке конструкции машин для сортировки ядер орехов и обоснованию ее параметров) представлены результаты исследований по механизации сортировочного оборудования, используемого при сортировке ореховых ядер, а также по совершенствованию существующих машин, теоретическому обоснованию параметров конструкции и рабочих частей разрабатываемой машины. Теоретическое исследование предусматривало сортировку по трем размерам в сортировочной машине, анализируя колебательное движение сита с круглыми отверстиями на малых амплитудах. На основании полученных результатов математическим моделированием были определены геометрические размеры сортировочной машины, оптимальные значения угла расположения сита относительно горизонтального направления.

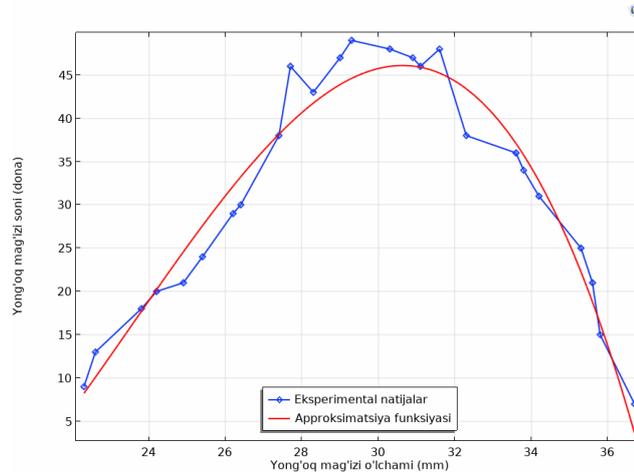
Предлагаемая сортировочная машина для ореховых ядер состоит из следующих компонентов: 1 - бункер для вставки ореховых ядер, 2 - рама сортировочной машины для ядер, 3 - бункер для спуска отсортированных ядер, 4 - стенка сортировочного сита для ядер, 5 - измеритель, обеспечивающий опускание ядра до заданного уровня, 6 - вращающееся отверстие рабочей части сита, 7 - пружина, 8 - сито и 9 - жёлоб для спуска целых и половинчатых ядер (рис.1).



**Рисунок 1. Схема предлагаемой сортировочной машины для ореховых магазинов**

Размеры отверстий машин для сортировки ореховых ядер были определены в результате многочисленных экспериментов. При этом ядра были разделены на 5 групп, которые различались интервалами в 3 мм, так как размер ядра варьировался от 22 мм до 37 мм. Средние размеры и массы

ореховых ядер в каждой группе оценивались методом вероятностной математической статистики и размеры отверстий определены (рис.2).



**Рисунок 2. График связи между количеством ядер и их размерами**

Было проанализировано колебательное движение исследуемой машины относительно центра тяжести и составлено уравнение Лагранжа 2-го рода для устройства. При этом использовалась общая схема машины, представленная на рисунке 3.

Получим дифференциальное уравнение колебания рассматриваемой машины в горизонтальном направлении относительно точки  $O_1$ :

$$\frac{I}{y_c^2} \ddot{x} + C_t x = -b\dot{x} + F_0 \sin(\omega t + x_1) \quad (1)$$

Уравнение (1) приведём в нормальный вид:

$$b\dot{x} = \beta \frac{h_d}{y_c} \dot{x};$$

Коэффициент демпферирования:

$$b = \frac{h_d}{y_c} \beta$$

$$\beta = \frac{y_c}{h_d} b \quad (2)$$

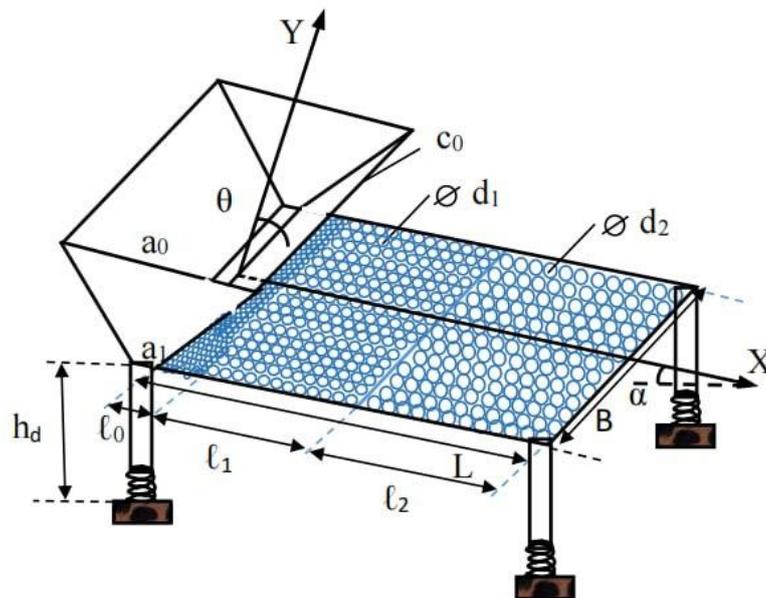
$$\ddot{x} + \frac{C_t y_c^2}{I_t} x + \frac{b y_c^2}{I_t} \dot{x} = \frac{F_0 y_c^2}{I_t} \sin(\omega t + \gamma_0)$$

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + k^2 x = h_0 \sin(\omega t + \gamma_0) \quad (3)$$

$$2n = \frac{b y_c^2}{I_t} - \text{сдвоенный искусственный коэффициент}; \quad (4)$$

$$k^2 = \frac{C_t y_c^2}{I_t} - \text{квадрат циклической частоты колебания};$$

$$h_0 = \frac{F_0 y_c^2}{I_t} - \text{коэффициент колебания.}$$



**Рисунок 3. Общая схема машины.**

Определяем решение уравнения (3) через общее решение одночленного уравнения и сумму частных решений неоднородного уравнения. Результатом является вибратсионное движение устройства  $t = 0$ ;  $x = x_0$ ,  $\dot{x} = \dot{x}_0$ .

Придерживаясь начальных условий, получаем следующую закономерность колебаний:

$$x = e^{-nt} \left( x_0 \text{Cos} k_1 t + \frac{\dot{x}_0 + n x_0}{k_1} \text{Sin} k_1 t \right)$$

$$k_1 = \sqrt{k^2 - n^2}$$

для решения уравнения (3) неоднородного вида мы получаем следующий результат для  $x_2$ :

Уравнение колебательного движения результирующей ситовой системы:

$$x_2 = \frac{h_0}{\sqrt{(k^2 - \omega_2^2)^2 + 4n^2 \omega_2^2}} \text{Sin}(\omega_2 t + \delta - \varepsilon) \quad (4)$$

Выражение под корнем должно быть наименьшим, чтобы достиг максимальной амплитуды колебаний:  $f(\omega_2) = (k^2 - \omega_2^2)^2 + 4n^2 \omega_2^2 \rightarrow \min$ , то есть  $\frac{df(\omega_2)}{d\omega_2} = 0$

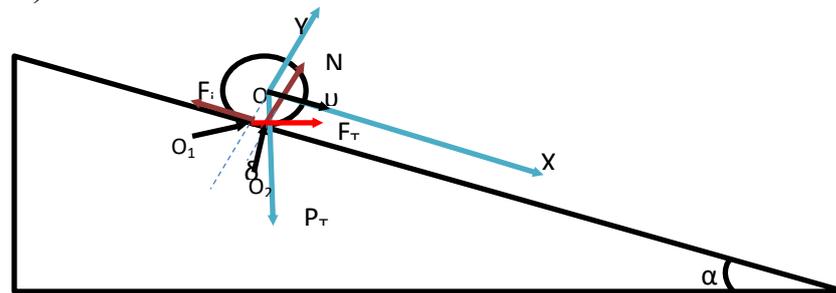
$$(5)$$

В результате получаем амплитудно-частотную, фазово-частотную характеристики:

$$A = \frac{\frac{h_0}{k^2}}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega_2}{k}\right)^2\right)^2 + 4\left(\frac{n}{k}\right)^2 \left(\frac{\omega_2}{k}\right)^2}}$$

$$\varepsilon = \operatorname{arctg} \left( \frac{2 \frac{n \omega_2}{k k}}{1 - \frac{\omega_2^2}{k^2}} \right); \quad (6)$$

Когда сито сортировочной машины расположено под углом к горизонтальному направлению, на сито действует сила тяжести, сила трения при качении и скольжении, а также периодический гармонический импульс силы, возникающий в результате колебательного движения сита. Эти силы можно сгруппировать в зависимости от их природы. Обозначим силы, связанные с колебательным движением сита, как  $F_t$ , а сумму сил трения — как  $F_i$  (см. рис. 4).



**Рисунок 4. Схема расчета колебательного движения машины**

Известно, что геометрическая форма большей части всего орехового ствола овальная и состоит из углублений и бугорков разной степени заостренности. При движении по сити эти неровности зацепляются за отверстия сита, в результате воздействия создаётся вращающий момент силы относительно точки контакта. В результате количество направлений, по которым оно может двигаться, ограничено. Способность овального ореха катиться по длине косо расположенного сита значительно выше по сравнению с движением в других направлениях, поскольку его устойчивое положение равновесия существует в лежащем положении по длине. Поэтому при катании в наклонной плоскости длинное направление ядра остаётся перпендикулярным направлению движения. Исходя из этой идеи, можно сказать, что направление вращения ядра будет проходить в направлении оси ОХ. Производим расчёты относительно центра тяжести ядра. Заменим его на сферу овальной формы, равной по объёму и массе. При расчётах учитываем коэффициенты, влияющие на зацепление за сито.

На рисунке 4 показаны силы, действующие на сферу в сите. Принимая их во внимание, запишем второй закон Ньютона относительно координат ОХУ.

$$\begin{cases} m_y \ddot{x} = F_T \cos \alpha + P \sin \alpha - F_i \\ I \ddot{\alpha} = F_i r + F_T r \cos \alpha = F_s r \\ m \ddot{y} = F_T \sin \alpha + N - P \cos \alpha \end{cases} \quad (7)$$

Сила трения, действующая на сито, будет состоять из суммы гармонической силы  $F_T$ , создаваемой вибрацией сита, и сил трения при качении в отсутствие вибрации. Сила, возникающая при вибрации сита, может быть выражена в виде суммы сил деформации Гука и демпфирования, как свойства пружины:

$$F_T = -cx_e - \beta\dot{x}_e \quad (8)$$

в этом случае  $c$  – вязкость пружины;  $\beta$  - коэффициент демпфирования;  $X_e$  - смещение сита за счет вибрации.

Можно сказать, что сила трения представляет собой сумму силы трения при качении  $F_i$  и проекции импульса силы при колебательном движении на ось ОХ.:

$$F_i = \frac{\mu N}{r} \quad (9)$$

Результирующая сила трения

$$F_f = F_T \cos \alpha - F_i \quad (10)$$

Воздействие вибрирующего сита и ядра можно определить по пластоэластической модели Бингема, так как данная модель определяется параметрами и сочетаниями элементов упруго-пластических и вязкостных свойств среды. Силу сцепления в отверстиях ядра можно рассматривать как силу упругости и вязкости.

Поэтому взаимодействие сита и ядра можно рассматривать как упруговязкие и упруго-пластические элементы.

Тот факт, что ядра занимают поверхность сита, невелик, что означает, что сила, с которой ядра удерживают друг друга, когда они расположены редко, может считаться недостаточной. Однако под воздействием вибрации сита сила, оказываемая ситом на ядра, втянутые в отверстия, становится значимой. Под действием этой силы ядро перепрыгивает через сито, меняя направление и скорость движения. В тех местах, где отверстие не засорено, действует гармоническая сила, пропорциональная скорости просеивания. Эта сила периодически меняет направление сита в соответствии с фазой его вибрации.

Сила, действующая на очень маленькую поверхность вибрирующим движущимся ситечком, заставляет ядро относительно вращательно перемещаться в направлении оси ОХ. Однако по отношению к направлению ОУ она заставляет его подпрыгивать вверх. Следовательно, рассматривая колебательное движение сита как пропорциональное его скорости

$$F_T \sim \dot{x}_y$$

Эту силу можно оценить, давая коэффициент пропорциональности через коэффициент трения между поверхностями сита орехового ядра:

$$F_T = \mu_1 \dot{x}_y \quad (11)$$

Тогда система уравнений (7) будет иметь следующие решения: По оси

$$x = \frac{bt^2}{2} + \left( v_0 + \frac{a}{\omega_2} \sin \gamma_0 \right) t - \frac{a}{\omega_2^2} \cos(\omega_2 t + \gamma_0) + \frac{a}{\omega_2^2} \cos \gamma_0 \quad (12)$$

Уравнение вращательного движения будет:

$$\varphi = -\frac{A_\varphi}{\omega_2} \cos(\omega_2 t + \gamma_0) + \frac{b_\varphi t^2}{2} - \frac{A_\varphi}{\omega_2} \sin \gamma_0 \cdot t + \frac{A_\varphi}{\omega_2^2} \cos \gamma_0 \quad (13)$$

Для перемещения грецких орехов в сите в вертикальном направлении

$$y = -\frac{\mu_1 A}{m\omega_2} \sin \alpha \cos(\omega_2 t + \gamma_0) + \left[ \frac{N}{m} - g \cos \alpha \right] \frac{t^2}{2} - \frac{\mu_1 A}{m} \sin \gamma_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{\mu_1 A}{m\omega_2} \sin \alpha \cos \gamma_0; \quad (14)$$

С целью обоснования характерных параметров сортировочной машины на основе аналитических выражений, полученных из вычислительных уравнений, были выполнены расчёты на физическом интерфейсе “Multibody Dynamics” раздела “Solid Mechanics” платформы “COMSOL Multiphysics 6.1”. Машина была прикреплена к неподвижному основанию через основание с четырьмя пружинами, и считалось, что в нижней части основания есть пружина.

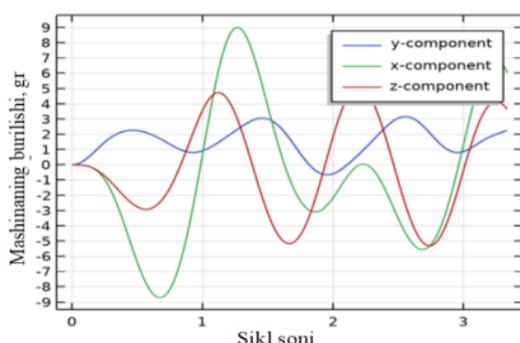
На рисунках 5-6 ниже показано колебательное движение качающейся части разработанной сортировочной машины. На рисунке 5 показан поворот, вызванный колебательным движением машины относительно направлений OX, OY, OZ при трёхкратном раскачивании. Из рисунка 6 видно, что сила колебания, оставшаяся вне влияющего направления, совершает вращательное движение относительно центра момента даже в меньших направлениях. Сито также вибрирует в вертикальном направлении с небольшой амплитудой 5 мм, и сито движется вверх и вниз. В направлении OY, перпендикулярном ситу, также происходит круговое движение. Оказывается, в этом рассматриваемом случае его амплитуда почти в два раза больше, чем в меньшем направлении. В результате периодического действия силы колебания по оси OX сито совершает сложное вращательное движение.

Пространственно-колебательный характер сита можно увидеть на рисунке 6. Быстрое изменение значения амплитуды колебательного движения сита резко снижает качество сортировки. Поэтому оно демпфируется, чтобы ограничить его движение. Важно учитывать потери энергии в обмен на демпфирование. Потери энергии в каждой из четырёх пружин рассматриваемой машины показаны на рисунке 7.

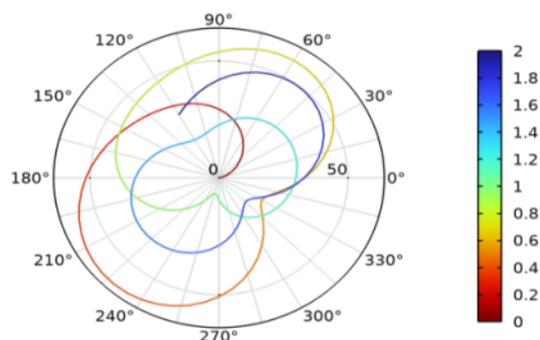
Здесь отображено состояние трёхкратного колебания сита. Как видно из рисунка 6, в пружине, расположенной на конце машинного сита, колебания энергии минимальны, в пружинах 3 и 4 со стороны бункера степень колебаний больше. Потому что это задано данным направлением.

Если обратить внимание на степень деформации, то и в этом случае наибольшее смещение наблюдается в 3-й и 4-й пружинах, как указано выше.

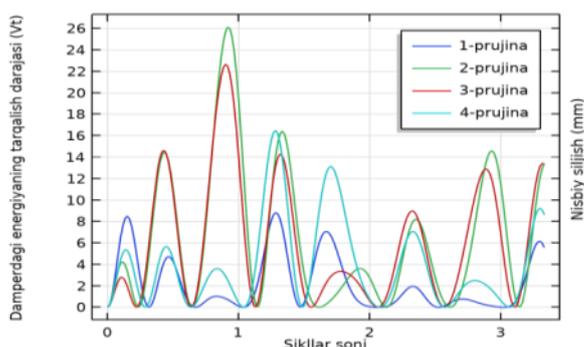
На рисунке 8 показана недемпфирующая вибрация. Из рисунка видно, что амплитуда сдвига изменяется до 42 мм в зависимости от кривизны пружины. Наименьшее смещение составляет около 12 мм. Эти данные используются для определения степени демпфирования.



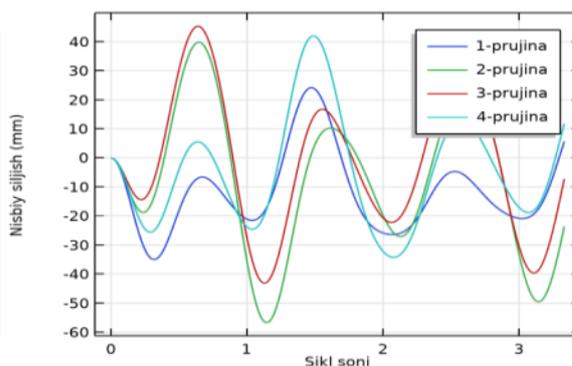
**Рисунок 5. Поворот машины относительно направлений OX, OY, OZ под влиянием**



**Рисунок 6. Пространственно-колебательное движение вилки**



**Рисунок 7. Энергия, затраченная на демпфирование**

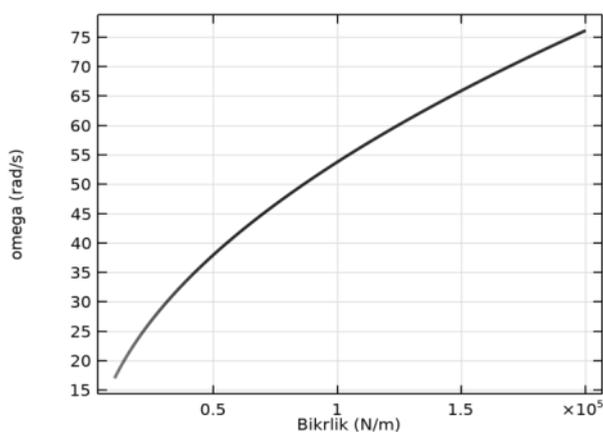


**Рисунок 8. Сдвиг пружины относительно состояния равновесия**

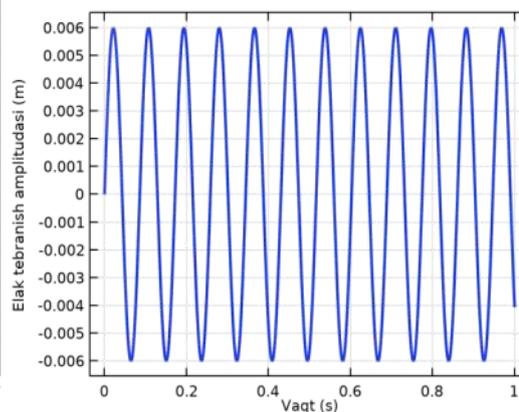
Известно, что амплитуда колебательного процесса, то есть смещение, неразрывно связана с жёсткостью пружины. Пружина, соответствующая частоте колебаний, выбирается из графика, представленного на рисунке 9, рассчитанного в результате аналитического анализа, проведённого на машине.

Большинство электродвигателей работают на частоте 1000 об/мин и выше. Для использования их на сортировочных машинах, работающих на малой частоте, возникает необходимость в использовании редукторов или шкивов. Это приводит к потере дополнительной энергии на шкивах или редукторах, а также к техническим неудобствам, и стоимость также увеличивается. Поэтому, чтобы не использовать такой многокаскадный шкив или редуктор, предполагалось разработать машину, работающую на частоте 750 об/мин. Циклическая частота машины, работающей на этой частоте, составляет 73,26 рад/с. Получается, что соответствующая этой частоте жёсткость пружины должна быть равна 200 000 Н/м.

График вибрации сита на основе вышеупомянутых параметров машины приведён на рисунке 10.



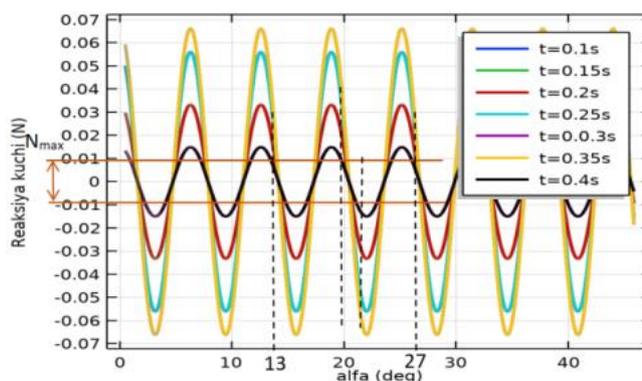
**Рисунок 9. Связь циклической частоты колебания сита с жёсткостью пружины машины**



**Рисунок 10. Характеристика колебания сита**

Обратим внимание на рисунок 10. На графике амплитуда продольных колебаний сита в горизонтальной плоскости по оси OX составила 12 мм. Эта величина будет равна проекции положения просеивающего отверстия, расположенного под углом  $\alpha$  относительно горизонтального направления.

Закономерность движения ядра в сите будет зависеть от частоты колебаний сита, угла расположения сита относительно горизонтального направления, силы реакции, действующей на сито, и степени упругости сита. Формулы соотношения этих величин полностью изложены в предыдущей теме. На рис. 11 показано изменение силы реакции при взаимодействии ядра с колеблющимся ситом в разные моменты времени. На нем графики, полученные в 3 из 7 различных моментов времени, накладываются друг на друга. Во всех моментах времени наблюдается, что при периодических углах существует наименьшая сила реакции, соответствующая вибрации сита. Такие углы необходимо определить относительно убывающей части графика.

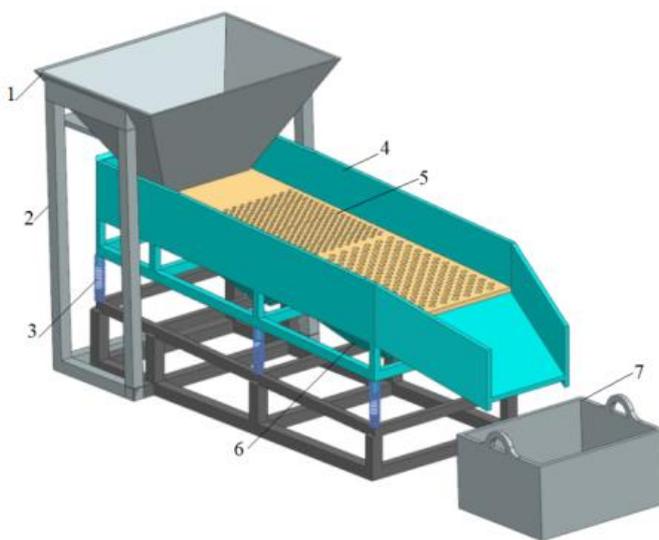


**Рисунок 11. Изменение силы реакции при взаимодействии ядра с колеблющимся ситом в разные моменты времени**

В противном случае сила, перемещающая ядра в сторону бункера, увеличивается, а производительность сита снижается. Минимальная сила, действующая на ядра, соответствует моменту времени  $t = 0,4$  с. Сила реакции будет наименьшей по сравнению с этим временем при выборе угла. Но такие случаи наблюдаются на углах  $13^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $27^\circ$ . Чтобы выбрать оптимальное значение этих углов, необходимо знать закон движения ядра ореха через сито под действием всех сил.

В третьей главе диссертации, озаглавленной "Экспериментальные исследования и их результаты", изложен план проведения эксперимента по сортировке орехового ядра, испытания его в лабораторных условиях. В результате теоретических исследований был подготовлен экспериментальный образец сортировочной машины. В сортировочной машине предусматривалось разделение орехового ядра на фракции трех размеров. В ходе экспериментальных испытаний были отобраны орехи, выращиваемые в нашей стране в разрезе регионов. Была разработана конструкция машины, позволяющая определить физико-механические свойства и обеспечить максимальную точность и качество сортировки, чтобы определить разницу между ядрами орехов в разрезе регионов, где выращиваются эти орехи. В лабораторных условиях поведение сита, состоящего из круглых отверстий, при взаимодействии с ядром рассчитывалось с помощью уравнений, основные параметры сортировочной машины которых определялись на основе теоретических исследований.

Для проведения опытных испытаний был разработан образец машины, показанный на рисунке 12.

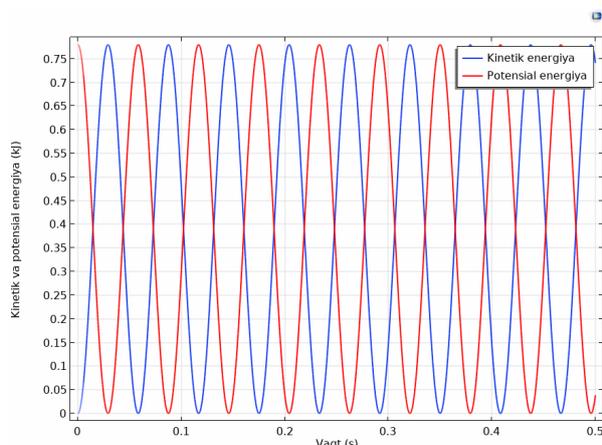


**Рисунок 12.** экспериментальный образец машины для сортировки ореховых ядер

Как видно из рисунка 13, для колебательной системы требуется 750 Вт мощности. При демпфировании максимум за счет четырех пружин теряется 80 Вт, а в дополнительных механизмах — 10% полной энергии, то есть 75 Вт. Требуется общая мощность 900 Вт. Поэтому можно использовать электродвигатель мощностью 1000 Вт.

В результате измерений стало ясно, что основные размеры массы ядра составляют около 7-8 г.

При сортировке ядер показатель качества также зависел от свойств ядра, а вязкость и влажность ядра влияли на степень износа при вибрационном движении. Исходя из этого, определялся уровень влажности воздуха. Было обнаружено, что при определении уровня влажности ядра орехов, выращенных на местной территории, он составляет около 10-13%.



**Рисунок 13. Изменение кинетической и потенциальной энергии в машине**

Для проведения эксперимента было взято 5 образцов по 10 кг, и эти ядра были разделены по размеру. В таблице 1 приведены размеры до сортировки по фракциям.

Полную энергию, необходимую сортировочной машине, в параметрах, полученных для устройства, можно увидеть на рисунке ниже..

**Таблица 1**

**Размеры ядер перед отбора**

Образец	Мелкое состояние ядра (кг)	Состояние 1/8 части (кг)	Состояние 1/4 части (кг)	Состояние 1/2 части и целого (кг)
$H_1$	0,4	0,7	1,2	7,7
$H_2$	0,3	0,9	1,1	7,7
$H_3$	0,4	0,8	1,3	7,5
$H_4$	0,6	0,5	1	7,9
$H_5$	0,5	0,6	1,1	7,8
$\sum N$	0,44	0,7	1,14	7,72

В качестве сортировочной точности был взят показатель, учитывающий падение ядра через обозначенное отверстие по каждой фракции. В качестве сортировочной производительности указывалось, сколько ядер машина может отсортировать за час. На экспериментальном приборе, подготовленном на основе значений параметров, полученных в результате математического моделирования, был проведен эксперимент и получены результаты, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

## Размеры ядер после отбора

Образец	Мелкое состояние ядра (кг)	Состояние 1/8 части (кг)	Состояние 1/4 части (кг)	Состояние 1/2 части и целого (кг)
$H_1$	0,31	0,81	1,44	7,44
$H_2$	0,24	0,94	1,39	7,43
$H_3$	0,33	0,91	1,51	7,25
$H_4$	0,55	0,65	1,14	7,66
$H_5$	0,41	0,7	1,32	7,57
$\sum N$	0,37	0,80	1,36	7,47

При проведении опытов на основе однофакторных и многофакторных экспериментов были изучены и получены уравнения регрессии, основанные на анализе и теоретических исследованиях, а также на их результатах, определяющих значения, а именно амплитуду колебаний, точность сортировки в зависимости от изменения длины сита и углов наклона, а также производительность машинной сортировки.

При определении производительности сортировки ( $Y_1$ ) было введено обозначение трех факторов: амплитуда колебаний ( $X_1$ ), длина сита ( $X_2$ ) и угол просеивания ( $X_3$ )

$$Y_1 = 282,69 + 3,81X_1 - 12,19X_2 - 10,69X_3 + 6,69X_1X_2 - 8,31X_1X_3 - 26,81X_2X_3 - 4,19X_1X_2X_3$$

С точки зрения точности сортировки ( $Y_2$ ) было достигнуто следующее уравнение.

$$Y_2 = 86,81 + 0,06X_1 - 2,81X_2 + 4,44X_3 + 0,69X_1^2 + 0,43X_1X_2 - 2,31X_1X_3 + 0,81X_2^2 + 0,5X_3^2$$

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Технико-экономическое обоснование разработанной машины для сортировки ореховых ядер», приводится краткое техническое описание машины для сортировки ореховых ядер, результаты испытаний и ее экономическая эффективность.

Опытный экземпляр машины надежно выполнил технологический процесс, установленный на испытаниях, а его эксплуатационные показатели полностью соответствовали предъявляемым требованиям. Сортировочная машина для ореховых ядер работает с производительностью 300 кг/час, что приводит к механизации оборудования, используемого при ручном труде. Машина позволяет получить экономический эффект в размере 17,8 млн сумов в месяц.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Из имеющейся литературы, диссертационных исследований и изучения электронных ресурсов известно, что в исследованиях, в которых выполняется конструктивное устройство машин по сортировке ядер орехов, взаимосвязь между параметрами вибрации и геометрическими размерами сита изучена недостаточно. То есть угол установки сита и размеры отверстий в сите не исследовались.

2. Масса и размер ядер орехов, выращиваемых в местных регионах, варьировались в зависимости от сорта ореха, и было установлено, что масса составляет 3,75–11,92 грамма, а объем — 3,5–9,5 см<sup>3</sup>;

3. В результате проведенных научных исследований была поставлена задача разработать и обосновать параметры усовершенствованной машины по сортировке ядер орехов, состоящей из рабочей части, расположенной под определенным углом и состоящей из круглых отверстий, генерирующих колебательное движение.

4. Установлено, что при взаимодействии ядра с колеблющимся ситом величина силы реакции пропорциональна массе ядра и колеблется с амплитудой  $\pm 0,07$  Н, а оптимальное значение амплитуды силы реакции — 0,01 Н.

5. Установлено, что при значении силы реакции 0,01 Н угол наклона установки сита равен  $20^{\circ}$ .

6. Расстояние, пройденное ядром за единицу времени при его движении по ситу, составляет 1200 мм, за это время ядро 10 раз встречается с отверстиями, и на этом расстоянии оно успевает пройти вниз по полному отверстию для сита. Поэтому было установлено, что длина сита составляет 1200 мм.

7. Из теоретических расчетов было установлено, что величина амплитуды колебательного движения в состоянии, зависящем от силы упругости пружины, помещенной в машину для сортировки ядер орехов с целью создания колебательного движения, составляет 12 мм.

8. Для колебательной системы машины требуется мощность 750 Вт. При демпфировании максимум за счет четырех пружин теряется 80 Вт, а в дополнительных механизмах — 10% полной энергии, то есть 75 Вт. Исходя из этого, для машины требуется мощность 900 Вт. Поэтому при использовании машины был выбран электродвигатель мощностью 1000 Вт.

9. При проведении экспериментов с результатами, полученными на основе математического моделирования, лучшие значения рабочих показателей определялись как длина сортировочной поверхности 1200 мм, наклон сортировочной поверхности  $20^{\circ}$ , амплитуда сортировочной поверхности 12 мм.

10. Путем математического планирования экспериментов были разработаны уравнения регрессии, определяющие оптимальные значения машины, и было установлено, что при совместном решении уравнений

регрессии, угле наклона сита  $20^\circ$ , амплитуде колебательного движения 12 мм и длине сита 1200 мм производительность сортировки машины не может превышать 300 кг/ч, а точность сортировки — менее 97%.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
PhD.05/30.06.2021.T.126.02 AT ANDIJAN INSTITUTE OF  
AGRICULTURE AND AGROTECHNOLOGIES**

---

**ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE**

**KHURRAMOVA ZILOLA GAYRATOVNA**

**IMPROVEMENT OF THE CONSTRUCTION OF THE WALNUT  
KERNEL SORTING MACHINE AND JUSTIFICATION OF ITS  
PARAMETERS**

**05.07.01 – Agricultural and Reclamation Machinery. Specialization in Mechanization of  
Agricultural and Reclamation Works.**

**ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) DISSERTATION IN  
TECHNICAL SCIENCES**

**Andijan – 2025**

The topic of the Doctor of Philosophy (PhD) dissertation in Technical Sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science, and Innovation with the registration number V2023.3.PHD/T3993.

The doctoral dissertation has been prepared at the Andijan machine-building institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is placed on the website of the Scientific Council ([www.andqxai.uz](http://www.andqxai.uz)) and of the website of the Information educational portal "Ziyonet" ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific supervisor:**

**Mirzayev Otabek Abdirakhimovich**  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences,  
Associate Professor

**Official opponents:**

**Igamberdiyev Askar Kimsanovich**  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences,  
Professor

**Murodov Rakhimjon Khakimjonovich**  
Doctor of Philosophy in Technical Sciences  
Associate Professor

**Leading organization:**

Center for Certification and Testing of  
Agricultural Machinery and Technologies

The defense of the dissertation is held at 10<sup>00</sup> on "25" 01 2025 on the basis at the Scientific Council PhD.05/30.06.2021.T.126.02 at the Andijan institute of agriculture and agrotechnologies (Address: 170600 Andijan region, Andijan district, Kuyganyor, Oliyogh Street, House 1. Phone/fax: (+99874) 373 13 63, e-mail: [admission@andqxai.uz](mailto:admission@andqxai.uz)).

The dissertation can be taken from the Information resource Centre of the Andijan institute of agriculture and agrotechnologies (registered under № 6505/14 Address: 170600 Andijan region, Andijan district, Kuyganyor, Oliyogh Street, House 1. Phone/fax: (+99874) 373 13 63, e-mail: [admission@andqxai.uz](mailto:admission@andqxai.uz)).

The dissertation abstract distributed on "10" 01 2025.  
(Protocol at the register № 18 dated "01" 08 2025).



**R.J.Tojiev**  
Chairman of the scientific council for  
awarding of scientific degrees, doctor of  
technical sciences, professor

**R.A.Abdiraxmonov**  
Scientific secretary of scientific council,  
awarding scientific degrees, candidate of  
technical science, docent

**K.Kosimov**  
Chairman of academic seminar under the  
scientific council awarding scientific  
degrees, doctor of technical sciences,  
professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

### **The aim of the research work.**

The aim of the research is to develop an improved machine design for sorting walnut kernels by size and to justify its parameters.

**As the object of the research**, the main parameters of the technology and the machine performing these tasks and its working processes were taken.

### **The scientific novelty of the research is as follows:**

- improvement of the machine design for sorting walnut kernels by ensuring its geometric dimensions and equipping it with circular holes;
- analytical relationships between the geometric and dynamic parameters of walnut kernels, determined based on second-order Lagrange equations for the oscillatory motion characteristics of the machine;
- analytical relationships defining the angle of installation of the sieve and its frequency, as well as the dependence on the frequency and amplitude of the oscillations of the vibrating sieve;
- determination of the relationship between the amplitude of oscillations of the working surface of the sorting device and the sorting accuracy and productivity based on regression equations.the construction of a sorting machine equipped with circular holes was developed, which sorts walnut kernels according to geometric size with high accuracy;

### **Implementation of research results.**

Based on the results obtained on the improvement of the construction of the walnut kernel sorting machine and the justification of its parameters:

the experimental copy of the developed walnut kernel sorting machine was introduced in the "MO‘JIZA SAVDO PLUS" LLC and "Ismail Hoji" horticultural farms in the Andijan region (Decision of the Ministry of Agriculture of the Republic of Uzbekistan dated 17/2024 - reference No. 06/27-05/234 of January). As a result, the productivity of the sorting process in the developed machine was 300 kg/hour. In the process of walnut kernel sorting, the sorting accuracy was 97%. 17.8 million per month as a result of the introduction of the walnut kernel sorting machine profit has been achieved.

### **The structure and scope of the dissertation.**

The composition of the dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a list of used literature and appendices. The volume of the dissertation is 123 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**SPISOK OPUBLIKOVANNYX RABOT**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I-bo'lim (Ichast; Ipart)**

1. Xurramova Z.G', Mirzayev O.A. Yong'oq chaqish mashinasidan foydalanishning iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari // Andijon mashinasozlik instituti "Mashinasozlik" ilmiy-texnika jurnali №4 2022 y Andijon 558-563. (OAK Rayosatining 2021 yil 30 dekabrda 310/10-son qarori)

2. Xurramova Z.G', Mirzayev O.A. Yong'oq mag'izlarining fizik xossalarini saralash qurilmasiga ta'sirini o'rganish // Andijon mashinasozlik instituti "Mashinasozlik" ilmiy-texnika jurnali №2 2023 y Andijon 31-37. (OAK Rayosatining 2021 yil 30 dekabrda 310/10-son qarori)

3. Xurramova Z. G' Analysis of Sieve Sizes to Improve the Accuracy of the Walnut Kernel Sorting Process // Global Scientific Review Peer Reviewed, Open Access, International Journal Volume 21, November 2023 . pp 55-59, Portugaliya (ResearchBib 14).

4. Xurramova Z. G'. Yong'oq mag'izini saralash mashinasi ishchi qismi parametrlarini asoslash // Namangan muhandislik-qurilish instituti "Mexanika va texnologiya" ilmiy jurnali №2 2023 y Namangan 321-328 (OAK Rayosatining 2022 yil 01 fevralda 311/6-son qarori).

5. Xurramova Z.G'. Yong'oq mag'izini saralash jarayoni eksperiment natijalari maqbul parametrlarini aniqlash // Andijon mashinasozlik instituti "Mashinasozlik" ilmiy-texnika jurnali №2 2023, 1498-1503 (OAK Rayosatining 2021 yil 30 dekabrda 310/10-son qarori)

6. Xurramova Z.G'. Sorting and Classification of Walnut Kernels Based on Size and Structure // International Journal of Formal Education Journal Volume: 3, Issue: 6 // May –2024 pp 295-300 (Impact Factor 7.6).

7. Xurramova Z.G', Mirzayev O.A. Basing the parameters of the working part of the nut kernel sorting machine // Journal of Engineering and Technology (JET) Vol. 14, Issue 2, Dec 2024, pp 1-14 (05.00.00 №31)

**II bo'lim (IIchast; IIpart)**

8. Xurramova Z.G'. Saralash qurilmalarining texnologik jarayonlari tahlili // Andijon mashinasozlik instituti "O'zbekistonda ilm-fan va ishlab chiqarish integratsiyasini rivojlantirish istiqbollari" mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnik anjuman to'plami 19-21-oktyabr 2023 y Andijon 815-818.

9. Xurramova Z.G', Mirzayev O.A. Yong'oq mag'izini saralash jarayoni // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi Guvohnoma O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi № DGU 26515. 2023y

10. Xurramova Z.G', Mirzayev O.A. Yong'oq mag'izini saralash jarayonlari tahlili // Andijon mashinasozlik instituti "Zamonaviy mashinasozlik va muhandislik ta'limi muammolari" mavzusida xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 8 iyun 2023 y Andijon 1078-1081 betlar

11. Xurramova Z.G'. Yong'oq mag'izini saralash mashinasi konstruksiyasini ishlab chiqish // O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi Andijon mashinasozlik instituti "Elektrotexnika, elektromexanika, elektrotexnologiyalar va elektrotexnika materiallari" mavzusida Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallar to'plami 21-dekabr 2023 y Andijon 174-176 betlar

12. Xurramova Z.G'. Yong'oq mag'izini saralash mashinasidagi harakat tenglamalari va ularning echimlari // O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi Andijon mashinasozlik instituti "Elektrotexnika, elektromexanika, elektrotexnologiyalar va elektrotexnika materiallari" mavzusida Respublika ilmiy-texnik anjumani materiallar to'plami 21-dekabr 2023 y Andijon 176-178 betlar

Aftoreferat “Mashinasozlik” ilmiy-texnik jurnali  
tahriryatida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi  
matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi (09.01.2025 y).

Bosishga ruxsat etildi: 09.01.2025 yil  
Bichimi 60x84 1/16, “Times New Roman”  
garnitura, raqamli bosma usulida bosildi  
Shartli bosma tabog‘i 2,9. Adadi: 100. Buyurtma: № \_\_\_\_.  
“Omadbek print number one” MCHJ bosmaxonasida chop etildi.  
170000, Andijon, Boburshox 39a.



