

**“PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI” AKSIYADORLIK JAMIYATI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.30/30.11.2021.T.141.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI  
M.T.O‘ROZBOEV NOMIDAGI MEXANIKA VA INSHOOTLAR SEYSMIK  
MUSTAHKAMLIGI INSTITUTI**

**IBRAGIMOV FARXOD XAYRULLOEVI**

**TOLA AJRATGICH VA LINTER MASHINALARI UCHUN SAMARALI  
ARRALI SILINDRLAR KONSTRUKSIYASINI YARATISHNING ILMIY-  
TEXNIK ASOSLARI**

**05.02.03 – «Texnologik mashinalar. Robotlar, mexatronika va robototexnika tizimlari»**

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Doktorlik dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата докторской диссертации**

**Contents of the Abstract of Doctoral Dissertation**

**Ibragimov Farxod Xayrullaevich**

Tola ajratgich va linter mashinalari uchun samarali arrali silindrlar konstruksiyasini yaratishning ilmiy-texnik asoslari ..... 3

**Ибрагимов Фарход Хайруллаевич**

Научно-технические основы создания эффективных конструкций пильных цилиндров волокноотделительных и линтерных машин ... 29

**Ibragimov Farkhod**

Scientific and technical basis for creating effective designs of saw cylinders for fiber separation and linting machines ..... 55

**E’lon qilingan ishlar ro‘uxati**

**Список опубликованных работ**

List of published works..... 59

**“PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI” AKSIYADORLIK JAMIYATI  
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.30/30.11.2021.T.141.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI  
M.T.O‘ROZBOEV NOMIDAGI MEXANIKA VA INSHOOTLAR SEYSMIK  
MUSTAHKAMLIGI INSTITUTI**

**IBRAGIMOV FARXOD XAYRULLOEVI**

**TOLA AJRATGICH VA LINTER MASHINALARI UCHUN SAMARALI  
ARRALI SILINDRLAR KONSTRUKSIYASINI YARATISHNING ILMIY-  
TEXNIK ASOSLARI**

**05.02.03 – «Texnologik mashinalar. Robotlar, mexatronika va robototexnika tizimlari»**

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI  
AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2024**

**Texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B203.4.DSc/T715 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi M.T.O'rozboev nomidagi Mexanika va inshootlar seysmik mustahkamligi institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus va ingliz (rezyume)) "Paxtasanoat ilmiy markazi" AJ huzuridagi Ilmiy kengashning veb-sayti ([www.paxtasanoatilm.uz](http://www.paxtasanoatilm.uz)) va «Ziyonet» Axborot-ta'lim portali ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) da joylashtirilgan.

**Ilmiy maslaxatchi:**

**Muxammadiyev Davlat Mustafayevich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Toshpulatov Solih Shukurovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Sarimsakov Olimjon Sharifjanovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Safarov Nazirjon Muxammadjonovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**Farg'ona politexnika instituti**

Dissertatsiya himoyasi "Paxtasanoat ilmiy markazi" AJ huzuridagi DSc30/30.11.2021.T.141.01 raqamli ilmiy kengashning 2024 yil "16" iyul soat 11<sup>00</sup> da majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100070, Toshkent sh., Shota Rustaveli ko'chasi 8-uy. Tel.: (+99871) 207-04-03; faks: (+99871) 256-04-21; e-mail: [info@paxtasanoatilm.uz](mailto:info@paxtasanoatilm.uz) («Paxtasanoat ilmiy markazi» aksiyadorlik jamiyati binosi, 3-qavat, majlislar zali).

Dissertatsiya ishi bilan "Paxtasanoat ilmiy markazi" aksiyadorlik jamiyati Axborot-resurs makazida tanishish mumkin (33 raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100070, Toshkent sh., Shota Rustaveli ko'chasi 8-uy. Tel.: (+99871) 207-04-03.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "06" iyul kuni tarqatildi.  
(2024 yil "06" iyul № 33-raqamli reestr bayonnomasi).



  
**T.M. Quliyev**  
Ilmiy daraja beruvchi  
ilmiy kengash raisi, t.f.d., prof.



**M.R. Mo'minov**  
Ilmiy daraja beruvchi  
ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., k.i.x.



**R.Sh. Sulaymonov**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash huzuridagi  
ilmiy seminar raisi o'rinbosari, t.f.d., prof.

## KIRISH (doktorlik (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertasiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda paxta xom-ashyosi asosan tropik va subtropik mintaqalarida yetishtiriladi va to'qimachilik fabrikalarida kiyim-kechak, uy-ro'zg'or buyumlari, sanoat buyumlari va tibbiy kiyim-kechaklar, shuningdek, an'anaviy gigiena vositalari ishlab chiqarishda keng foydalaniladi. Shu munosabat bilan, 2023-2028 yillarda paxta bozori 2023 yildagi 42,80 milliard dollardan 2028 yilga kelib 2,7 foizlik jahon paxta bozorida 48,90 milliard dollargacha o'sishi kutilmoqda<sup>1</sup>. Shu jihatdan paxta xom ashyosini sifatli qayta ishlash uchun ish sifati yuqori hamda energiya-resurstejamkor texnika vositalari va qurilmalaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda paxta xom ashyosini qayta ishlash uchun resurstejamkor texnologiyalar va texnika vositalarining yangi ilmiy-texnikaviy yechimlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada, O'zbekiston 0,59 million tonna paxta yetishtirib jahonda Xitoy (5,6), Hindiston (5,385), Braziliya (3,3), AQSh (2,707), Pokiston (1,475), Avstraliya (0,925) va Turkiya (0,75) dan keyin

8-o'rinda turadi va uchinchi eksportchidan 1 million gektar ekin maydoni bilan import qiluvchi davlatga aylandi<sup>2</sup>. Bu mamlakatlarda paxta xomashyosini tabiiy xossalarini saqlab qolgan holda qayta ishlash tannarxini pasaytirish maqsadida resurstejamkor mashinalar va paxta tozalash korxonalari uchun ehtiyot qismlarni yaratish va takomillashtirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizda fan va texnikaning ilg'or yutuqlaridan samarali foydalanish imkonini beruvchi yangi texnika va texnologiyalarni yaratish, mavjudlarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Respublikamiz paxta tozalash sanoatidagi mashinalar konstruksiyalarining samaradorligini oshirish uchun yangi ishlanmalar va ilmiy izlanishlar zarur bo'lganligi sababli, respublikamizda paxtani dastlabki ishlash uchun mashina va agregatlarning butlovchi qismlarining resurstejamkor konstruksiyalarini yaratish yuzasidan keng qamrovli chora tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. Xususan, O'zbekiston Respublikasining 2024 yilgi Davlat byudjetidan davlat dasturlari doirasidagi ilmiy loyihalarni moliyalashtirish uchun – 693,5 mlrd. so'm, ilmiy laboratoriyalar yaratish va zamonaviy yuqori texnologiyali uskunalar bilan jihozlash uchun – 84,7 mlrd. so'm ajratilgan<sup>3</sup>. Yosh olimlarning qisqa muddatli ilmiy stajirovkalari uchun 20,655 milliard so'm mablag' ajratildi. Shu bilan birga, jadal iqtisodiy o'sish mamlakatimiz ilmiy tadqiqot va oliy ta'lim muassasalarining ilmiy va ilmiy-texnikaviy faoliyati natijalarini tijoratlashtirish uchun ilg'or yutuqlardan samarali foydalanishni muhim ahamiyat kasb etmoqda. Hozirgi bozor iqtisodiyoti sharoitida bu ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning sifati va raqobatbardoshligini oshirishni talab qiladi, bu esa texnologik mashina agregatlari va qismlarining energiya va resurstejamkorligiga bevosita bog'liq. Shu munosabat bilan paxta tozalash sanoatini zamonaviy texnika va texnologiyalar bilan qayta jihozlash maqsadida texnologik

<sup>1</sup> <https://www.mordorintelligence.com>

<sup>2</sup> [https://icac.shinyapps.io/ICAC\\_Open\\_Data\\_Dashbooard](https://icac.shinyapps.io/ICAC_Open_Data_Dashbooard)

<sup>3</sup> <https://lex.uz/pdfs/6707765>

mashinalarni takomillashtirish asosiy vazifalardan biri hisoblanadi. Paxta tozalash mashinalari ishchi qismlarining energiya va resurstejamkorligida aniq yig'ilgan butlovchi qismlar va to'g'ri ishlaydigan texnologik oraliq va ketma-ketliklarda mashinalar bir tekis ishlaydi va yuqori sifatli paxta mahsulotlari ishlab chiqariladi.

Shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2022—2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" 2022 yil 28 yanvardagi PF-60 sonli Farmoni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2022—2026-yillarda O'zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo'yicha tashkiliy chora-tadbirlar to'g'risida" 2022 yil 6 iyuldagi PQ-307 sonli Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishi-ning ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. «Energetika, energiya va resurstejamkorlik» ustuvor yo'nalishiga muvofiq bajarilgan.

**Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy tadqiqotlar sharhi<sup>4</sup>.**

Tola ajratgich va linter mashinalari uchun arrali silindrlar konstruksiyasini ishlab chiqishga yo'naltirilgan ilmiy izlanishlar dunyoning yetakchi ilmiy tadqiqot markazlari va oliy ta'lim muassasalari, jumladan Agricultural Research Service, McCleskey Saw and Machine, Lummus, Continental eagle (AQSh), Shandong Swan Cotton Industrial Machinery Stock Co.,Ltd (Xitoy), Nipha, Bajaj Steel Industries Limited (Hindiston) hamda Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti, «Paxtasanoat ilmiy markazi» AJ, "Paxtagin KB", Mexanika va inshootalar seysmik mustahkamligi instituti (O'zbekiston) keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Dunyoda olib borilgan tola ajratgich va linter mashinalari uchun arrali silindrlar konstruksiyasini ishlab chiqishning texnika va texnologiyalarini takomillashtirishga oid tadqiqotlar natijasida bir qator, jumladan, quyidagi ilmiy natijalar olingan: tola ajratish jarayoniga sarflanayotgan xarajatlarni optimallashtiruvchi, tola shikastlanishi va mashinalardan foydalanishni minimallashtiruvchi "IntelliGin" boshqarish tizimi yaratilgan (Agricultural Research Service, AQSh); arrali silindrning kolosnik panjaraga tegishini (titrashini) 0,005 mm gacha kamaytirish hisobiga uning uzoq ishlashini va arralarni almashtirish vaqtini kamaytiruvchi (McSami uskunasi) avtomatik rostlash usuli ishlab chiqilgan (McCleskey Saw and Machine, AQSh); Afina va Axmadobod sanoat ishlab chiqaruvchilari Lummus, Bajaj Continental arrali tola ajratuvchi mashinalari uchun – kolosnik panjara, diskli arra, arrali silindr, alyuminiy qistirmalari kabi ehtiyot qismlarni halqaro sifat standartlariga muvofiq ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan (KOMET, Gresiya), (C.N.INDUSTRIAL PRODUCT, Hindiston); geometrik o'qlari aylanish o'qiga nisbatan eksentrik tarzda yasalgan, oraliq qismlarning geometrik o'qlari esa aylanish o'qi bo'ylab spiral

---

<sup>4</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации осуществлен на основе следующих источников: <https://instmech.academy.uz>, <http://lummus.com>, <http://cotton.org>, <http://niphaindia.com>, <http://www.sdmj.com>, <http://ginningspares.com>, <https://www.researchgate.net>, <https://phoenixp3.com>, <https://komet.gr>

shaklida joylashgan arralararo qistirma ishlab chiqilgan (Toshkent to'qimachilik va yengil sanoat instituti, O'zbekiston); paxta tozalash mashinalari uchun arralararo qistirmalarni poliamid materialidan yasash usuli ishlab chiqilgan («Paxtasanoat ilmiy markazi» aksiyadorlik jamiyati, O'zbekiston); arrali tola ajratish va linterlash mashinalari uchun qistirmalarning dinamik, energetik va mustahkamlik ko'rsatkichlarini hisoblash usullari va ularni po'latdan tayyorlangan texnologiyasi ishlab chiqilgan (Mexanika va inshootalar seysmik mustahkamligi instituti, O'zbekiston).

Dunyoda tola ajratgich va linter mashinalari uchun qurilma va texnologiyalarni yaratish bo'yicha qator, jumladan, quyidagi ustuvor yo'nalishlarda tadqiqotlar olib borilmoqda: ishchi kameralar ko'ndalang kesimi yuzasini va uning hajmini o'zgartirish; xom ashyo va chigit valiklarini majburiy aylantirish; tola ajratgich va linterlash jarayonlariga sarflanayotgan harajatlarni optimallashtirish, tola shikastlanishi va mashinalardan foydalanishni minimallashtirish uchun avtomatik boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish; tola ajratgich va linterlash jarayonlarini barqarorlashtirish va mashinalarning ishchi qismlarini energiya va resurslarni tejash uchun konstruktiv yechimlar izlash shular jumlasidandir.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Tola ajratgich va linter mashinalarining ishchi qismlari va agregatlarini takomillashtirish, energiya sarfini kamaytirish hamda agregatlar va qismlarning xizmat qilish muddati va mustahkamligini oshirish, shuningdek, paxtaning tabiiy xususiyatlarini saqlab qolish hamda tadqiq etish bilan xorijda E.Whitney, S.Z.Hall, T.Elliot, S.E.Hughs, R.N.Rakoff, A.V.Stanley, R.G.Hardin, P.A.Funk, G.A.Holt, C.B.Armijolar shug'illanishgan.

Bu yo'nalishdagi tadqiqotlarda mahalliy bir qancha olimlar ham ilmiy izlanishlar olib borgan, ularga R.G.Mahkamov, P.N.Tyutin, R.Sh.Maqsudov, A.Maqsudov, M.Tillaev, M.Agzamov, D.A.Artukmetov, D.M. Muhammadiev, S.Z.Yunusov, O.Abzoirov va boshqalar keltirib o'tish mumkin. Ular paxtadan tola ajratish va chigitni linterlash jarayonlarida tola ajratgich va linter mashinalarining samaradorligini oshirishda ularni resurstejamkor qism va agregatlar bilan jihozlash, shuningdek, ishlab chiqarishda energiya sarfini kamaytirish yo'llarini belgilab berdilar.

Tola ajratish va linterlash kabi texnologik mashinalarni ishlab chiqish va ishlab chiqarish bo'yicha ko'plab ilmiy izlanishlarga qaramay, resurstejamkor, arralararo qistirmalarning mustahkamligi va ishonchliligini oshirish, arra tishlarini kolosnik panjara ishchi qismlariga nisbatan joylashtirish aniqligini ta'minlash, ushbu mashinalarning ishchi kameralari, shuningdek, dinamik va konstruktiv parametrlarini aniqlash uchun tola ajratgich va linter mashinalari texnologik jarayonlarni bajarishdagi dinamik jarayonlar bo'yicha tadqiqotlar yetarlicha o'rganilmagan.

**Dissertasiya tadqiqotining dissertasiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Dissertasiya tadqiqoti Mexanika va inshootlarning seysmik mustahkamligi institutining IOT-2017-2-15 "Jin arrali silindri uchun arralararo qistirma ishlab chiqarishning yangi texnologiyasini joriy etish" innovasion loyiha (2017-2018) va IL-21091375 "Linter

uchun yangi konstruksiyadagi qistirmalar ishlab chiqarish texnologiyasini ishlab chiqish” (2022-2024) bo‘yicha tadqiqot rejasiga muvofiq amalga oshirilgan.

**Tadqiqotning maqsadi.** Ishlab chiqarish texnologiyasi va mustahkamligi yuqori bo‘lgan arralararo qistirmalarni takomillashtirish orqali tola ajratgich va linter mashinalari arrali silindrlarning resurstejamkor konstruksiyasini yaratish va ilmiy asoslashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

paxta tozalash texnologik jarayonlarini tahlil qilish, tola ajratgich va linter mashinasi uchun resurstejamkor arrali silindr konstruksiyalarni ishlab chiqish;

tola ajratgich va linter mashinalari uchun har xil materiallardan tayyorlangan arrali silindrlarning arralararo qistirmalari tebranish dinamikasini o‘rganish;

tola ajratgich va linter mashinalarining arrali silindr vallari aylanma tebranishlari va burilish burchaklarining o‘zgarish qonuniyatlarini taqsimlangan parametrlarga ega bo‘lgan mashina agregat harakatining dinamik va matematik modellarini ishlab chiqish;

tola ajratgich va linter mashinalarining arralararo qistirmalarining ishlab chiqilgan konstruksiyasining mustahkamlik parametrlarini sinov-tajriba yordamida aniqlash;

tola ajratgich va linter mashinasi uchun ishlab chiqilgan arrali silindrlarni samaradorligini, energiya sarfini kamaytirish va resurssamaradorligini oshirish;

**Tadqiqot ob‘ekti** – 4DP-130 tola ajratgich va 5LP linter mashinalar arrali silindrlarning arralararo qistirmalari.

**Tadqiqot predmeti** arralararo qistirmalar ishlab chiqarish uchun oqilona materialni asoslash orqali tola ajratgich va linter mashinalari uchun arrali silindrlarning resurstejamkor konstruksiyalarini yaratishning ilmiy-texnik asoslari hisoblanadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida nazariy va amaliy mexanika, mashina va mexanizmlar nazariyasi, texnologik mashinaning ish jarayonlarini matematik modellashtirish, tajriba ma’lumotlarini rejalashtirish va qayta ishlashning matematik statistikasiga asoslangan usullar qo‘llanildi.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

arrali disk egilishini, radial tebranishlar amplitudasini va ish paytida siqish kuchini kamaytirishni ta’minlaydigan tola ajratgich va linter (O‘zbekiston Respublikasi IAP 06691 ixtiroga patenti) mashinalarining resurslarni tejaydigan materiallardan foydalangan holda arralararo qistirmalarning yangi konstruksiyasi ishlab chiqilgan;

tola ajratgich va linter mashinalarining ratsional arralararo qistirmalar bilan arra silindrlarning tebranish parametrlarini hisoblash usuli ishlab chiqilgan;

mashina agregatlari dinamikasini hisoblashning ishlab chiqilgan metodologiyasidan foydalanish asosida umumlashgan va taqsimlangan parametrlarga ega tola ajratgich va linterlash mashinalari arrali silindrlarini aylanish paytida burilish tebranishlari va vallarning buralish burchaklarining qonuniyatlari aniqlangan;

po‘latdan 3 dan yasalgan tola ajratgich va linterlash mashinalarining arralararo qistirmalarning resurstejamkor konstruksiyasining mustahkamlik ko‘rsatkichlari eksperimental tadqiqotlar bilan isbotlangan, bunda arrali silindrlarni mahkamlash

kuchi va kuchlanishlari hamda po‘latdan tayyorlangan arralararo qistirmalarning ratsional qalinligi aniqlangan;

energiya sarfi bo‘yicha arralararo qistirmalarning resurs tejovchi konstruksiyalari bilan tola ajratgich (O‘zbekiston Respublikasi FAP 01182 va FAP 00786 foydali modellariga patentlari) va linter mashinalari arrali silindrlarining asosiy konstruksiyaviy, texnologik va texnik-foydalanish ko‘rsatkichlari aniqlangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:**

tola ajratgich va linter mashinalarining arralararo qistirmalari tebranish parametrlarining dinamik hisoblash usuli ishlab chiqilishi ularni tayyorlashda resurstejamkor materialni aniqlash imkonini bergan;

to‘plangan va taqsimlangan parametrlarga ega mashina agregatlarining dinamikasini hisoblash usulubi arrali silindrlarni buralish paytida burilish tebranishlari va valning aylanish burchaklarining o‘zgarish qonuniyatlarini o‘rnatish va ularning mustahkamligini ta‘minlash imkonini bergan;

turli materiallardan tola ajratgich va linter mashinalarining arralararo qistirmalarini sinash usullari va dasturlari ishlab chiqilgan;

tola ajratgich va linter mashinalarining po‘latdan (St.3) tayyorlangan arralararo qistirmali resurstejamkor konstruksiya arrali silindrlari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchligi ishlab chiqilgan ilmiy qoidalar, tamoyillar, xulosalar va tavsiyalar, nazariy va tajribaviy natijalar mutanosibligi, natijalarni taqqoslash va baholash mezonlari bo‘yicha tahlilni hisobga olgan holda sinov ishlarini amalga oshirish jarayonida va ko‘rib chiqilayotgan fanlar kesimida qiyosiy tahlilning ijobiyligi bilan asoslanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ishlab chiqarish materiallarini, arrali silindrlar mashina agregatlarining dinamik va energiya ko‘rsatkichlarini hisobga olgan holda tola ajratish va linterlash mashinalarining arralararo qistirmalarning tebranish parametrlari dinamikasini aniqlash, shuningdek, tola ajratgich va linter mashinalarining arrali silindr vallarini aylanish paytida buralish tebranishlari va buralish burchagi qonuniyatlarini topish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati paxta tolasi, lint va chigit sifatini, shuningdek ishlab chiqarishda foydalanish imkoniyatlarini saqlab qolgan holda, belgilangan maqbul parametrlar asosida tola ajragich va linter mashinalarining arrali silindrlarini yig‘ish aniqligini oshirish uchun arralararo qistirmalarning yangi energiya va resurslarni tejaydigan konstruksiyalarini ishlab chiqish bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarini joriy qilinishi.** Tola ajratgich va linter mashinalari uchun arralararo qistirmalarning resurstejamkor konstruksiyasini ishlab chiqish natijalari asosida:

paxta tozalash korxonalarini uchun arralararo qistirmaning yangi konstruksiyasi uchun Intellektual mulk agentligidan ixtiroga IAP 06691 (2021) va foydali modelga FAP 01182 (2017) O‘zbekiston Respublikasi patentlari olingan. Ushbu konstruksiyalarni qo‘llash natijasida radial tebranishlar amplitudasi 4,5 baravarga va siqish kuchini esa 2 baravarga kamaytirish imkonini bergan;

“Real Agro Cotton” YK tasarrufidagi “Qorasu paxta tozalash” korxonasida tola ajratgichning arralararo qistirmasining yangi konstruksiyasi ishlab chiqarishga joriy

etildi (“O‘zpxatasanoat” AJ 2018 yil 5 iyuldagi 02-29/4573-son ma’lumotnoma). Natijada, arrali silindrning energiya sarfini 7,1% ga kamaytirish va arralararo qistirmaning ishlash resursini 46,5% ga yaxshilanishiga erishilgan;

“APK Bo‘ka” MChJ tizimidagi Bo‘ka paxta tozalash korxonasida linterlar uchun yangi konstruksiyadagi arralararo qistirmalar ishlab chiqarishga joriy qilingan (“APK Bo‘ka” MChJ tizimidagi Bo‘ka paxta tozalash korxonasini joriy etish bo‘yicha sinov bayonnomasi”. 2023 yil 16 oktyabr. O‘zbekiston paxta-to‘qimachilik uyushmasi klasterlari ma’lumotnomasi” 2023 yil 21 dekabrda 03/22-1102-son). Natijada, arrali silindrga sarflanadigan energiya miqdori 3,0% ga kamaytirilgan va arralararo qistirmaning yangi konstruksiyasi yordamida linter mashinasining ish unumdorligini 5% gacha oshirish imkoni yaratilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobasiyasi.** Ushbu tadqiqot natijalari 8 ta halqaro va 5 ta milliy ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokama qilingan.

**Tadqiqot natijalarini e‘lon qilinishi.** Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha jami 31 ta ilmiy ishlar chop etilgan, shulardan, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining fan doktori (DSc) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy jurnallarda 18 ta, shundan xorijiy jurnallarda 8 ta maqola chop etilgan va O‘zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligining ixtirosiga 1 ta va foydali modeliga 2 ta patent olingan.

**Dissertasiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, beshta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati va ilovalardan iborat. Dissertasiyaning hajmi 253 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertasiyaning **kirish** qismida o‘tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqot mavzusi bo‘yicha horijiy ilmiy tadqiqotlarga va muammoning o‘rganilganlik darajasiga sharhlar berilgan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, ob‘ekti 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 qilinishi, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

Dissertasiyaning “**Arrali tola ajratish va chigitni linterlash texnologik jarayonlari sohasidagi ilmiy tadqiqotlar holatini analitik tahlili**” deb nomlangan birinchi bobida mahalliy va xorijiy arrali tola ajratgich va linter mashinalarining konstruksiyalari bo‘yicha tahlillar o‘tkazilgan.

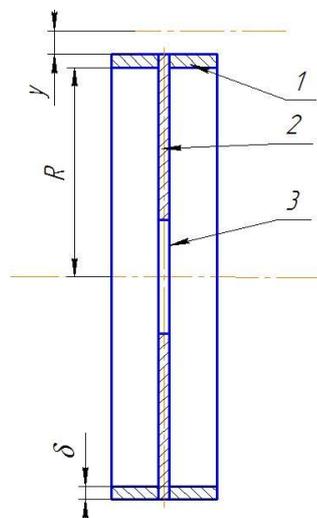
Mahalliy tola ajratgich va linter mashinalarning tahlili arralarning kolosnik panjaralari tirqishlarida joylashish aniqligini va arrali silindrga kerakli qattiqligini ta‘minlay olmasligini ko‘rsatdi. Shuning uchun arrali silindrning eng istiqbolli va texnologik talablarga javob beradigan, tola ajratgich va linter mashinalari arrali silindrlarini yig‘ishda dissertatsiya muallifining fikriga ko‘ra, arralararo qistirmaning yangi konstruksiyalaridan foydalanish hisoblanadi. Shunday qilib, tadqiqotning maqsadi arralararo qistirmalarning resurs tejovchi konstruksiyasini ishlab chiqarish texnologiyasini yaratish va tola ajratgich va linter mashinalari arrali silindrlar

parametrlarini ilmiy asoslashdan iborat. Binobarin, keyingi tadqiqotlar tola ajratgich va linter mashinalari arrali silindrlarini yig'ishda arralararo qistirmaning dinamik, konstruktiv va texnologik parametrlarini aniqlashga qaratilgan bo'lishi kerak.

Dissertasiyaning **“Tola ajratgich va linter mashinalari arralararo qistirmalar tebranishini hisobi”** deb nomlangan ikkinchi bobida yuqoridagi kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida arralararo qistirmaning yangi konstruksiyasi taklif qilingan (1-rasm). Unda valning o'lchamiga mos keladigan teshikli disk va konsentrik joylashgan belbog' mustahkam metall listdan yasalgan. Belbog'da disk bilan biriktirish uchun teshiklar bajarilgan.

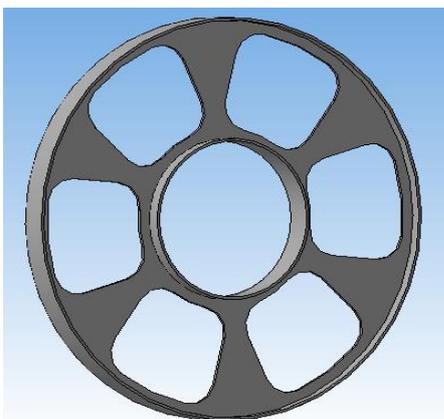


**1-rasm. Tola ajratgich arralararo qistirmasining yangi konstruksion yechimi**

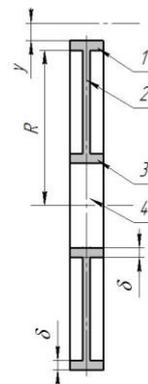


**2-rasm. Tola ajratgich arralararo qistirmasini radial tebranishi va inersiya momentini aniqlash uchun hisobiy sxema**

AK5M2 alyuminiy qotishmasidan tayyorlangan seriyali qistirmalarning mavjud kamchiliklarini bartaraf etish uchun po'lat 3 materialidan yangi konstruksiyadagi tola ajratgich uchun (1-rasm) va linter mashinasi uchun (3-rasm) arralararo qistirma taklif etilgan. Ushbu materiallarning xususiyatlari standartlarda keltirilgan va ular keng assortimentda mavjud. “KOMPAS” dasturidan foydalanish asosida arralararo qistirmaning inersiya momenti o'zgarishlari (2 va 4-rasmlar) list qalinligi  $\delta$  (3-rasm) ga qarab aniqlangan.

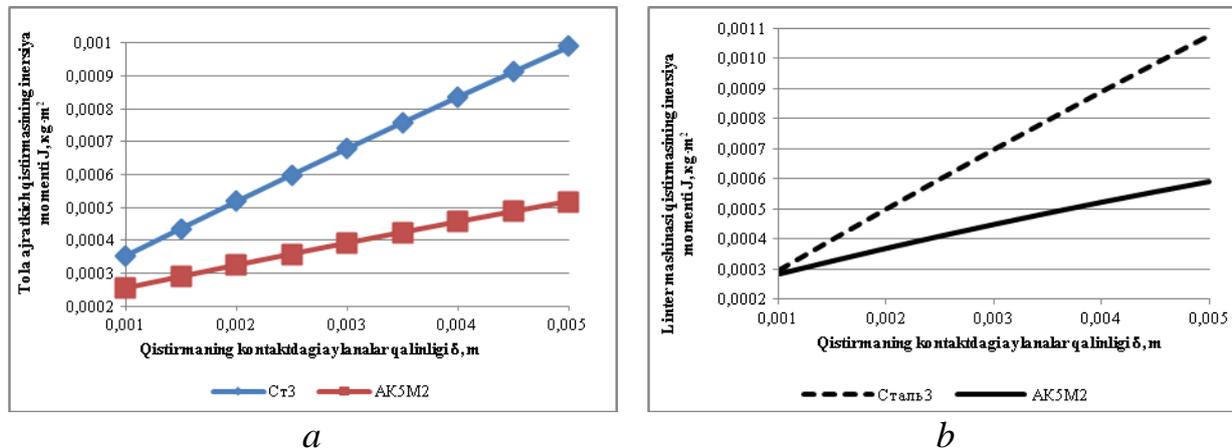


**3-rasm. Linter mashinasi arralararo qistirmasini yangi konstruksiyasi**



**4-rasm. Linter mashinasi arralararo qistirmasini radial tebranishi va inersiya momentini aniqlash uchun hisobiy sxema**

Qurilgan bog‘liqliklar natijalari (5-rasm) shuni ko‘rsatdiki, materiallarning har xil zichligi tufayli AK5M2 alyuminiydan yasalgan arralararo qistirma massasiga teng bo‘lgan qistirmani po‘lat 3 dan ishlab chiqarishda birinchisining inersiya momenti ikkinchisidan 2 baravar kam va kerakli kontakt (belbog‘) qalinligining rasional qiymati po‘lat qistirma uchun  $\delta=2$  mm, linter mashinasi uchun  $\delta=1,5$  mm bo‘lishi kerak.



**5-rasm. Belbog‘ qalinligiga  $\delta$  bog‘liq holda tola ajratgich (a) va linter (b) mashinalari arralararo qistirmalarining inersiya momentining o‘zgarishi**

Ma‘lumki, inersiya momentlarining qiymatini saqlab qolishdan tashqari, ularning radial tebranishlarining chastotasini aniqlash orqali tavsiya etilgan arralararo qistirma konstruksiyasining samaradorligini aniqlashtirish kerak (2 va 4-rasmlarga qarang). Buning uchun  $\delta \ll R$  ni hisobga olgan holda arralararo qistirmaning uzunlik bo‘yicha massasi  $m_0$ , elastik moduli  $E$ , ko‘ndalang kesim yuzasi  $F$  ni asoslash kerak.

Arralararo qistirmaning radial tebranish chastotasi quyidagi formula bilan aniqlanadi.

$$\omega = \frac{\sqrt{EF/m_0}}{R} \quad (1)$$

Arralararo qistirma radial tebranish chastotasi hisoblari alyuminiy AK5M2 ga nisbatan po‘lat 3 qistirmada vertikal tebranishlar 6,2% ga kamayishi aniqlandi. Arralararo qistirmalarining radial tebranishlarga mustahkamligi tola ajratgich uchun 6,59% ga (AK5M2 – 44013,87 s<sup>-1</sup> va Po‘lat 3 – 46917,65 s<sup>-1</sup>) va linter mashinasi uchun 43,95% ga (AK5M2 – 75547,14 s<sup>-1</sup> va Po‘lat 3 – 108751,5 s<sup>-1</sup>) aniqlandi. Bu tola ajratgich va linter mashinalari arrali silindrining aylanish chastotasidan (76,44 s<sup>-1</sup>) ancha yuqori bo‘ldi.

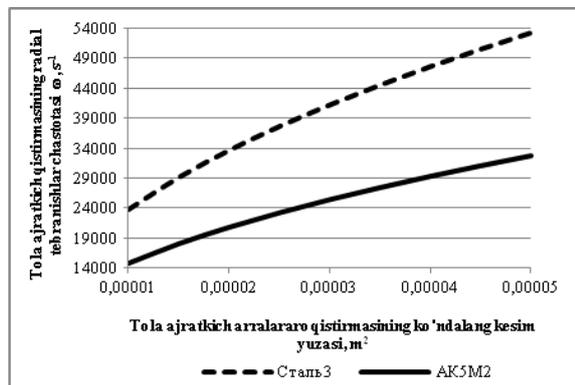
Arralararo qistirmaning radial tebranishlarining amplitudasini nazariy hisoblash orqali hamda maxsus jihozlangan stendda tajriba orqali aniqlash mumkin. Bu ko‘rsatkichlar dissertasiya muallifi tomonidan hisob-kitob yo‘li bilan aniqlangan.

Arralararo qistirma elementining ko‘chish differensial tenglamasini tuzamiz (7-rasm). Bunda barcha ta‘sir qiluvchi kuchlarni radiusga proeksiya qilib, biz ( $dm_o=dSm_o$ ) olamiz.

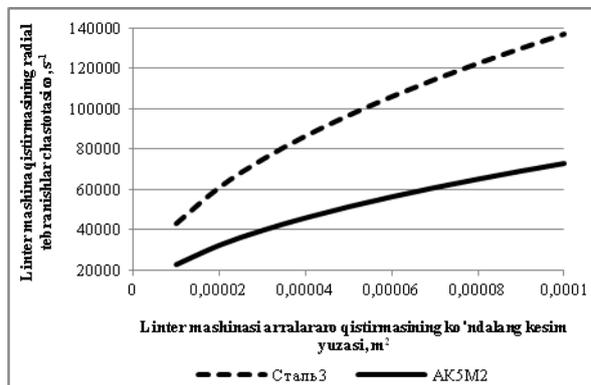
$$\ddot{u} + \frac{EF}{m_o R^2} u = \frac{p_o}{m_o} + \frac{p_1}{m_o} \cos \omega t \quad (2)$$

Arralararo qistirmaning radial harakatining statik tashkil etuvchisi tufayli  $r_0$  bosimining doimiy qiymati hosil bo‘ladi, arralararo qistirmaning barqaror holatdagi tebranishlar amplitudasi esa quyidagicha

$$u_1 = \frac{P_1}{m_o \left( \frac{EF}{m_o R^2} - \omega^2 \right)} \quad (3)$$

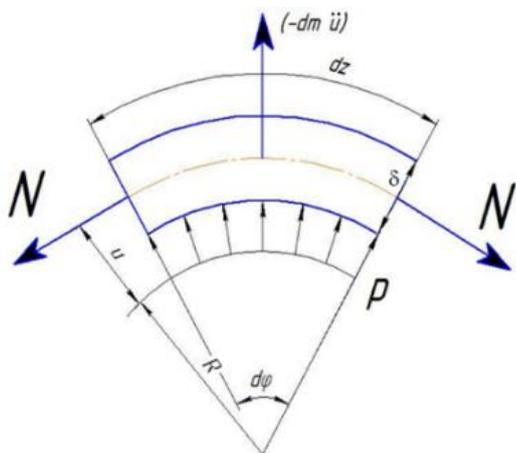


a



b

6-rasm. Ko‘ndalang kesim maydoniga bog‘liq holda tola qistirma (a) va linter (b) mashinalari arralararo qistirmalarining radial tebranish chastotasini o‘zgarishi



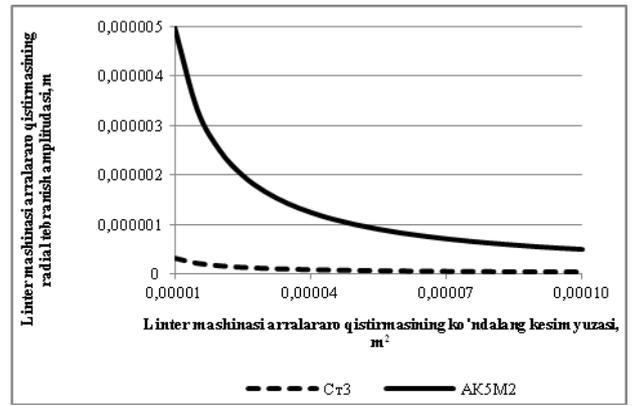
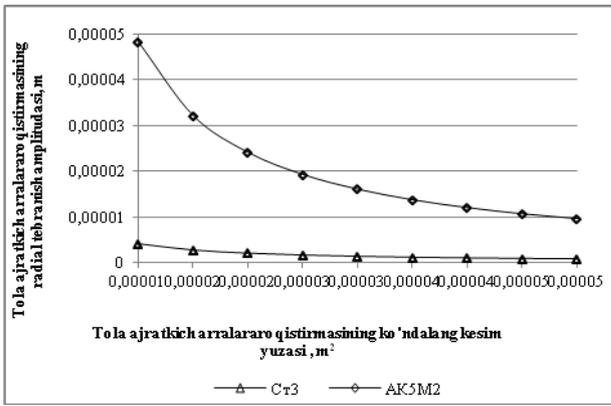
7-rasm. Arralararo qistirma radial tebranish amplitudasini aniqlash uchun hisobiy sxema

Cho‘zish kuchi  $N = E \cdot F \cdot u / R$  – bu siqish va cho‘zilishdagi arralararo qistirma ko‘ndalang kesimidagi elastik kuchdir. Bu yerda  $u$  – arralararo qistirmaning radial deformatsiyasi ( $u$  va  $N$  ning ijobiy qiymatlari arralararo qistirmaning cho‘zilish jarayonini anglatadi).

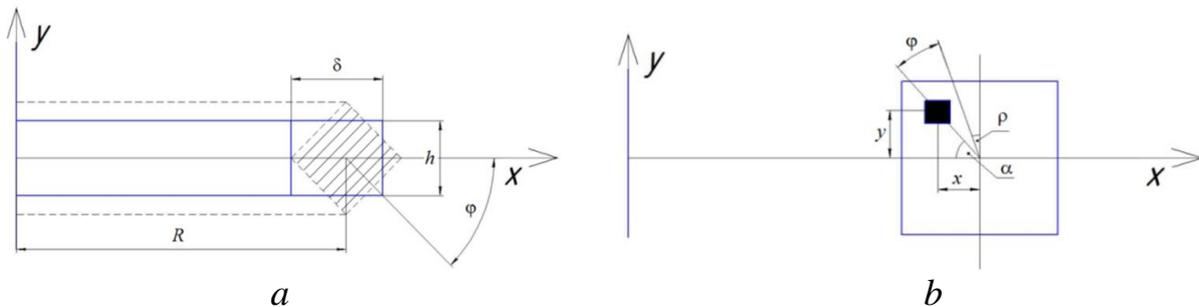
Arralararo qistirmaning kichik tebranishlari hisoblab chiqilgan bo‘lib, buning asosida tola ajratgich uchun po‘lat 3 dan yasalgan qistirmaning alyuminiyga nisbatan tebranish davrining qisqarishi ( $\tau = 7,23079 \cdot 10^{-5}$  s) AK5M2 ( $\tau = 1,8478 \cdot 10^{-4}$  s) 2,5 marta (8a-rasm) va linter mashinasi uchun po‘lat 3 dan ( $\tau = 4,085 \cdot 10^{-5}$  s) yasalgan qistirma alyuminiy AK5M2 ( $\tau = 1,176 \cdot 10^{-4}$  s) ga nisbatan 2,88 martaga kamaygan.

Bundan tashqari, tola ajratgichni arralararo qistirmaning radial tebranishlari amplitudasini hisoblash po‘lat 3 ( $1,236 \cdot 10^{-6}$  m) ni AK5M2 alyuminiy ( $5,65 \cdot 10^{-6}$  m) bilan solishtirganda vertikal yo‘nalishdagi tebranishlarning 4,5 baravar pasayishini aniqlash imkonini berdi.

Tola ajratgich arralararo qistirmaning xususiy tebranish chastotasi dvigatel – arrali silindr tizimi tebranish chastotasiga teng bo‘lsa, kuchli tovush va tebranishlar, ba’zi hollarda mexanik shikastlanish bilan birga kechadigan rezonans paydo bo‘ladi. Bunday hollarda aylanuvchi tizimning kritik tezligi tebranishlarning xususiy chastotasi bilan tavsiflanadi. Xususiy tebranishlar chastotasini aniqlash rezonans zonalarini o‘rnatish, tebranishlarni pasaytirish xarakterini va uzatmaning majburiy aylanma tebranish amplitudalarini tahlil qilish uchun zarurdir.



**8-rasm. Ko'ndalang kesim maydoniga bog'liq holda tola ajratgich (a) va linter (b) mashinalari arralararo qistirmalarining o'rnatilgan radial tebranish amplitudasini o'zgarishi**



**9-rasm. Arralararo qistirmani kichik tebranishining hisobiy sxemasi**

Shuning uchun, arralararo qistirmaning o'z kichik burchakli tebranishlarining chastotasini aniqlash uchun biz arralararo qistirmaning o'q chizig'i beqaror bo'lib qoladi va uning kesma maydoni bir xil burchak ostida tebranish paytida egilish deformatsiyasiga uchraydi (9a -rasm).  $m_o=0,14 \text{ kg} / 0,496 \text{ m} = 0,282 \text{ kg/m}$ , elastik modul  $E=2 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$  ga teng bo'lgan tola ajratgichning arralararo qistirmaning solishtirma massasini hisobga olgan holda, arralararo qistirmaning qalinligi, (belbog')  $\delta=2 \text{ mm}$  uning radiusi  $R=0,08 \text{ m}$  dan ancha kichik bo'ladi.

Arralararo qistirma kesimining har bir nuqtasi, kesma burchak  $\varphi$  bilan aylantirilganda,  $\rho\varphi$  ga ( $\rho$  – nuqtaning qutb radiusi) teng egri chiziq bo'ylab (9b-rasm) aylanishini hisobga olamiz. Bu harakatning radial yo'nalishdagi proeksiyasi  $u=\rho\varphi\sin\alpha=u\varphi$ , bo'lib, aylana cho'zilishi (bu tolaning)  $\Delta l=2\pi y\varphi$  ga mos keladi.

Kinetik va potensial energiyalarni qatorlarga yoyib, arralararo qistirmaning kichik burilishdagi tebranishi uchun differensial tenglamani tuzamiz. U holda aylana tebranishlarning chastotasi

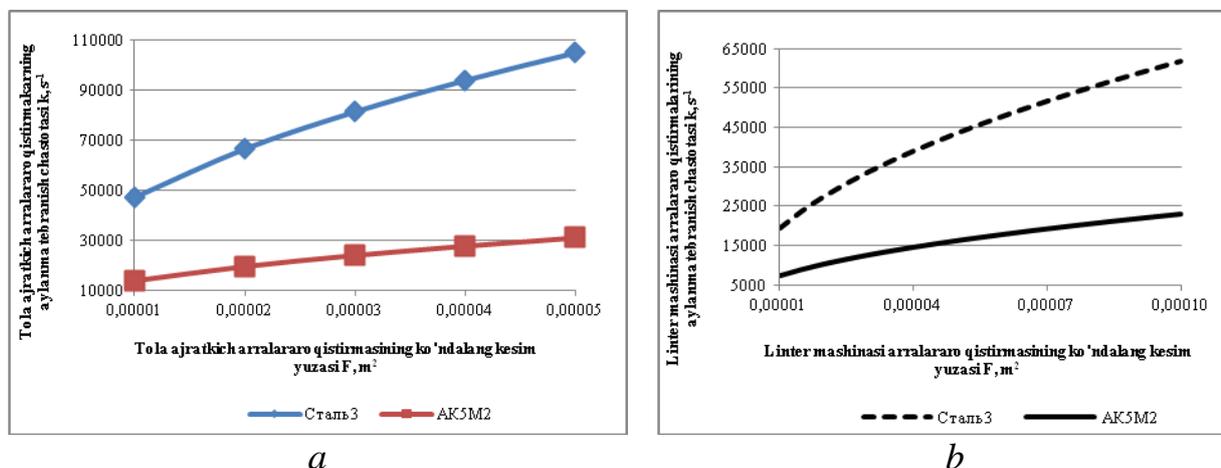
$$k = \sqrt{\frac{EF}{m_o R^2} \frac{J_x}{J_p}} \quad (4)$$

Bu yerda  $J_p = \frac{\pi D^4}{32}(1-c^4)$  –arralararo qistirmaning ko'ndalang kesim maydonining qutbli inersiya momenti;  $J_x = \frac{\pi D^4}{64}(1-c^4)$  – arralararo qistirmaning  $x$  o'qi bo'yicha inersiya momenti;  $c=d/D$ ;  $D$  – arralararo qistirmaning tashqi diametri;  $d$  – arralararo qistirmaning ichki diametri.

Doimiy  $A$  amplitudasi va  $\alpha$  boshlang'ich fazasida, arralararo qistirmaning kichik tebranishlar davri

$$\tau = \frac{2\pi}{k} = 2\pi \sqrt{\frac{m_o R^2 J_p}{EF J_x}} \cdot \quad (5)$$

Shu bilan birga, tola ajratgichning arralararo qistirmasining ko'ndalang kesim yuzasining oshishi bilan (10a-rasm) qistirma tebranishlarining aylanma chastotasi oshib borishi aniqlandi (AK5M2 uchun – 13919,4 dan 31124,7 s<sup>-1</sup> gacha, Po'lat 3 uchun – 47056,2 dan 105220,8 s<sup>-1</sup> gacha) va qistirma uzunligi bo'ylab taqsimlangan massa ortishi bilan qistirmaning aylanma tebranish chastotasi (AK5M2 uchun – 96562,0 dan 30535,6 s<sup>-1</sup> gacha, Po'lat 3 uchun – 206458,2 dan 65287,8 s<sup>-1</sup> gacha) kamayadi.

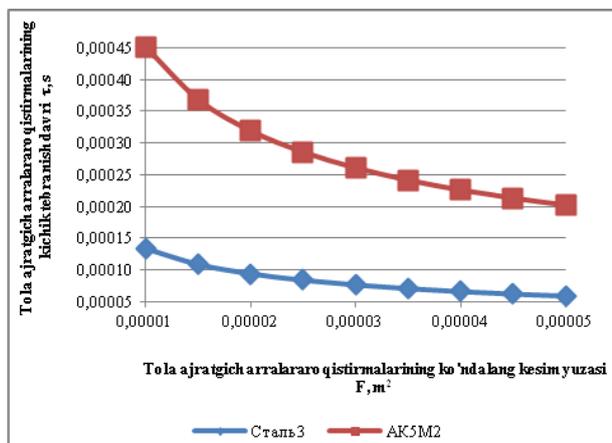


**10-rasm. Maydonning F ko'ndalang kesimiga bog'liq holda tola qistirma (a) va linter (b) mashinalari arralararo qistirmalarining o'rnatilgan aylanma chastota tebranishni o'zgarishi**

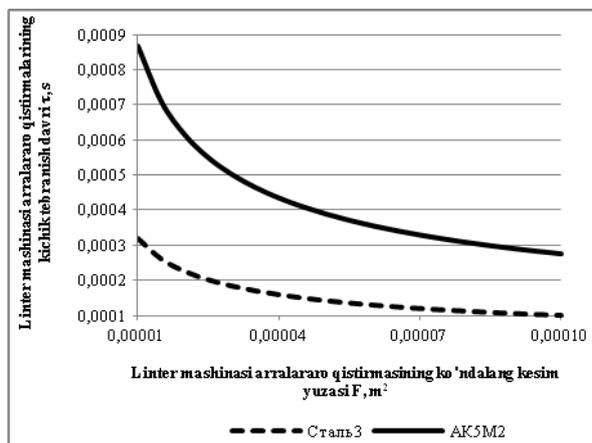
Linter mashinasining arralararo qistirmalari ko'ndalang kesimi 0,00001 dan 0,0001 m<sup>2</sup> gacha oshishi bilan (10b-rasm) qistirma tebranishlarining aylanma chastotasi (AK5M2 uchun – 7244, 5 dan 22909,2 s<sup>-1</sup> gacha, Po'lat 3 uchun – 19552,1 dan 61829,2 s<sup>-1</sup> gacha) ortadi va qistirmaning uzunligi bo'ylab taqsimlangan massasi 0,05 dan 0,5 kg/m gacha oshirilishi bilan qistirmaning aylanma tebranish chastotasi (AK5M2 uchun – 58746,3 dan 18577,2 s<sup>-1</sup> gacha, Po'lat 3 uchun – 124919,3 dan 39502,9 s<sup>-1</sup> gacha) pasayishi aniqlandi.

To'la ajratgichning arralararo qistirmasining ko'ndalang kesimi yuzasi oshishi bilan (11a-rasm) qistirmaning kichik tebranish davri (AK5M2 uchun – 4,51·10<sup>-4</sup> dan 2,02·10<sup>-4</sup> s gacha, Po'lat 3 uchun – 1,335·10<sup>-4</sup> dan 5,971·10<sup>-5</sup> s gacha) kamayadi va qistirma uzunligi bo'ylab taqsimlangan massaning ortishi bilan qistirmaning kichik tebranishlari davri (AK5M2 uchun – 6,51·10<sup>-5</sup> dan 2,06·10<sup>-4</sup> s gacha, Po'lat 3 uchun – 3,043·10<sup>-5</sup> dan 9,624·10<sup>-5</sup> s gacha) ortishi aniqlandi.

Bundan tashqari, arralararo qistirmaning ko'ndalang kesimi 0,00001 dan 0,0001 m<sup>2</sup> gacha oshishi bilan (11b-rasm) qistirmaning barqaror ishlashi paytida tebranish davri (AK5M2 uchun – 8,673·10<sup>-4</sup> dan 2,742·10<sup>-4</sup> s gacha, Po'lat 3 uchun – 3,213·10<sup>-4</sup> dan 1,016·10<sup>-4</sup> s gacha) qisqarishi aniqlandi va qistirma uzunligi bo'ylab taqsimlangan massaning 0,05 dan 0,5 kg/m gacha ortishi bilan (11-rasmga qarang), davr barqaror ish sharoitida qistirmaning tebranishlarini oshiradi (AK5M2 uchun – 1,069·10<sup>-4</sup> dan 3,338·10<sup>-4</sup> s gacha, Po'lat 3 uchun – 5,029·10<sup>-5</sup> dan 1,59·10<sup>-4</sup> s gacha).



a



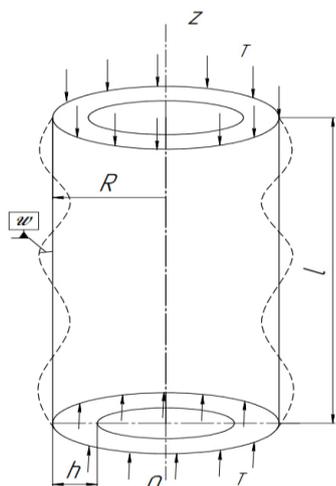
b

11-rasm. Maydonning F ko'ndalang kesimiga bog'liq holda tola qistirma (a) va linter (b) mashinalari arralararo qistirmalarining kichik tebranish davrini  $\tau$  o'zgarishi

Shunday qilib, linter mashinasining barqaror ish sharoitida arralararo qistirmaning tebranishlarini hisoblash po'lat 3 ( $\tau=4,085 \cdot 10^{-5}$  s,  $k=153800,56$  s $^{-1}$ ) va alyuminiy AK5M2 ( $\tau=1,176 \cdot 10^{-4}$  s,  $k=53422,39$  s $^{-1}$ ) aylanish chastotasi va tebranish davri qiymatlaridagi farqni mos ravishda 2,88 va 0,347 marta teng ekanligini aniqlashga imkon berdi.

Linter mashinasi ishchi kamerasida chigitni linterlash jarayonidan keladigan texnologik yuklamalar arrali silindr va tezlatgich o'rtasida taqsimlanadi. Shu bilan birga, chigit valigi aylanishidan kelib chiqadigan yuklamalar va panjaralar orasiga va arrali silindr va tezlatgich o'rtasida arralarni o'rnatish aniqligi tufayli qismlarning mustahkamligi va qattiqligiga bo'yicha yuqori talablar qo'yiladi. Arrali silindrda tebranish mavjudligi linterning ishlash xususiyatlariga salbiy ta'sir qiladi. Shuning uchun, linter mashinasining arralararo qistirmalarining barqarorligini aniqlash uchun arrali silindrning ishlashiga ta'sir qiluvchi yarim to'lqinlar soni va kritik bosimlari aniqlash kerak. Ular qistirmaning o'lchamiga va ishlab chiqarilgan materialiga bog'liq bo'ladi.

Arralararo qistirmani halqa o'qi orqali o'tadigan ikkita ichki kesim bilan ajralib turadigan elementar balka sifatida ko'rib chiqaylik (12-rasm). Deformatsiyalangan holatning taxmin qilingan o'qli simmetriyasi tufayli, arralararo qistirmaning egilishi tekis elastik asosida yotadi. Har qanday balka uchun elastik tayanchning roli halqaning qolgan qismi tomonidan o'ynaydi.



12-rasm. Aylana silindrik xalqa sxemasi

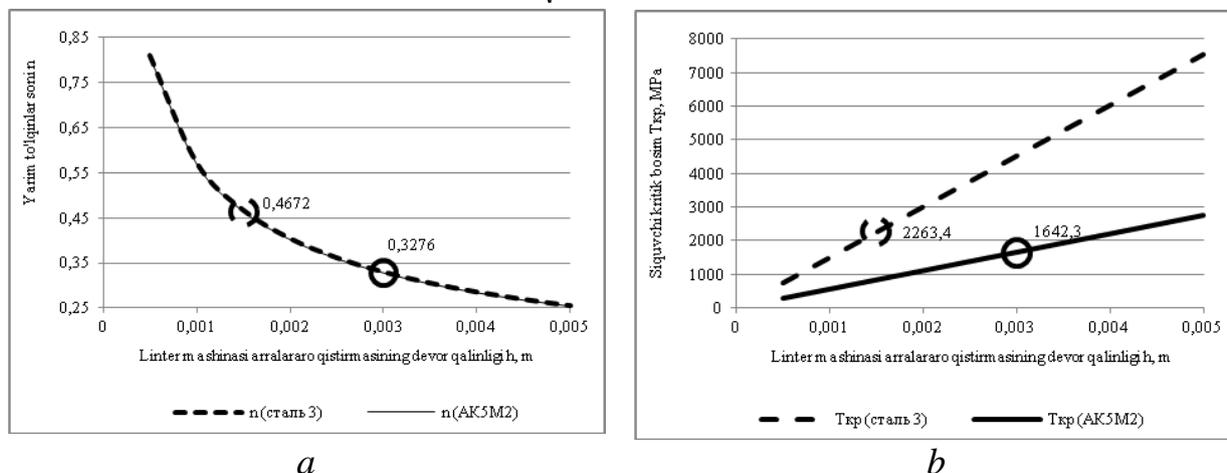
Quyidagi ifodalarni kiritamiz:  $z$  — halqa (qistirma) o'qi bo'ylab o'lchangan kesma koordinatasi;  $w = w(z)$  — o'rta yuza nuqtalarining egilishi;  $T$  — qistirmaning ko'ndalang kesim konturining uzunlik birligiga siqish kuchi;  $D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}$  — qistirmaning silindrsimon qattiqligi;  $h$  — devorning qalinligi (qistirma);  $\mu$  — Poasson nisbati,  $k = \frac{E \cdot h}{R^2}$ ;  $R$  - qistirmaning o'rta kesim yuzasining radiusi.

Arralararo qistirmaning bo‘ylama egilishida  $z=0$  va  $z=l$  da arralararo qistirma  $w = 0, \frac{d^2 w}{dz^2} = 0$  uchlaridagi tayanch moslamalar turiga qarab chegaraviy shartlarni hisobga olib,  $n \gg l$  deb faraz qilsak, quyidagicha yozishimiz mumkin

$$n = \frac{l^4 \sqrt{12(1-\mu^2)}}{\pi \sqrt{R h}} \quad (6)$$

va qistirmaning kritik bosim kuchi

$$T_{kp} = \frac{E h}{R \sqrt{3(1-\mu^2)}} \quad (7)$$



**13-rasm. Linter mashinasi arralararo qistirmaning devor qalinligiga bog‘liq holda yarim to‘lqinlar soni (a) va kritik bosimning (b) o‘zgarishi**

Arralararo qistirmaning barqarorligi alyuminiy AK5M2 ( $n=0,3276$  – 13a-rasm) ga nisbatan Po‘lat 3 ( $n=0,4672$ – 13b rasm) uchun yarim to‘lqinlar soni 42,6% ga ortishi aniqlandi. Arralararo qistirmalarning kritik bosimga (AK5M2 uchun –  $T_{kr}=1642,3$  MPa va Po‘lat 3 uchun –  $T_{kr}=2263,4$  MPa) qarshiligi 37,8% ni tashkil etgani aniqlandi, bu esa po‘latdan yasalgan arralararo qistirmalardan foydalanib 4DPZ- 90 va 4DP-130 tola ajratgich hamda 5LP linter mashinalari arrali silindrlarini yig‘ish imkonini beradi.

Po‘latdan yasalgan arralararo qistirmalarni ishlab chiqarish jarayonida payvandlab ulangan belbog‘lar qo‘llaniladi. Shuning uchun, payvandlangan massaga ega bo‘lgan qistirma val o‘qiga nisbatan aylanganda, eksentriklik qiymati  $e=0,078$  m bo‘lgan massa markazi bilan  $\omega=76,44$  s-1 burchak tezligida aylansa, markazdan qochma kuch paydo bo‘ladi. Arralararo po‘lat qistirmalarning bir va ikki belbog‘li konstruksiyalarini statik muvozanatlash usullari aniqlangan. Payvand chokning qarama-qarshi tomonida joylashgan ikkita teshikning diametrini qisqartirish, masalan, bitta belbog‘li qistirma uchun –  $m_k=-6,3 \cdot 10^{-4}$  kg va ikki qatorli qistirma uchun –  $m_k=-1,044 \cdot 10^{-3}$  kg qistirmani statik muvozanatlash imkonini berdi.

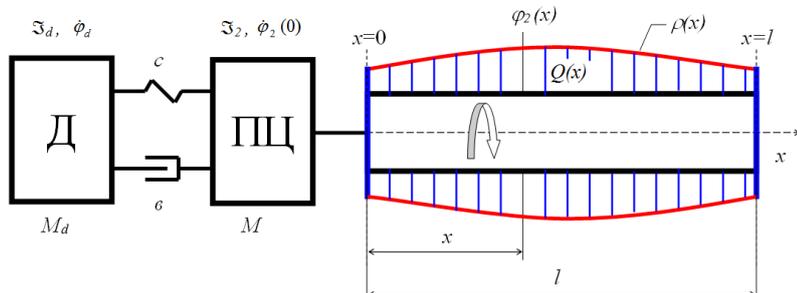
Dissertasiyaning “**Tola ajratgich va linter mashinalari arrali silindrlari dinamikasi**” uchinchi bobida jamlangan va taqsimlangan parametrlarga ega tola ajratgich va linter mashinalari arrali silindrlarining mashina agregatlarini o‘rganish natijalari keltirilgan.

Arrali silindr valining buralishi paytida arralararo qistirmalarning maksimal siqish qiymatlari va burilish burchagini aniqlash uchun biz jamlangan (14-rasm) va

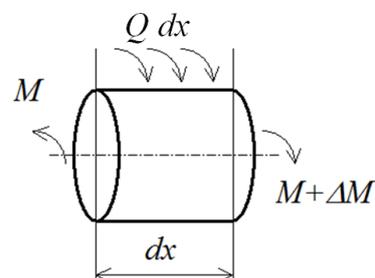
taqsimlangan parametrlarga (15-rasm) ega arrali silindr mashina agregatidan iborat tizimni o'rganamiz.

Lagranj tenglamalaridagi hadlarni aniqlab, umumiy shaklda arrali silindr mashina agregati harakatining differensial tenglamalarini olamiz.

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{S}_d \ddot{\varphi}_d &= M_d - c(\varphi_d - \varphi_2) - \varepsilon(\dot{\varphi}_d - \dot{\varphi}_2), \\ \mathfrak{S}_2 \ddot{\varphi}_2 &= c(\varphi_d - \varphi_2) + \varepsilon(\dot{\varphi}_d - \dot{\varphi}_2) - M_{cp} - M_0 \sin(\omega_2 t + \varphi_{20}) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$



14-rasm. Arrali silindr dinamik modeli

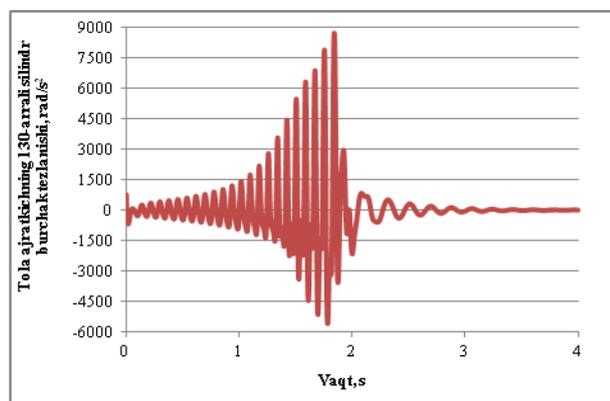


15-rasm. Valning elementar bo'laklariga ta'sir qiluvchi xolatni sxematik tasvirlash

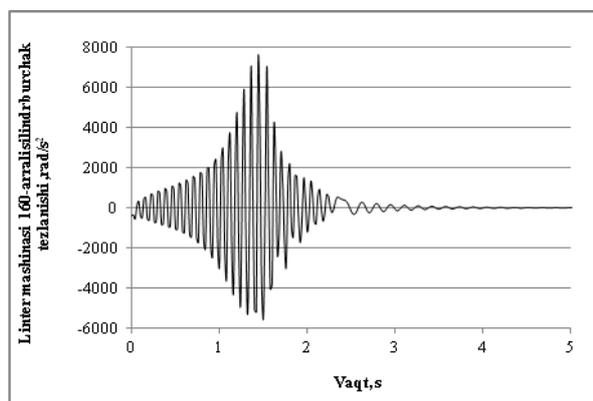
Arrali silindrning mashina agregatining harakatlanish (8) tenglamalarini dvigatelning xarakteristikalari  $t$  vaqtga qarab arrali silindrning burchak tezlanishidagi o'zgarishlar sxemasini qurish imkon berdi (16-rasm).

16a-rasmni tahlil qilish natijalari shuni ko'rsatdiki, elektr dvigatelining kritik harakatlantiruvchi momenti tola ajratgich uchun 40 000  $N \cdot m$  ekanligini va o'tish jarayon 3 s ichida sodir bo'lishini ko'rsatadi; arrali silindr burchak tezlanishining maksimal qiymati  $t=1,844$  s da 8739,828  $rad/s^2$  ni tashkil etadi va burchak tezlanishining o'zgarish funksiyasi sifatida quyidagini ifodalash mumkin.

$$\frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial t^2} = \ddot{\varphi}(t) = 200 e^{2,05t} \cos 75 t. \quad (9)$$



a



b

16-rasm. Vaqtga bog'liq holda tola qistirma (a) va linter (b) mashinalari arrali silindr burchak tezlanishining o'zgarishi

Tayanchlar orasidagi arrali silindrning massasi - 258,8 kg va arralararo qistirmaning radiusini - 0,08 m ni hisobga olgan holda, biz arralararo qistirmadagi yuklamani aniqlaymiz - 180990 N.

$x=0$ , bo'lsa  $\frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = \dot{\varphi}_{2x} = 0$ ,  $\varphi_{2x} = 0$ , u holda  $S_1=0$  va  $S_2=0$  tenglama quyidagicha

bo'ladi:

$$\dot{\varphi}_{2x} = \frac{1}{G I} \left( (200 \rho e^{2,05t} \cos 75 t) x - \frac{M_{cp} + M_0 \cos \pi \omega_2 t}{2 R \Delta \varphi_2 l} x^2 \right), \quad (10)$$

$$\varphi_{2x} = \frac{1}{G I} \left( (200 \rho e^{2,05t} \cos 75 t) \frac{x^2}{2} - \frac{M_{cp} + M_0 \cos \pi \omega_2 t}{6 R \Delta \varphi_2 l} x^3 \right). \quad (11)$$

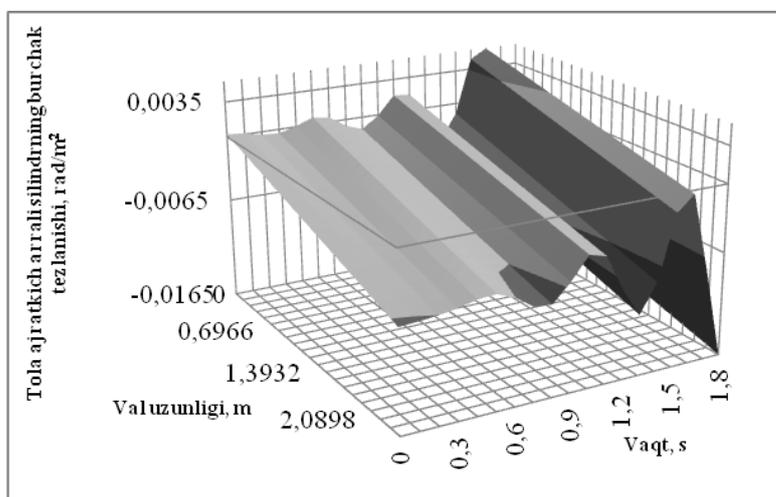
16b-rasmni tahlil qilish natijalari shuni ko'rsatadiki, linter mashinasi arrali silindr burchak tezlanishining maksimal qiymati 7240,021 rad/s<sup>2</sup> ni tashkil qiladi va o'tish jarayon 5 s ichida sodir bo'ladi; elektr dvigateli quvvat sarfining maksimal qiymati  $t=1,5$  s da 182,23 kVt ga yetadi (16b-rasm). Linter mashinasi arrali silindrining burchak tezlanishi o'zgarishi vaqtini ikki qismga bo'lib aniqlash mumkin: I -  $t \in [0; 1,5]$  va II -  $t \in [1,5; 5]$ .

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varphi_{ny}}{\partial t^2} = \ddot{\varphi}_{ny}(t) = 600 t - 490 e^{1,82t} \sin(72 t) & \text{azap } t \in [0; 1,5], \\ \frac{\partial^2 \varphi_{ny}}{\partial t^2} = \ddot{\varphi}_{ny}(t) = -150000 e^{-2t} \cos(55 t) & \text{azap } t \in [1,5; 5]. \end{cases} \quad (12)$$

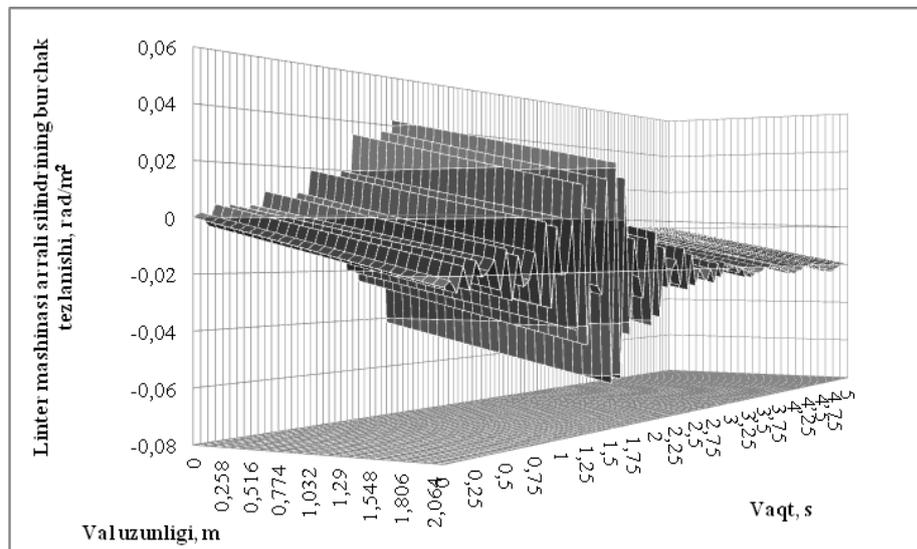
$$\begin{cases} \dot{\varphi}_{nux} = \frac{1}{G I} \left( \rho \cdot (600 t - 490 e^{1,82t} \sin(72 t)) - \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ny} t)}{\pi R l} x \right), \text{ arap } t \in [0; 1,5], \\ \dot{\varphi}_{nux} = \frac{1}{G I} \left( \rho \cdot (-150000 e^{-2t} \cos(55 t)) - \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ny} t)}{\pi R l} x \right), \text{ azap } t \in [1,5; 5]. \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} \varphi_{nux} = \frac{1}{G I} \left( \rho \cdot (600 t - 490 e^{1,82t} \sin(72 t)) \frac{x^2}{2} - \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ny} t)}{6 \pi R l} x^3 \right), \text{ azap } t \in [0; 1,5], \\ \varphi_{nux} = \frac{1}{G I} \left( \rho \cdot (-150000 e^{-2t} \cos(55 t)) \frac{x^2}{2} - \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ny} t)}{6 \pi R l} x^3 \right), \text{ azap } t \in [1,5; 5]. \end{cases} \quad (14)$$

(10-14) tenglamalarni yechish taqsimlangan parametrli tola ajratgich (17-rasm) va linter (18-rasm) mashinalari arrali silindr valining aylanma tebranishlari dinamikasini o'rganish imkonini berdi.



17-rasm. Tola ajratgich arrali silindr valining uzunligi bo'ylab vaqtga bog'liq xolda burchak tezlanishining o'zgarishi



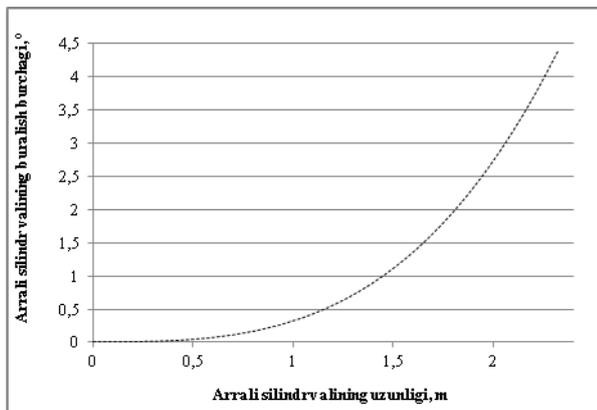
**18-rasm. Val uzunligi bo'yicha va vaqtga bog'liq holda linter mashinasi arrali silindr burchak tezlanishining o'zgarishi**

130 arrali silindrning tayanchlar orasidagi massasi – 258,8 kg, qistirmaning tashqi radiusi – 0,08 m teng ekanligini bilgan holda, qistirmani siqish kuchining maksimal qiymati – 180990 N aniqlashimiz mumkin va bu qiymatlarda arrali silindrning nisbiy buralishning maksimal burchagi  $1,89^{\circ}/m$  ni tashkil qiladi. Po'lat 3 materialidan qistirma ishlab chiqarishda uning siljish moduli 3 barobarga ortishi natijasida qattiqligini 16% ga ortadi va 130 arrali silindrli tola ajratgich valining buralish burchagini 3,172 dan  $1,051^{\circ}/m$  gacha kamayishiga olib keladi.

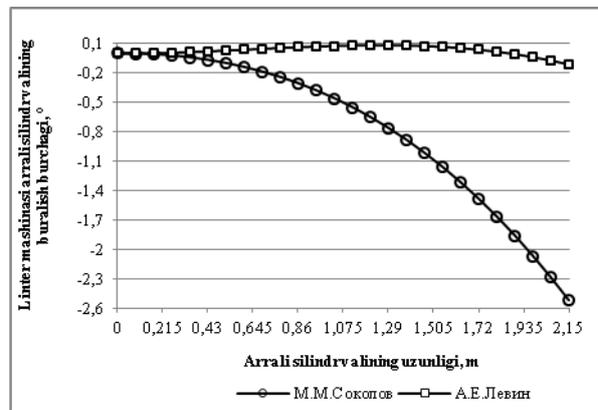
Val  $l$  uzunligiga qarab uning buralish burchagi o'zgarishi grafiklari qurilgan (19-rasm).

A.E.Levin va M.M.Sokolovning tavsiya etilgan xarakteristikalariga ko'ra, linter arrali silindrining mashina agregatini o'rganishi shuni ko'rsatdiki, elektr dvigatelining kritik quvvat sarfi mos ravishda 23,407 va 182,23 kVt, o'tish jarayoni mos ravishda 0,6 va 5 s ichida sodir bo'ladi va linter mashinasining arrali silindri burchak tezlanishining maksimal qiymati  $t=0,171$  s da  $844,666 \text{ rad/s}^2$  ga va  $t=1,441$  s da  $7240,021 \text{ rad/s}^2$  ga yetadi. Shu bilan birga, A.E. Levin tavsiya etgan xarakteristikaga ko'ra ishga tushirish momentining ortishi –  $319,388/240,356=1,329$  ekanligi va M.M. Sokolovga ko'ra –  $5601,694/240,356 = 23,305$  ekanligi aniqlandi. Linter mashinasining arrali silindri valining burilish burchagi qiymatlari o'rtasidagi farq  $2,52^{\circ}/0,108^{\circ}=23,34$  marta va elektr dvigatelning ishga tushirish momenti  $5601,694/319,388 \approx 17,54$  marta ekanligi aniqlandi. Ushbu natijalarni hisobga olgan holda, mashina agregatning dinamikasini hisoblashda A.E.Levin tomonidan taklif qilingan xarakteristikani tavsiya qilamiz.

Tola ajratgich arrali silindrining kritik aylanishlarini o'rganish shuni ko'rsatdiki, tola ajratgich arrali silindrining uzunligi bo'yicha xom-ashyo valigi massasi 0 dan 42 kg/m gacha ortishi bilan kritik burchak tezlik 119,66 dan 101,79 rad/s (15%) gacha kamayadi.  $m_l=38$  kg/m da,  $EJ_x$  tola ajratgich arrali silindr valining egilish bikrligi 100 000 dan 1 000 000 N·m<sup>2</sup> gacha oshishi bilan kritik burchak tezligi 135,02 dan 42,70 rad/s (68,4%) ga kamayadi, bu ( $\omega_r \leq 0,75 \cdot \omega_{1kr}$  – qattiq val)  $76,44 \text{ rad/s} \leq (76,43-77,3) \text{ rad/s}$  birinchi kritik zona hisoblanadi.



a



b

**19-rasm. Val uzunligiga bog‘liq holda burilish holatida tola qistirma (a -  $t=1.8$  s) va linter (b- M.M.Sokolov uchun  $t=1.44$  s, A.E.Levina uchun esa  $t=0.171$  s) mashinalarini arrali silindr vali buralish burchagining o‘zgarishi**

Umuman olganda, radial tebranishlarning chastotasi va amplitudalarini, shuningdek, po‘lat 3 va AK5M2 alyuminiydan yasalgan arralararo qistirmalarning kichik tebranishlarini hisoblash natijalari arrali silindrlarni yig‘ishda seriyali arrali tola ajratgich va linterlar uchun po‘latdan yasalgan arralararo qistirmalardan foydalanish imkoniyatini ko‘rsatdi.

Dissertasiyaning “**Tola ajratgich va linter mashinalari arralararo qistirmalarini mustahkamlik bo‘yicha tajribaviy tadqiqotlari**” to‘rtinchi bobida arralararo qistirmalarning deformatsiyasining tajribaviy tadqiqot natijalari keltirilgan. Buning uchun PMM-125 markali (20-21-rasm) va WAW-1000D (22-23-rasm) presslaridan foydalangan holda tenzometriya usuli foydalanilgan. Eksperimental tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatdiki, arrali disklarga qistirmaning tegish yuzasining oshishi ishchi zonadagi kuchlanishning oshishiga olib keladi.

Listlar qalinligi 2 dan 1,6 mm gacha kamaytirilganda, qistirmaning deformatsiyasi mos ravishda 1,2 va 2 mm bo‘lishi aniqlandi. Shuning uchun, po‘latdan qistirma tayyorlash uchun uni qalinligi kamida 2 mm bo‘lishi kerak. Ushbu qistirma parametrlari bilan kuchlanish  $428,2 \text{ N/m}^2$  ni va tortish kuchi 425000 N ni tashkil qiladi, bu arralararo qistirmaning maksimal siqish kuchidan 2,3 baravar yuqori ekanligi aniqlandi.



a



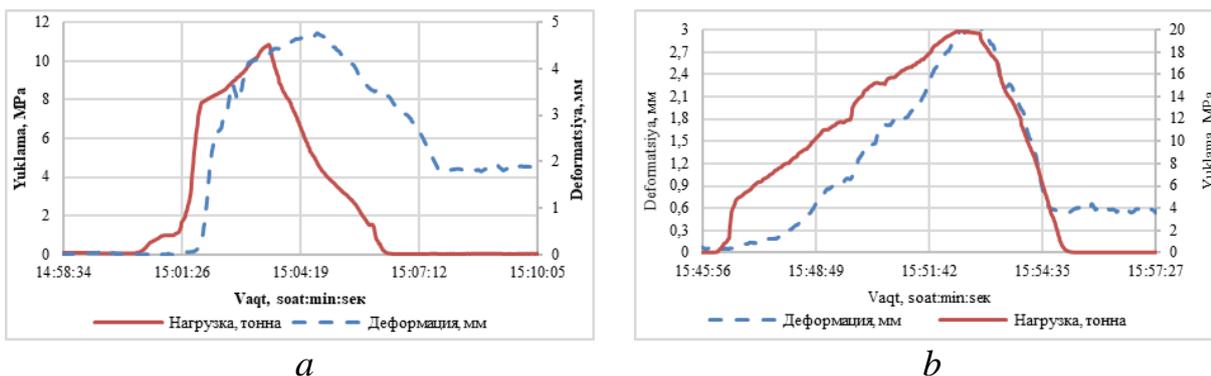
b

a – tajribadan oldin; b – tajribadan keyin

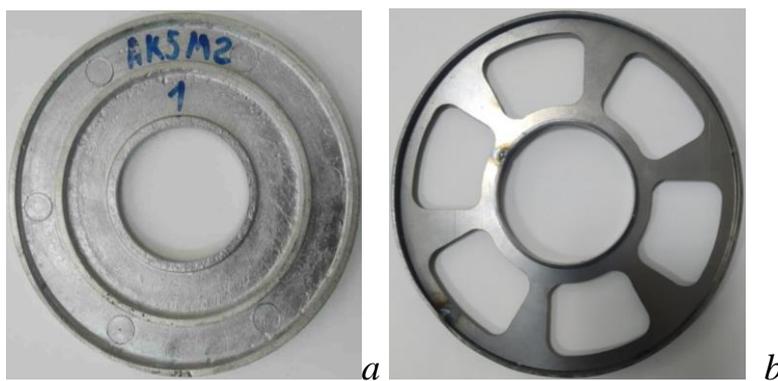
**20-rasm. Fotosurat. Tola ajratgich qistirmasining namunasi**

Listlar qalinligi 2 dan 1 mm gacha kamayishi bilan deformatsiya mos ravishda 0,09 dan 0,44 mm gacha ortishi aniqlandi. Shuning uchun, linter mashinasi qistirmalarini ishlab chiqarish uchun kamida 1,5 mm qalinlikdagi po‘lat 3 listlar

kerak bo'ldi. List qalinligi 1,5 mm bo'lgan qistirma uchun kuchlanish 1,435 MPa va siqish kuchi esa 1500 N ni tashkil qiladi, bunda deformatsiyaga qarshilik 44,4% gacha ortadi.

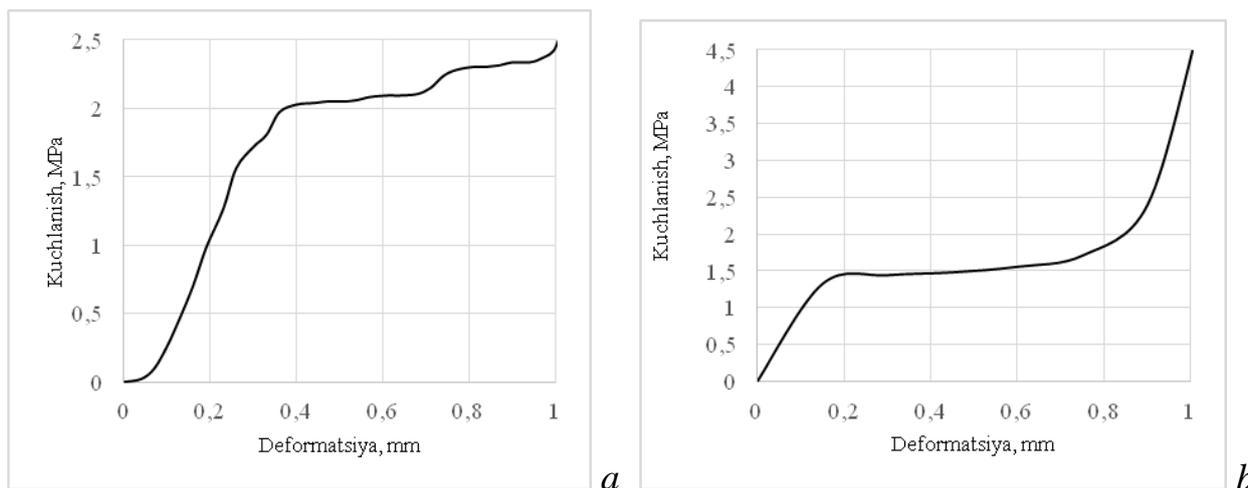


**21-rasm. AK5M2 (a) i Po'lat 3 (b) uchun tola ajratgich qistirmasini siqish diagrammasi**



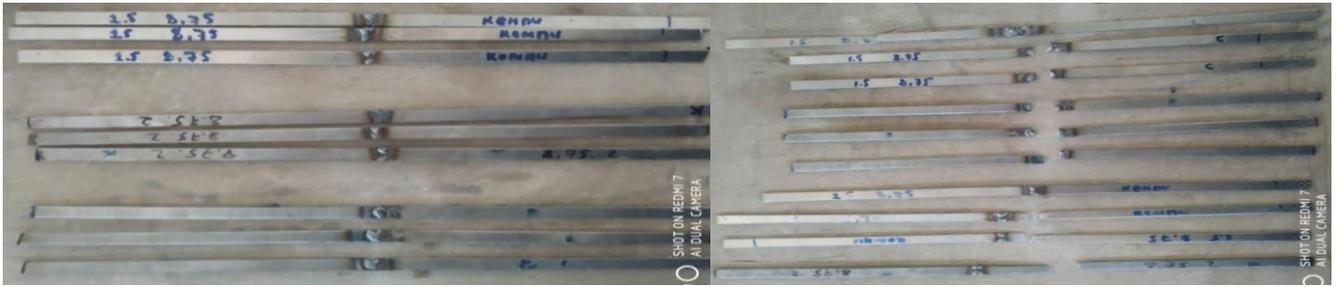
*a* – AK5M2; *b* – Po'lat 3

**22-rasm. Qistirma namunalari**



**23-rasm. 1.5 mm qalinlikdagi AK5M2 (a) va Po'lat 3 (b) qistirmalarini deformatsiya diagrammalari**

Keyingi tadqiqotlar po'lat qistirmalarni yig'ish uchun optimal payvandlash yo'lini topishga qaratilgan edi. Kerakli payvandlash texnologiyasini aniqlash uchun MMA usuli bo'yicha elektr payvandlashda – donali elektrodlar va karbonat angidrid (CO<sub>2</sub>) muhitida – kempy payvandlash usullari ko'rib chiqildi. Rasional payvandlash texnologiyasini aniqlash uchun qalinligi 1,5 va 2 mm bo'lgan belbog'lar tayyorlangan (24-rasm). Qistirmalarni cho'zish bo'yicha eksperimental tadqiqotlarda (23-rasm) WAW-1000D universal sinov mashinasidan foydalanildi.



*a*

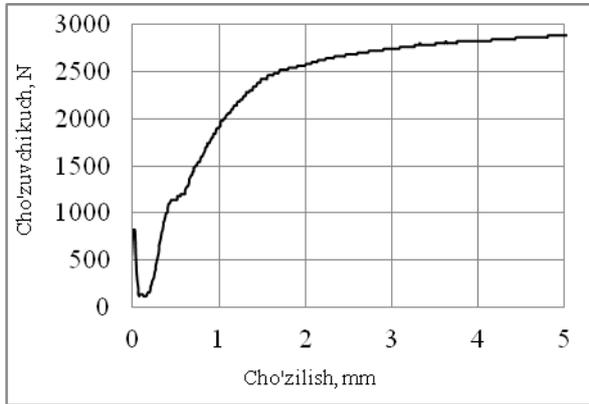
*a* – tajribagacha

*b*

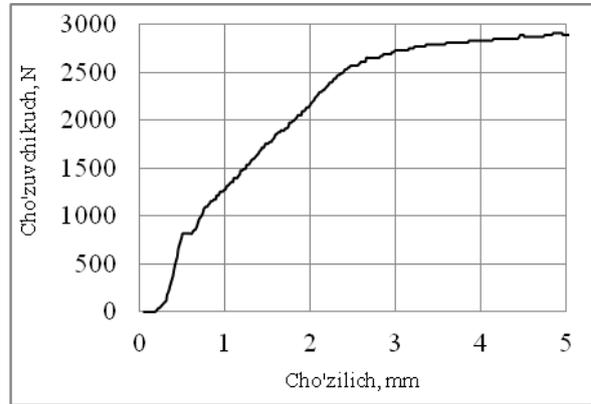
*b* – Tajribadan keyin

**24-rasm. Linter mashinasi qistirmasi uchun po‘lat belbog‘ namunalari**

Payvandlangan namunalarni 5 mm gacha cho‘zish uchun 1,5 mm qalinlikdagi listni elektryoyda – 2820 N va kempida – 2900 N, 2 mm qalinlikdagi listni elektryoyda – 3260 N va kempida – 4440 N talab qilinishi aniqlandi (25 rasm). Bu ko‘rsatkichlar belbog‘larni payvandlashda elektryoy va kempisi usulidan ham foydalanib po‘lat qistirmalarni payvandlash imkonini beradi. Bu usullardan ustuni kempisi payvandlash texnologiyasi bo‘lib, payvandlash zonasida minimal issiqlik kuchlanishini ta‘minlaydi.



*a*

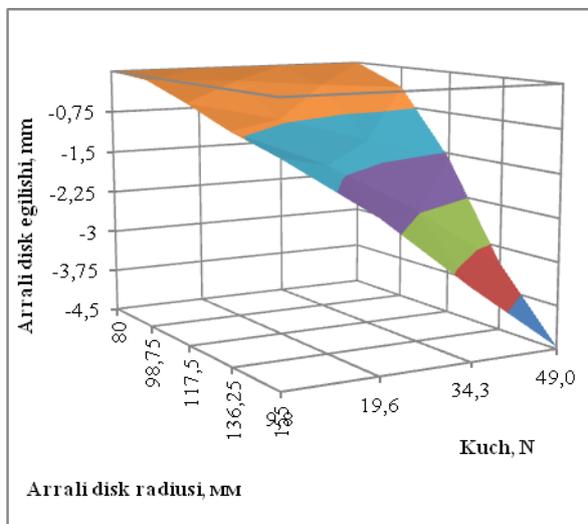


*b*

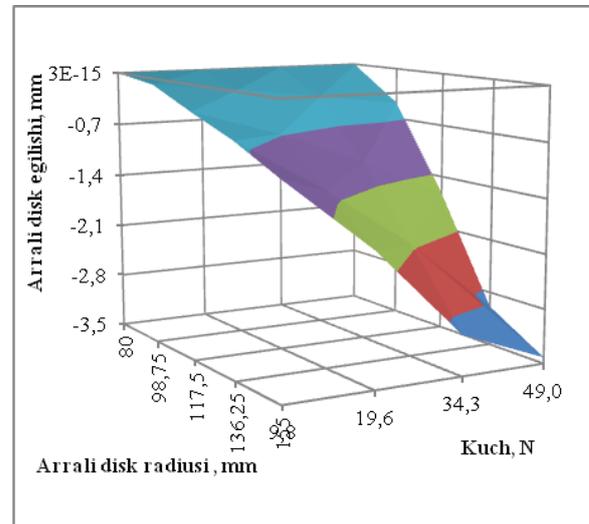
*a* – elektr yoy;

*b* – kempisi

**25-rasm. 1.5 mm qalinlikdagi po‘lat 3 qistirma belbog‘ini cho‘zilish diagrammasi**



*a*



*b*

*a* – AK5M2; *b* – Stal 3

**26-rasm. 0° sektor uchun alyuminiy AK5M2 (*a*) va po‘lat 3 (*b*) qistirmalar arrali disk radiusi va eguvchi kuchga bog‘liq holda arrali disk egilishining o‘zgarishi**

Egilish kuchi 9,8 dan 49 N gacha oshirilganda, ikkita alyuminiy qistirma orasidagi arrali diskning egilish qiymatlari 4,5 mm gacha, po‘latdan yasalgan qistirmalar bilan esa 3,5 mm gacha egilishi aniqlandi. Olingan natijalarning tahlili tola ajratgich va linter mashinalarining arrali silindrlarini yig‘ishda po‘lat qistirmalardan foydalanish maqsadga muvofiqligini ko‘rsatdi. Bu arrali disklarning egilishga qarshiligini AK5M2 alyuminiyga qaraganda 28,6% ga oshiradi.

Arrali disklarning egilishini o‘rganish uchun eksperimental tadqiqot o‘tkazildi (26-rasm). O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida olingan arralari disklarning egilish natijalari A.D.Glushchenko, R.G‘.Mahkamov va N.M.Safarovlarning jinlash jarayoni uchun energiya sarfini baholash bo‘yicha tadqiqot ma‘lumotlari bilan solishtirilib, majburiy ( $f_1$ ) va xususiy ( $f_2$ ) amplitudalari aniqlandi, arrali diskning paxta bilan dinamik ta'siridan tebranishlari (egilishi) har bir kesmaning qalinligini o'rtacha  $h+f_1+f_2$  gacha oshiradi.

A.D.Glushchenko, R.G.Mahkamov va N.M.Safarovlarning maqolasidagi ma‘lum parametrlardan foydalanib, aylana arralarning majburiy va tabiiy tebranishlarining amplitudasini aniqlaymiz:

$$F_1(t) = f_1 \cos \omega_n t + f_2 \cos a_n t = 0,000011 \cdot \cos(76,4 \cdot 97,7) + 0,001004 \cdot \sin(1172,2 \cdot 97,7) = -0,00073 \text{ M} \quad (15)$$

Ushbu holat quvvat sarfining oshishiga olib keladi:

$$N = N_n \cdot \left(1 + \frac{f_1 + f_2}{h}\right) = 35,8 \cdot \left(1 + \frac{0,000011 + 0,001004}{0,00095}\right) = 74,1 \text{ kNm} \quad (16)$$

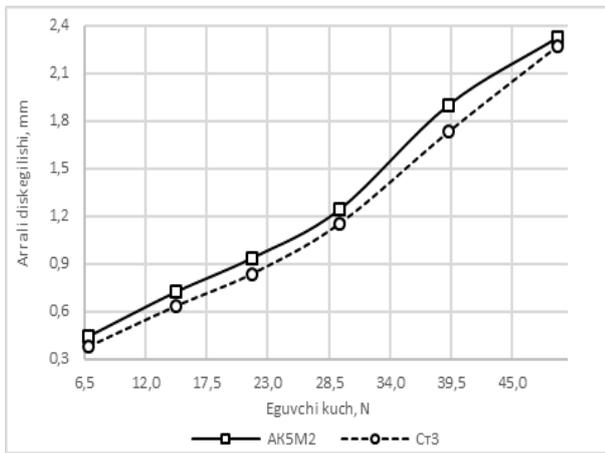
Bu yerda:  $N_n = 35,8$  – arrali silindrining quvvat sarfi, kVt;  $h = 0,00095$  – arrali diskning qalinligi, m.

(15) va (16) tenglamalarni hisoblash 0,7 mm amplituda bilan tavsiflangan o'rta tolali paxta tolasini ajratishda arrali silindr disklarining tebranishlarini o'rnatish imkonini berdi, bu esa 38,3 kVt qo'shimcha quvvat yo'qotishlariga olib kelishini ko'rsatdi.

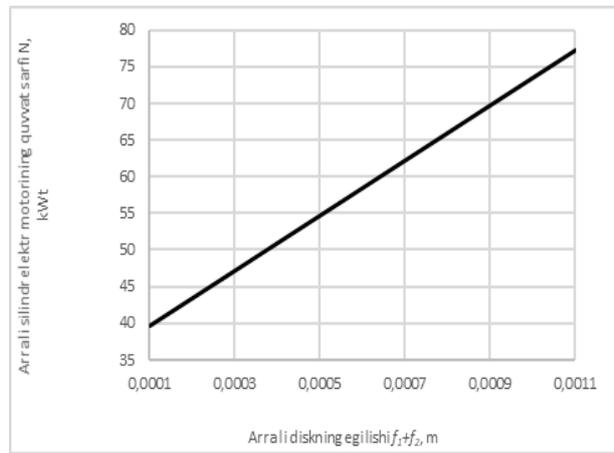
Shu bilan birga, tadqiqotlar po‘lat materialidan tayyorlangan qistirmalardan tashkil topgan arrali silindrdagi diskning egilishini 0,095 mm ga kamayishini ko‘rsatadi (27-rasm), u holda arrali diskning tebranish amplitudasi  $f_1+f_2=-0,000084+0,000909=-0,000824$  m.

Bu quvvat sarfining 74,1 dan 66,9 kVtgacha pasayishini ko'rsatadi (28-rasm), ya'ni 9,7% gacha kamaytirish imkon berdi. Bu energiya iste'molining 74,1 dan 66,9 kVtgacha pasayishini ko'rsatadi (28-rasm), ya'ni. 9,7% ga. Arrali disklarning egilishini o‘rganish uchun eksperimental tadqiqot o‘tkazildi (26-rasm). Egilish kuchi 9,8 dan 49 N gacha oshirilganda, ikkita alyuminiy qistirma orasidagi arrali diskning egilish qiymatlari 4,5 mm gacha, po‘latdan yasalgan qistirmalar bilan esa 3,5 mm gacha egilishi aniqlandi. Olingan natijalarning tahlili tola ajratgich va linter mashinalarining arrali silindrlarini yig‘ishda po‘lat qistirmalardan foydalanish maqsadga muvofiqligini ko‘rsatdi.

Bu arrali disklarning egilishga qarshiligini AK5M2 alyuminiyga qaraganda 28,6% ga oshiradi. Eksperimental tadqiqotlar natijasida olingan arralarni egilish



**27-rasm. Eguvchi kuchga qarab arrali diskning egilishining o'zgarishi**



**28-rasm. Arrali diskning egilishiga qarab, arrali silindrlilik elektr motorining quvvat sarfini o'zgartirishi**

Bu holda

$$N = 35,8 \cdot \left( 1 + \frac{0,000084 + 0,000909}{0,00095} \right) = 66,9 \text{ kNm} , \quad (17)$$

natijalari quvvat sarfini 74,1 dan 66,9 kVt, ya'ni 9,7% gacha kamaytirish imkon berdi.

Dissertasiyaning “**Tola ajratgich va linter mashinalarini yangi konstruksiyadagi arralararo qistirmalarini tajirabiy sinash**” beshinchi bobida ishlab chiqarish sharoitida tola ajratgich va linter mashinalari uchun arralararo qistirmaning yangi konstruksiyasini tajirabiy natijalari keltirilgan.

Ishlab chiqilgan arralararo qistirmaning ishlab chiqarish sharoitida o'tkazilgan sinov natijalari uni 4DP-130 tola ajratgich 130 arrali silindriga o'rnatish bilan paxtadan tolani ajratish texnologik jarayoniga joriy etishni ta'minladi.

Arralararo qistirmani joriy etishdan kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik yiliga 15,538 mln. so'mni (sarf qilingan harajatlarni qoplagan holda) tashkil etadi. 4DPZ-90 tola ajratgichning 90 arrali silindrini yig'ishda esa yiliga 20,563 mln.so'mni (sarf qilingan harajatlarni to'liq qoplagan holda) tashkil etadi.

5LP linter mashinasining po'lat qistirmalarining sanoat sinovlari natijasida po'lat qistirmalar chigitni linterlash jarayoni talablariga javob berishi aniqlandi. Bunda chigit bo'yicha ish unumdorligi 949,4 kg/soat, arrali silindrga quvvat sarfi esa 15,83 kVt ekanligi aniqlandi. 5LP markali bitta linter mashinasi uchun kutilayotgan yillik iqtisodiy samaradorlik 12,557 mln. so'mni tashkil etadi.

## XULOSA

Tolalarni ajratish va linterlash mashinalarining arralararo qistirmalarining konstruksion parametrlarini ishlab chiqish va asoslash bo'yicha nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalari quyidagi xulosa va tavsiyalarni shakllantirishga imkon berdi:

1. Arrali tola ajratish texnologik mashinalari tahlili asosida mahalliy 90-, 130-arrali tola ajratgichlar va 160-arrali linter mashinalari (arralararo qistirma qalinligi - mos ravishda 17,05 va 8,75 mm) hamda “EagleMax Series 201 Saw gin” (AQSh –

Continental Eagle), Maharaja 158 (Hindiston – Nipha) va MY-171 (Xitoy – Swan) kabi xorijiy mashinlarning konstruktiv va texnologik ko‘rsatkichlarini belgilash imkonini berdi.

2. Mahalliy tola ajratgich va linter mashinalari ishini tahlil qilish natijalariga ko‘ra, diskli arralarning kolosnikli panjara tirqishlari orasidagi joylashish aniqligi ta‘minlanmagan. AK5M2 alyuminiy qotishmadan tayyorlangan seriyali qistirmalarning mavjud kamchiliklarini bartaraf etish uchun po‘lat 3 dan yasalgan tola ajratgich va linter mashinalari arralararo qistirmasining yangi konstruksiyasi taklif qilindi.

3. Arralararo qistirmalarning radial tebranish chastotasi hisob-kitoblari asosida alyuminiy AK5M2 dan farqli o‘laroq, po‘lat 3 uchun vertikal yo‘nalishdagi tebranishlarning 6,2% ga kamayishi aniqlandi. Bundan tashqari, arralararo qistirmalarning radial tebranishlarga chidamliligi tola ajratgich uchun (AK5M2 –  $44013,87 \text{ s}^{-1}$  va po‘lat 3 –  $46917,65 \text{ s}^{-1}$ ) 6,59% ga va linter mashinasi uchun (AK5M2 –  $75547,14 \text{ s}^{-1}$  va po‘lat 3 –  $108751,5 \text{ s}^{-1}$ ) 43,95% ga ortadi, bu tola ajratgich va linter mashinalari arrali silindr aylanish tezligidan ( $76,44 \text{ s}^{-1}$ ) ancha yuqori.

4. Arralararo qistirmalarning kichik tebranishlarini hisoblash AK5M2 alyuminiyga ( $\tau=1,84783 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ ) nisbatan tola ajratgich uchun po‘lat 3 dan ( $\tau=7,23079 \cdot 10^{-5} \text{ s}$ ) yasalganda tebranishlar davrining 2,5 martaga va linter mashinasi uchun po‘lat 3 dan ( $\tau=4,085 \cdot 10^{-5} \text{ s}$ ) AK5M2 alyuminiy ( $\tau=1,176 \cdot 10^{-4} \text{ s}$ ) ga nisbatan 2,88 marta qisqarishini aniqlash imkonini berdi.

5. Linter mashinasi arralararo qistirmalarining radial tebranishlari amplitudasi alyuminiy AK5M2 ( $4,646 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ) ga nisbatan po‘lat 3 da ( $5,296 \cdot 10^{-8} \text{ m}$ ) 8,7 martaga kamaygan hisoblangan. Arralararo qistirmalarning ustuvorligi aniqlangan va alyuminiy AK5M2 ( $n=0,3276$ ) ga nisbatan po‘lat 3 ( $n=0,4672$ ) da yarim to‘lqinlar sonining 42,6% o‘shishi aniqlangan. Bundan tashqari, arralararo qistirmalarning kritik bosimga chidamliligi (AK5M2 –  $T_{kr}=1642,3 \text{ MPa}$  va Po‘lat 3 –  $T_{kr}=2263,4 \text{ MPa}$ ) 37,8% ga oshganligi aniqlangan, bu esa 4DPZ-90, 4DP- 130 tola ajratgichlar va 5LP linter mashinalari arrali silindrlarini yig‘ishda po‘latdan yasalgan arralararo qistirmalardan foydalanish imkoniyatini ko‘rsatdi.

6. Po‘latdan yasalgan arralararo qismlarning bir va ikki belbog‘li konstruksiyalarini statik muvozanatlash usullari aniqlangan. Payvandlangan choklarga qarama-qarshi joylashgan ikkita teshikning diametrlarini o‘zgartirish orqali qistirmani statik muvozanatlangan, masalan, bitta belbog‘ uchun –  $m_k=-6,3 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$  va ikkita belbog‘ –  $m_k=-1,044 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$

7. Elektrovigatel kritik harakatlantiruvchi momenti 40000 N·m va arrali silindrning burchak tezlanishining  $t=1,8 \text{ s}$  dagi maksimal qiymati  $-8739,828 \text{ rad/s}^2$  tengligi aniqlangan. 130 arrali silindrning tayanchlar orasidagi massasi – 258,8 kg, qistirmaning tashqi radiusi – 0,08 m teng ekanligini bilgan holda, qistirmani siqish kuchining maksimal qiymati – 180990 N aniqlashimiz mumkin va bu qiymatlarda arrali silindrning nisbiy buralishning maksimal burchagi  $1,89^\circ / \text{m}$  ni tashkil qiladi. Po‘lat 3 materialidan qistirma ishlab chiqarishda uning siljish moduli 3 barobarga ortishi natijasida qattiqligini 16% ga ortadi va 130 arrali silindrli tola ajratgich valining buralish burchagini 3,172 dan  $1,051^\circ / \text{m}$  gacha kamayishiga olib keladi.

8. A.E. Levin va M.M. Sokolov tomonidan tavsiya etilgan xarakteristikalariga ko'ra, linter arrali silindrining mashina agregatini o'rganishi shuni ko'rsatdiki, elektr dvigatelining kritik quvvat sarfi mos ravishda 23,407 va 182,23 kVt, o'tish jarayoni mos ravishda 0,6 va 5 s ichida sodir bo'ladi va linter mashinasining arrali silindri burchak tezlanishining maksimal qiymati  $t=0,171$  s da  $844,666 \text{ rad/s}^2$  ga va  $t=1,441$  s da  $7240,021 \text{ rad/s}^2$  ga yetadi. Shu bilan birga, A.E. Levin tavsiya etgan xarakteristikaga ko'ra ishga tushirish momentining ortishi –  $319,388/240,356=1,329$  ekanligi va M.M. Sokolovga ko'ra –  $5601,694/240,356 = 23,305$  ekanligi aniqlandi. Linter mashinasi arrali silindri valining burilish burchagi qiymatlari o'rtasidagi farq  $2,52^\circ/0,108^\circ=23,34$  marta va elektr dvigatelning ishga tushirish momenti  $5601,694/319,388\approx 17,54$  marta ekanligi aniqlandi. Ushbu natijalarni hisobga olgan holda, mashina agregatning dinamikasini hisoblashda A.E. Levin tomonidan taklif qilingan xarakteristikani tavsiya qilamiz.

9. Tola ajratgich arrali silindrining kritik aylanishlarini o'rganish shuni ko'rsatdiki, tola ajratgich arrali silindrining uzunligi bo'yicha xom-ashyo valigi massasi 0 dan 42 kg/m gacha ortishi bilan kritik burchak tezlik 119,66 dan 101,79 rad/s (15%) gacha kamayadi.  $m_l=38$  kg/m da,  $EJ_x$  tola ajratgich arrali silindr valining egilish qattiqligi 100 000 dan 1 000 000 N·m<sup>2</sup> gacha oshishi bilan kritik burchak tezligi 135,02 dan 42,70 rad/s (68,4%) ga kamayadi, bu ( $\omega_r \leq 0,75 \cdot \omega_{1kr}$  – qattiq val)  $76,44 \text{ rad/s} \leq (76,43-77,3) \text{ rad/s}$  birinchi kritik zona hisoblanadi.

10. Listlar qalinligi 2 dan 1,6 mm gacha kamaytirilganda, qistirmaning deformatsiyasi mos ravishda 1,2 va 2 mm bo'lishi aniqlandi. Shuning uchun, po'latdan qistirma tayyorlash uchun uni qalinligi kamida 2 mm bo'lishi kerak. Ushbu qistirma parametrlari bilan kuchlanish 428,2 N/m<sup>2</sup> ni va tortish kuchi 425000 N ni tashkil qiladi, bu arralararo qistirmaning maksimal siqish kuchidan 2,3 baravar yuqori ekanligi aniqlandi.

11. Listlar qalinligi 2 dan 1 mm gacha kamayishi bilan deformatsiya mos ravishda 0,09 dan 0,44 mm gacha ortishi aniqlandi. Shuning uchun, linter mashinasi qistirmalarini ishlab chiqarish uchun kamida 1,5 mm qalinlikdagi po'lat 3 listlar kerak bo'ladi. List qalinligi 1,5 mm bo'lgan qistirma uchun kuchlanish 1,435 MPa va siqish kuchi esa 1500 N ni tashkil qiladi, bunda deformatsiyaga qarshilik 44,4% gacha ortadi.

12. Payvandlangan namunalarni 5 mm gacha cho'zish uchun 1,5 mm qalinlikdagi listni elektryoyda – 2820 N va kempida – 2900 N, 2 mm qalinlikdagi listni elektryoyda – 3260 N va kempida – 4440 N talab qilinishi aniqlandi. Bu ko'rsatkichlar belbog'larni payvandlashda elektryoy va kempi usulidan ham foydalanib po'lat qistirmalarni payvandlash imkonini beradi. Bu usullardan ustuni kempi payvandlash texnologiyasi bo'lib, payvandlash zonasida minimal issiqlik kuchlanishini ta'minlaydi.

13. Egilish kuchi 9,8 dan 49 N gacha oshirilganda, ikkita alyuminiy qistirma orasidagi arrali diskning egilish qiymatlari 4,5 mm gacha, po'latdan yasalgan qistirmalar bilan esa 3,5 mm gacha egilishi aniqlandi. Olingan natijalarning tahlili tola ajratgich va linter mashinalarining arrali silindrlarini yig'ishda po'lat qistirmalardan foydalanish maqsadga muvofiqligini ko'rsatdi. Bu arrali disklarning

egilishga qarshiligini AK5M2 alyuminiyga qaraganda 28,6% ga oshiradi. Eksperimental tadqiqotlar natijasida olingan arralarni egilish natijalari quvvat sarfini 74,1 dan 66,9 kVt, ya'ni 9,7% gacha kamaytirish imkon berdi.

14. Ishlab chiqilgan arralararo qistirmaning ishlab chiqarish sharoitida o'tkazilgan sinov natijalari uni 4DP-130 tola ajratgich 130 arrali silindriga o'rnatish bilan paxtadan tolani ajratish texnologik jarayoniga joriy etishni ta'minladi. Arralararo qistirmani joriy etishdan kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik yiliga 15,538 million so'mni (sarf qilingan harajatlarni qoplagan holda) tashkil etadi. 4DPZ-90 tola ajratgichning 90 arrali silindrini yig'ishda esa yiliga 20,563 mln.so'mni (sarf qilingan harajatlarni to'liq qoplagan holda) tashkil etadi.

15. 5LP linter mashinasining po'lat qistirmalarining sanoat sinovlari natijasida po'lat qistirmalar chigitni linterlash jarayoni talablariga javob berishi aniqlandi. Bunda chigit bo'yicha ish unumdorligi 949,4 kg/soat, arrali silindrga quvvat sarfi esa 15,83 kVt ekanligi aniqlandi. 5LP markali bitta linter mashinasi uchun kutilayotgan yillik iqtisodiy samaradorlik 12,557 mln. so'mni tashkil etadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.30/30.11.2021.Т.141.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ АКЦИОНЕРНОМ ОБЩЕСТВЕ  
“РАХТАСАНОАТ ИЛМИҲ МАКАЗИ”**

---

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН ИНСТИТУТ  
МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ ИМЕНИ  
М.Т.УРАЗБАЕВА**

**ИБРАГИМОВ ФАРХОД ХАЙРУЛЛОЕВИЧ**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ПИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРОВ  
ВОЛОКНООТДЕЛИТЕЛЬНЫХ И ЛИНТЕРНЫХ МАШИН**

**05.02.03 – «Технологические машины. Роботы, мехатроника и робототехнические  
системы»**

**АВТОРЕФЕРАТ ДОКТОРСКОЙ (DSc) ДИССЕРТАЦИИ ПО  
ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2024**

Тема диссертации доктора (DSc) наук зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2023.4DSc/T715.

Диссертация выполнена в Институте механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т.Урозбоева.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском и английском (резюме)) размещен на веб-сайте АО «Пахтасаноат илмий маркази» (<http://paxtasanoatilm.uz/>) и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный консультант:** Мухаммадиев Давлат Мустафаевич  
Доктор технической наук, профессор

**Официальные оппоненты:** Тошпулатов Солих Шукурович  
Доктор технической наук, профессор  
Саримсаков Олимжон Шарифжанович  
Доктор технической наук, профессор  
Сафаров Назиржон Мухаммаджонович  
Доктор технической наук, профессор

**Ведущая организация:** Ферганский политехнический институт

Защита диссертации состоится 16 июля 2024 года в 11<sup>00</sup> часов на заседании Ученого совета DSc.30/30.11.2021.T.141.01 при АО «Пахтасаноат илмий маркази» (Адрес: 100070., г. Ташкент, ул. Шота Руставели-8, тел.: (+99871) 207-04-03, факс: (+99871) 256-04-21, e-mail: <http://paxtasanoatilm.uz/>) (здание АО «Пахтасаноат илмий маркази», 3-этаж, зал заседаний)).

С диссертационной работой можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре АО «Научном центре хлопковой промышленности» (зарегистрирована за №33). Адрес: 100070., г. Ташкент, ул. Шота Руставели-8, тел.: (+99871) 207-04-03 факс: (+99871) 256-04-21.

Автореферат диссертации разослан 06 июля 2024 года.  
(реестр протокола рассылки № 33 от 06 июля 2024 года).





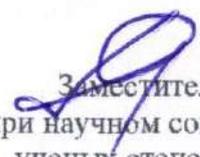
**Т.М. Кулиев**

Председатель научного совета  
по присуждению ученых  
степеней, т.ф.д., проф.



**М.Р. Муминов**

Ученый секретарь научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
д.ф.н.н., м.н.с.



**Р.Ш. Сулаймонов**

Заместитель научного семинара  
при научном совете по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., профессор

## ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации (DSc))

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире хлопковое сырье выращивается в тропических и субтропических регионах и широко используется для производства одежды, предметов домашнего обихода, промышленных товаров и медицинских перевязочных материалов, а также традиционных гигиенических средств на текстильных предприятиях. В связи с этим в 2023-2028 г. ожидается рост объема рынка хлопка с 42,80 млрд долларов США в 2023 г. до 48,90 млрд долларов США к 2028 г. при среднегодовом темпе роста 2,7%<sup>5</sup>. В связи с этим важно использовать высокоэффективное и энергосберегающее оборудование и приборы для качественной переработки хлопкового сырья.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на разработку новых научно-технических решений для ресурсоэффективных технологий и техники по переработке хлопкового сырья. В этом направлении Узбекистан, выращивая 0,59 миллиона тонн хлопка, занимает 8-е место в мире после Китая (5,6), Индии (5,385), Бразилии (3,3), США (2,707), Пакистана (1,475), Австралии (0,925) и Турции (0,75), и из третьего экспортера с 1 миллионом гектаров посевных площадей превратился в импортера<sup>6</sup>. В этих странах уделяется особое внимание созданию и совершенствованию ресурсоэффективных машин и запасных частей для хлопкоочистительных заводов с целью снижения себестоимости переработки хлопкового сырья при сохранении его природных свойств.

В Республике проводятся научные исследования, направленные на создание новой техники и технологий, позволяющих эффективно использовать передовые достижения науки и техники, совершенствуя существующие. Так как хлопкоочистительная промышленность республики нуждается в новых разработках и исследованиях для повышения эффективности конструкций хлопкоочистительных машин, в республике проводятся масштабные мероприятия по созданию эффективных конструкций узлов и деталей машин и агрегатов первичной обработки хлопка, причем определенные результаты уже достигнуты. В частности, из средств Государственного бюджета Республики Узбекистан на 2024 г. предусмотрено 693,5 млрд сум. на финансирование научных проектов в рамках государственных программ, а для создания и оснащения научных лабораторий современным высокотехнологичным оборудованием – 84,7 млрд сум. При этом на краткосрочные научные стажировки молодых ученых отведено 20,655 млрд сум.<sup>7</sup>. В то же время для ускоренного роста экономики требуется эффективное использование передовых достижений для коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности научно-исследовательских и высших образовательных учреждений страны. В нынешних рыночных экономических реалиях это требует повышения качества и конкурентоспособности

<sup>5</sup> <https://www.mordorintelligence.com>

<sup>6</sup> [https://icac.shinyapps.io/ICAC\\_Open\\_Data\\_Dashboarad](https://icac.shinyapps.io/ICAC_Open_Data_Dashboarad)

<sup>7</sup> <https://lex.uz/pdfs/6707765>

выпускаемой продукции, что напрямую зависит от энерго- и ресурсосбережения узлов и деталей технологических машин. В этой связи ключевой задачей хлопкоочистительной промышленности значится усовершенствование технологических машин с целью перевооружения её современным оборудованием и технологиями. При энерго- и ресурсосбережении рабочих частей хлопкоочистительных машин необходимо учесть, что при правильно собранных компонентах, хорошо отлаженных технологических промежутках и компоновках машины будут работать бесперебойно и производить высококачественную хлопковую продукцию.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 г. “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы”, в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-307 от 6 июля 2022 г. «Об организационных мерах по реализации стратегии инновационного развития Республики Узбекистан на 2022 — 2026 годы», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан по направлению II. «Энергетика, энергия и энергосбережение».

#### **Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>8</sup>.**

Научные исследования по разработке конструкции пильного цилиндра для волоконоотделителей и линтерных машин проводят ведущие мировые научно-исследовательские центры и высшие учебные заведения, в том числе Agricultural Research Service, McCleskey Saw and Machine, Lummus, Continental eagle (США), Shandong Swan Cotton Industrial Machinery Stock Co.,Ltd (Китай), Nipha, Bajaj Steel Industries Limited (Индия) и Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, АО «Paxtasanoat ilmiy markazi», институт Механики и сейсмостойкости сооружений (Узбекистан).

В результате проведенных в мире исследований по совершенствованию техники и технологий разработки конструкции пильных цилиндров для волоконоотделительных и линтерных машин был получен ряд научных результатов, в том числе следующие: была создана система управления "IntelliGin", которая оптимизирует затраты на процесс волоконоотделения, сводит к минимуму повреждение волокон при использовании машин (Agricultural Research Service, США); за счет уменьшения контакта (вибрации) пильного цилиндра с колосниковой решеткой до 0,005 мм был разработан метод автоматической регулировки (оборудование McSamі), который увеличивает продолжительность его эксплуатации и время их замены

---

<sup>8</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации осуществлен на основе следующих источников: <https://instmech.academy.uz>, <http://lummus.com>, <http://cotton.org>, <http://niphaindia.com>, <http://www.sdmj.com>, <http://ginningspares.com>, <https://www.researchgate.net>, <https://phoenixp3.com>, <https://komet.gr>

(McCleskey Saw and Machine, США); Афинский и Ахмедабадский промышленные производители Lummus, Bajaj Continental наладили производство запасных частей для пильных волоконотделителей – колосниковых решеток, дисковых пил, пильных цилиндров, алюминиевых междупильных прокладок в соответствии с международными стандартами качества (КОМЕТ, Греция), (С.N.INDUSTRIAL PRODUCT, Индия); разработана междупильная прокладка, геометрические оси которой выполнены эксцентрично относительно оси вращения, а геометрические оси промежуточных деталей расположены по спирали вдоль оси вращения (Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Узбекистан); разработан способ изготовления межпильных прокладок для хлопкоочистительных машин из полиамидного материала (АО «Paxtasanoat ilmiy markazi», Узбекистан); разработаны методы расчета динамических, энергетических и прочностных показателей междупильных прокладок для волоконотделительных и линтерных машин и технология изготовления их из стали (Институт механики и сейсмостойкости сооружений, Узбекистан).

В мире проводится ряд исследований по созданию устройств и технологий для волоконотделительных и линтерных машин, в том числе по следующим приоритетным направлениям: изменение площади поперечных сечений рабочих камер и их объемы; принудительное вращение сырцовых и семенных валиков; разработка систем автоматического управления для оптимизации затрат на волоконотделение и линтерование, минимизации повреждения волокна и использования оборудования; среди них - поиск конструктивных решений для стабилизации процессов отделения волокон от семян и линтерования, а также экономии энергии и ресурсов рабочих органов машин.

**Степень изученности проблемы.** Исследования по совершенствованию рабочих узлов и агрегатов волоконотделительных и линтерных машин, снижению энергозатрат и повышению ресурса и прочности узлов и деталей, а также сохранению природных свойств хлопка проведены в исследованиях такими зарубежными учеными, как E.Whitney, S.Z.Hall, T.Elliot, S.E.Hughs, R.N.Rakoff, A.V.Stanley, R.G.Hardin, P.A.Funk, G.A.Holt, C.B.Armijo и др.

Исследования в данном направлении также осуществлены многими отечественными учеными, в том числе такими, как Р.Г.Махкамов, П.Н.Тютин, Р.Ш.Рахматкариев, А.Джураев, И.Т.Максудов, А.Максудов, М.Тиллаев, М.Агзамов, Д.Якубов, А.Артукметов, Д.М.Мухаммадиев, С.З.Юнусов, О.Х.Абзоиров и др. Ими установлены пути повышения эффективности волоконотделительной и линтерной машины, оснащения их ресурсосберегающими узлами и агрегатами, а также снижения энергозатрат в процессе волоконотделения хлопка и линтерования семян.

Несмотря на значительное число работ по разработке и изготовлению технологических машин для волоконотделения и линтерования семян, остаются недостаточно изученными и актуальными вопросы ресурсосбережения, повышения прочности и надежности междупильных прокладок, точности расположения пильных дисков относительно колосников рабочих камер указанных машин, а также динамических процессов при выполнении

технологических процессов волокноотделительными и линтерными машинами с целью определения их рациональных технологических, динамических и конструктивных параметров.

**Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательских работ Института механики и сейсмостойкости сооружений по инновационным проектам ИОТ-2017-2-15. «Внедрение новой технологии изготовления междупильной прокладки пильного цилиндра джина» (2017–2018) и ИЛ-21091375 «Разработка технологии производства новой конструкции прокладок для линтера» (2022–2024).

**Целью исследования** является создание технологии изготовления ресурсосберегающей конструкции междупильных прокладок и научное обоснование параметров пильных цилиндров волокноотделительных и линтерных машин.

**Задачи исследования:**

проанализировать технологические процессы волокноотделения хлопка и линтерования семян, разработать ресурсосберегающие конструкции пильных цилиндров волокноотделительной и линтерной машин;

изучить динамику колебаний междупильных прокладок пильных цилиндров волокноотделительных и линтерных машин;

разработать динамические и математические модели движения машинных агрегатов с сосредоточенными и распределенными параметрами для выявления закономерности крутильных колебаний и углов поворотов валов пильных цилиндров волокноотделительной и линтерной машин;

экспериментально определить прочностные показатели разрабатываемой конструкции междупильных прокладок указанных машин;

определить эффективность разработанной конструкции пильного цилиндра за счет снижения энергопотребления и повышения ресурсосбережения пильных цилиндров волокноотделительных и линтерных машин.

**Объект исследования** пильные цилиндры с междупильными прокладками волокноотделителя 4ДП-130 и линтера 5ЛП.

**Предмет исследования** научно-технические основы создания ресурсосберегающих конструкций пильных цилиндров для волокноотделительных и линтерных машин за счет обоснования рационального материала для изготовления междупильных прокладок.

**Методы исследования.** В процессе исследования применены методы, основанные на теоретической и прикладной механике, теории механизмов и машин, математическом моделировании рабочих процессов технологической машины, математической статистике планирования и обработке экспериментальных данных.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

разработана новая конструкция междупильных прокладок с применением ресурсосберегающего материала волокноотделительных и линтерных машин (Патент Республики Узбекистан на изобретение IAP 06691), обеспечивающая при работе уменьшение изгиба пильного диска, амплитуды радиальных колебаний и снижения силы затяжки;

разработана методика расчета параметров колебаний пильных цилиндров с рациональными междупильными прокладками волокноотделительной и линтерной машин;

определены закономерности крутильных колебаний и углов поворотов валов при кручении пильных цилиндров волокноотделительных и линтерных машин с сосредоточенными и распределенными параметрами на основе использования разработанной методики расчетов динамики машинных агрегатов;

обоснованы экспериментальными исследованиями прочностные показатели ресурсосберегающей конструкции междупильных прокладок волокноотделительной и линтерной машин из стали (Ст.3), при этом определены напряжения и сила затяжки пильных цилиндров, а также рациональная толщина междупильных прокладок из стали;

установлены основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные показатели пильных цилиндров волокноотделителя (Патенты Республики Узбекистан на полезные модели FAP 01182 и FAP 00786) и линтера с ресурсосберегающими конструкциями междупильных прокладок по энергозатратам.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

разработанная методика расчета колебательных параметров динамики междупильных прокладок волокноотделительной и линтерной машин позволяет определить ресурсосберегающий материал для их изготовления;

методика расчета динамики машинных агрегатов с сосредоточенными и распределенными параметрами позволила установить закономерности изменения крутильных колебаний и углов поворота валов при кручении пильных цилиндров и обеспечить их прочность;

разработаны программы и методика испытаний междупильных прокладок волокноотделительной и линтерной машин из различных материалов;

создана ресурсосберегающая конструкция пильных цилиндров волокноотделительной и линтерной машин из стальных (Ст.3) междупильных прокладок.

**Достоверность результатов исследования.** Достоверность результатов исследования обоснована формулированными научными положениями, принципами, выводами и рекомендациями, соответствием теоретических и экспериментальных результатов, положительными результатами при апробации и внедрении с учетом анализа по критериям сопоставления и оценки результатов, их адекватности, положительными результатами проведенных исследований и их сравнительным анализом в разрезе рассматриваемых наук.

### **Научная и практическая значимость результатов исследования.**

Научная значимость результатов исследования объясняется определением динамики колебательных параметров междупильных прокладок волокноотделительной и линтерной машин с учетом материалов изготовления, динамических и энергетических характеристик машинных агрегатов пильных цилиндров, а также нахождением закономерности крутильных колебаний и угла поворота при кручении валов пильных цилиндров волокноотделительной и линтерной машин.

Практическая ценность результатов исследования объясняется разработкой новых энерго- и ресурсосберегающих конструкций междупильных прокладок для повышенной точности сборки пильных цилиндров волокноотделительной и линтерной машин на основе установленных оптимальных параметров при сохранении качества хлопкового волокна, лinta и семян, а также возможности применения в производстве.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов разработки ресурсосберегающей конструкции междупильных прокладок волокноотделительной и линтерной машин:

получены патенты Республики Узбекистан на изобретение и полезную модель Центра по интеллектуальной собственности на новые конструкции междупильной прокладки для хлопкоочистительных машин № IAP 06691 (2021) и № FAP 01182 (2017). В результате применения данных конструкций появилась возможность уменьшить амплитуду радиальных колебаний в 4,5 раза и снизить силу затяжки в 2 раза;

На хлопкоочистительном предприятии «Корасу», принадлежащем компании «Real Agro Cotton» UK, запущена в производство новая конструкция межпильной прокладки сепаратора волокон (Справочник № 02-29/4573 от 5 июля 2018 года АО Узпахтасаноат). В результате достигнуто снижение энергопотребления пильного цилиндра на 7,1% и достигнуто улучшение производительности ресурса междупильной прокладки на 46,5%;

новая конструкция междупильной прокладки линтерных машин внедрена на Букинском хлопкоочистительном предприятии по системе ООО «АПК Бука» («Протокол испытаний и протокол внедрения Букинского хлопкоочистительного предприятия при АО «АПК Бука» системы ООО» от 16 октября 2023 г. Справка Ассоциации «Ўзбекистон пахта-тўқимачилик кластерлари» от 21 декабря 2023 г. № 03/22-1102). В результате удалось снизить энергоемкость пильного цилиндра на 3,0 % и повысить производительность линтерной машины до 5% с использованием новой конструкции междупильной прокладки.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 8 международных и 5 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 31 научная работа. Из них 18 научных статей, в том числе 7 в республиканских и 8 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных

научных результатов диссертации доктора наук (DSc), получены патенты Республики Узбекистан на изобретения и 2 полезные модели.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 253 страницы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий Республики Узбекистан, даны комментарии к зарубежным научным исследованиям по теме исследования и степени изученности проблемы, связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами института, сформулированы цели и задачи, указаны объект, предмет и методы исследования, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта научная и практическая значимость полученных результатов, приведены перечень внедрений результатов исследования в практику, сведения об опубликованных работах и структура диссертации.

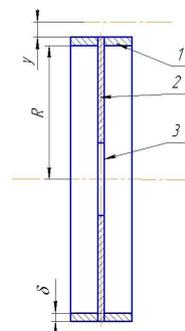
В первой главе **«Аналитический обзор состояния научных исследований в области технологических процессов пильного волокноотделения и линтерования семян»** диссертации произведен обзор по конструкциям отечественных пильных волокноотделительных и линтерных машин и за рубежом.

Анализ работ отечественных волокноотделительных и линтерных машин указал на необеспеченность точности расположения дисковых пил в междукокосниковых зазорах и придание необходимой жесткости пильному цилиндру. Поэтому наиболее перспективным и отвечающим технологическим требованиям пильного цилиндра, на взгляд диссертанта, является применение новых конструкций междупильных прокладок при сборке пильных цилиндров волокноотделительных и линтерных машин. Таким образом, целью исследования является создание технологии изготовления ресурсосберегающей конструкции междупильных прокладок и научное обоснование параметров пильных цилиндров волокноотделительных и линтерных машин. Следовательно, дальнейшие исследования должны быть направлены на установление динамических, конструктивных и технологических параметров междупильной прокладки при сборке пильных цилиндров волокноотделительных и линтерных машин.

Во второй главе **«Расчет колебаний междупильных прокладок волокноотделительных и линтерных машин»** диссертации для устранения вышеуказанных недостатков предложена новая конструкция междупильной прокладки (рис. 1). В ней диск с отверстием под размер вала и концентрически расположенный пояс выполнены из прочного листового металла, причём наружный диаметр диска в виде прямобоочной шлицы, а концентрически расположенный пояс в виде кольца с отверстиями по периметру для соединения диска и кольца.



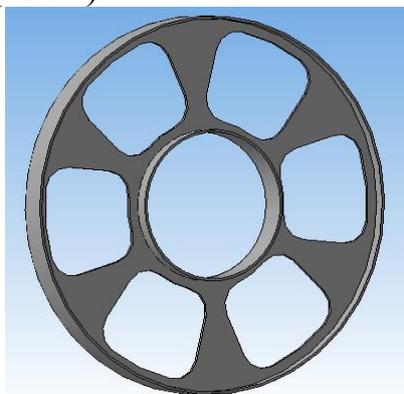
**Рис. 1. Новое конструктивное решение междупильной прокладки волоконотделителя**



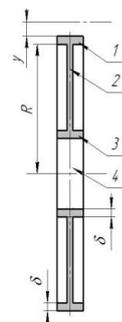
1– пояс; 2– диск; 3– отверстие для вала

**Рис. 2. Расчетная схема для определения момента инерции и радиальных колебаний междупильной прокладки волоконотделителя**

Для устранения существующих недостатков серийных прокладок из алюминиевого сплава АК5М2 предложена новая конструкция междупильной прокладки для волоконотделителя (рис. 1), а для линтерной машины (рис. 3), изготовленной из стали 3, так как свойства этих материалов приведены в стандартах и доступны в широких ассортиментах. На основе использования программных средств “КОМПАС” были установлены изменения момента инерции междупильной прокладки (рис. 2 и 4) в зависимости от толщины пояса  $\delta$  (рис. 3).



**Рис. 3. Новая конструкция междупильной прокладки линтерной машины**



1– наружный пояс; 2– диск;  
3– внутренний пояс; 4– отверстие для вала

**Рис. 4. Расчетная схема для определения момента инерции и радиальных колебаний междупильной прокладки линтерной машины**

Результаты построенных (рис. 5) зависимостей показали, что для изготовления междупильной прокладки из ст.3 при одинаковой массе междупильной прокладки из алюминия АК5М2 вследствие разной плотности материалов момент инерции первого в 2 раза больше, чем у второго, и рациональное значение необходимой толщины контакта (пояса) должна составлять для волоконотделителя  $\delta=2$  мм, а для линтерной машины  $\delta=1,5$  мм.

Известно что, кроме сохранения значения моментов инерции, необходимо уточнить эффективность предложенной конструкции междупильной прокладки путем определения частоты их радиальных колебаний (см. рис. 2 и 4). Для этого следует обосновать массу единицы длины междупильной прокладки  $m_0$ , модуль упругости  $E$ , площадь поперечного сечения  $F$  с учетом  $\delta \ll R$ .

Радиальная частота колебаний междупилльной прокладки определяется по формуле

$$\omega = \sqrt{\frac{EF}{m_o}} \cdot R \quad (1)$$

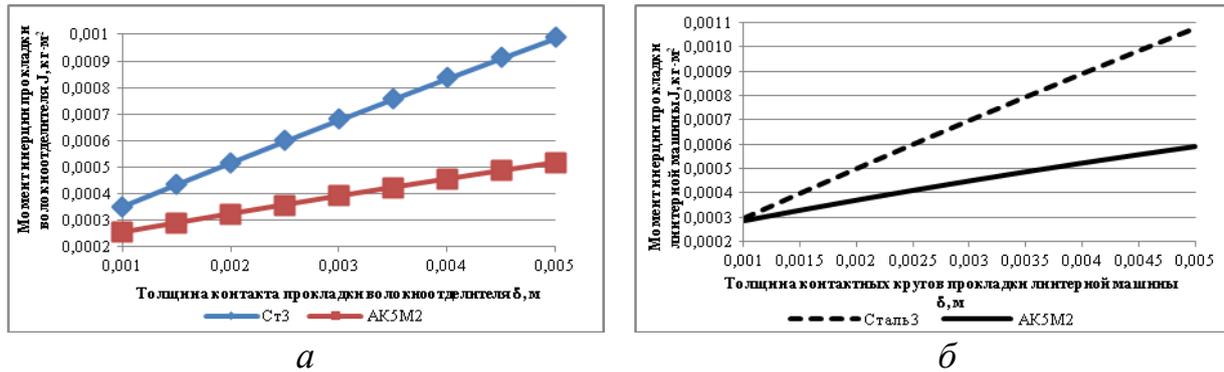


Рис. 5. Изменение момента инерции междупилльной прокладки волокноотделителя (а) и линтерной машины (б) в зависимости от толщины пояса δ

Определено по данным расчетов частоты радиальных колебаний междупилльной прокладки снижение колебаний в вертикальном направлении для стали Ст.3 в отличие от алюминиевой АК5М2 на 6,2%. Выявлена устойчивость междупилльных прокладок к радиальным колебаниям для волокноотделителя (АК5М2 –  $44013,87 \text{ с}^{-1}$  и Ст.3 –  $46917,65 \text{ с}^{-1}$ ) на 6,59% (рис. 6а) и линтерной машины (АК5М2 –  $75547,14 \text{ с}^{-1}$  и Ст.3 –  $108751,5 \text{ с}^{-1}$ ) на 43,95% (рис. 6б), что намного больше, чем частота вращения пильного цилиндра волокноотделителя и линтера ( $76,44 \text{ с}^{-1}$ ).

Амплитуду радиальных колебаний междупилльной прокладки можно установить, как расчетным путем, так и экспериментальным на специально оборудованном стенде. Далее эти показатели диссертантом установлены расчетным путем.

Составим дифференциальное уравнение перемещения элемента междупилльной прокладки (рис. 7). При этом проектируя все действующие силы на радиус, получаем ( $dm_o=dSm_o$ )

$$\ddot{u} + \frac{EF}{m_o R^2} u = \frac{p_o}{m_o} + \frac{p_1}{m_o} \cos \omega t. \quad (2)$$

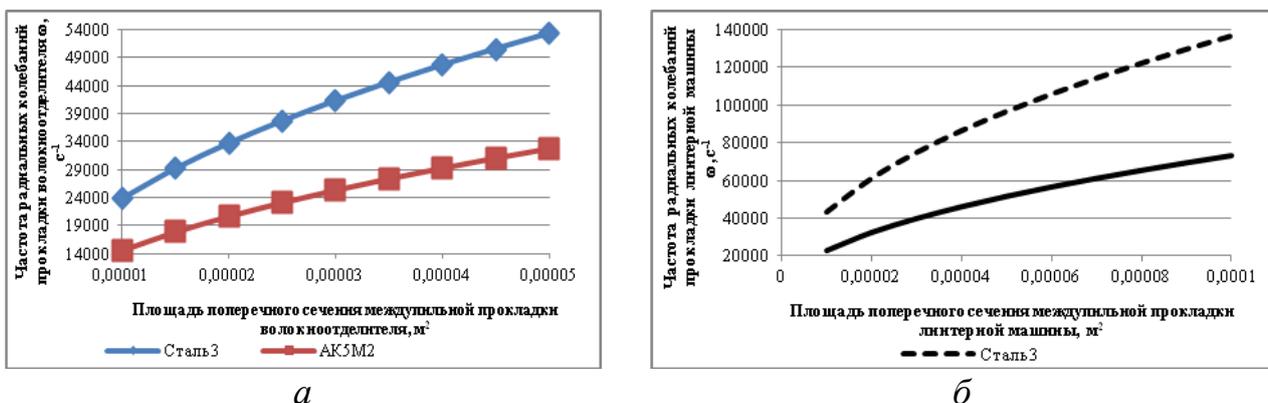
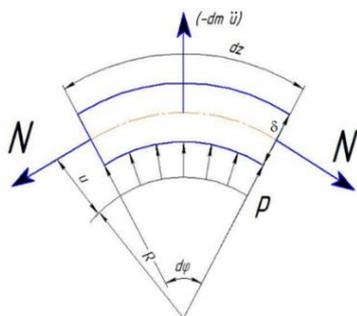


Рис. 6. Изменение частоты радиальных колебаний междупилльной прокладки волокноотделителя (а) и линтерной машины (б) в зависимости от площади поперечного сечения



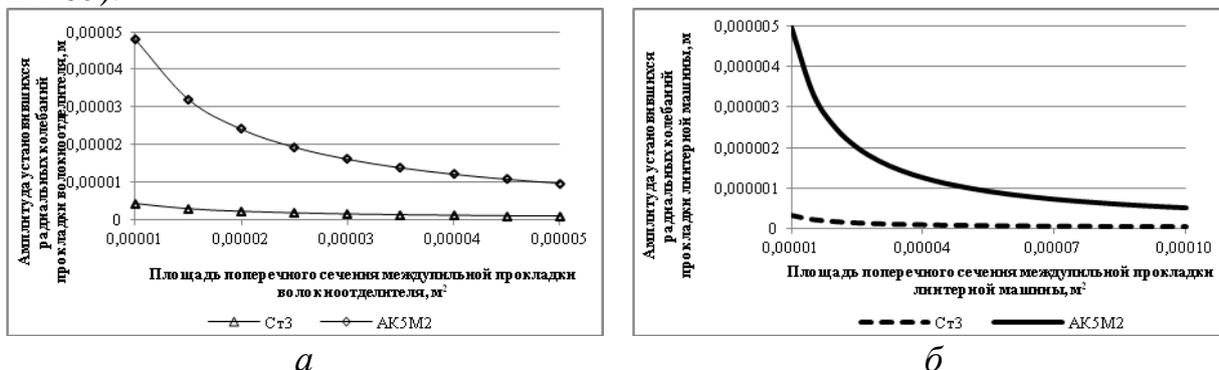
**Рис. 7. Расчетная схема для определения амплитуды радиальных колебаний междупильной прокладки**

Постоянное значение давления  $p_0$  создается за счет статической составляющей радиального перемещения междупильной прокладки, а амплитуда установившихся колебаний междупильной прокладки равна

$$u_1 = \frac{P_1}{m_o \left( \frac{EF}{m_o R^2} - \omega^2 \right)}. \quad (3)$$

Растягивающее усилие равно  $N = E \cdot F \cdot u / R$  – эта упругая сила в площади поперечного сечения междупильной прокладки при сжатии и растяжении. Здесь  $u$  – радиальная деформация междупильной прокладки (при этом положительные значения  $u$  и  $N$  означают процесс растяжения междупильной прокладки).

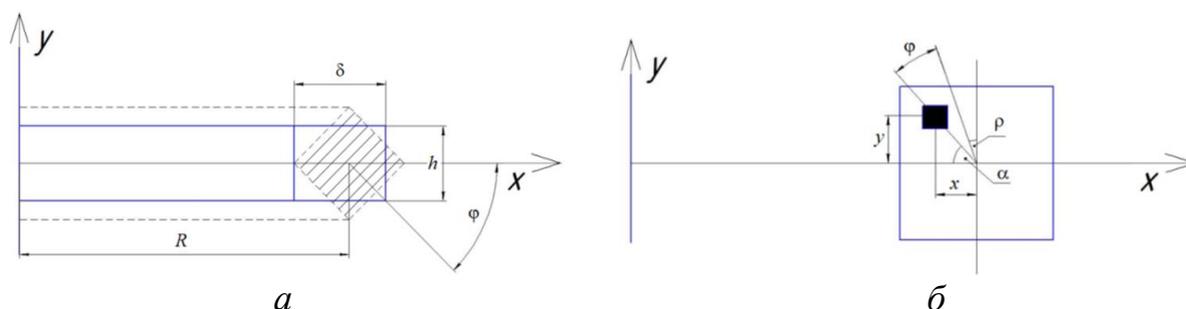
Вычислены малые колебания междупильной прокладки на, основе чего установлено снижение периода колебаний прокладки из стали Ст.3 для волокноотделителя ( $\tau = 7,23079 \cdot 10^{-5}$  с) относительно алюминиевой АК5М2 ( $\tau = 1,8478 \cdot 10^{-4}$  с) в 2,5 раза (рис. 8а) и для линтерной машины из стали Ст.3 ( $\tau = 4,085 \cdot 10^{-5}$  с) относительно алюминиевой АК5М2 ( $\tau = 1,176 \cdot 10^{-4}$  с) в 2,88 раза (рис. 8б).



**Рис. 8. Изменение амплитуды установившихся радиальных колебаний междупильной прокладки волокноотделителя (а) и линтерной машины (б) в зависимости от площади поперечного сечения**

Кроме того, расчет амплитуды радиальных колебаний междупильной прокладки волокноотделителя позволил выявить уменьшение колебаний в вертикальном направлении в 4,5 раза для стали Ст3 ( $1,236 \cdot 10^{-6}$  м) в сравнении с алюминиевой АК5М2 ( $5,65 \cdot 10^{-6}$  м).

При частоте собственных угловых колебаний междупильной прокладки волокноотделителя при равной собственной частоте колебаний системы двигатель – пильный цилиндр появляется резонанс, сопровождающийся сильным звуком и вибрациями, а в ряде случаев и механическими повреждениями. В таких случаях критическое число оборотов характеризуется собственной частотой крутильных колебаний вращающейся системы. Определение величины частоты собственных колебаний необходимо для установления резонансных зон, анализа характера затухания колебаний и амплитуд вынужденных крутильных колебаний привода.



**Рис. 9. Расчетная схема малых колебаний междупилльной прокладки**

Поэтому для определения частоты собственных малых угловых колебаний междупилльной прокладки принимаем, что осевая линия междупилльной прокладки остается неустановившейся, и её площадь поперечного сечения претерпевает деформацию изгиба при колебаниях на один и тот же угол (рис. 9а). При заданных удельной массе междупилльной прокладки волокноотделителя, равной  $m_0=0,14 \text{ кг} / 0,496 \text{ м} = 0,282 \text{ кг/м}$ , модуле упругости  $E=2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$ , толщина междупилльной прокладки волокноотделителя (пояса)  $\delta=2 \text{ мм}$  намного меньше его радиуса  $R=0,08 \text{ м}$ .

Учитываем, что каждая точка сечения междупилльной прокладки при повороте сечения на угол  $\varphi$  поворачивается по кривой (рис. 9б), равной  $\rho\varphi$  ( $\rho$  – полярный радиус точки). Проекция этого перемещения на радиальном направлении  $u=\rho\varphi\sin\alpha=y\varphi$ , что соразмерно удлинению по окружности (этого волокна) на  $\Delta l=2\pi y\varphi$ .

Разлагая в ряды кинетической и потенциальной энергии составим дифференциальное уравнение малых крутильных колебаний междупилльной прокладки. Тогда круговая частота колебаний

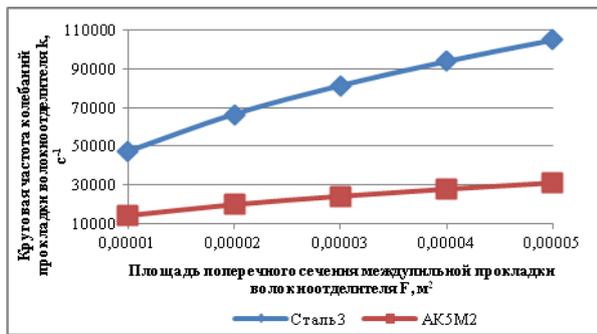
$$k = \sqrt{\frac{EF}{m_0 R^2} \frac{J_x}{J_p}} \quad (4)$$

Здесь  $J_p = \frac{\pi D^4}{32}(1-c^4)$  – полярный момент инерции площади поперечного сечения междупилльной прокладки;  $J_x = \frac{\pi D^4}{64}(1-c^4)$  – момент инерции междупилльной прокладки по оси  $x$ ;  $c=d/D$ ;  $D$  – наружный диаметр междупилльной прокладки;  $d$  – внутренний диаметр междупилльной прокладки.

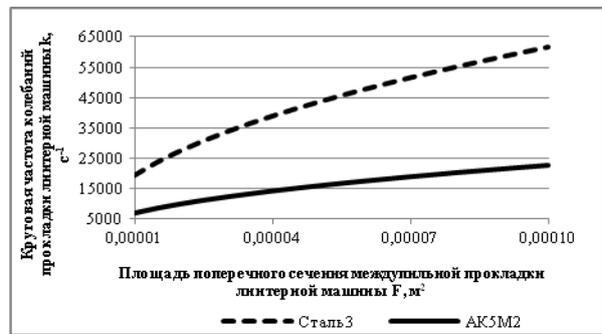
При постоянной величине амплитуды  $A$  и начальной фазой  $\alpha$  период малых колебаний междупилльной прокладки

$$\tau = \frac{2\pi}{k} = 2\pi \sqrt{\frac{m_0 R^2 J_p}{EF J_x}} \quad (5)$$

Вместе с тем установлено, что с увеличением площади поперечного сечения междупилльной прокладки волокноотделителя (рис. 10а) увеличивается круговая частота колебаний прокладки (для АК5М2 – от 13919,4 до 31124,7  $\text{с}^{-1}$ , для ст.3 – от 47056,2 до 105220,8  $\text{с}^{-1}$ ), а с увеличением распределенной массы по длине прокладки снижается круговая частота колебаний прокладки (для АК5М2 – с 96562,0 до 30535,6  $\text{с}^{-1}$ , для ст.3 – с 206458,2 до 65287,8  $\text{с}^{-1}$ ).



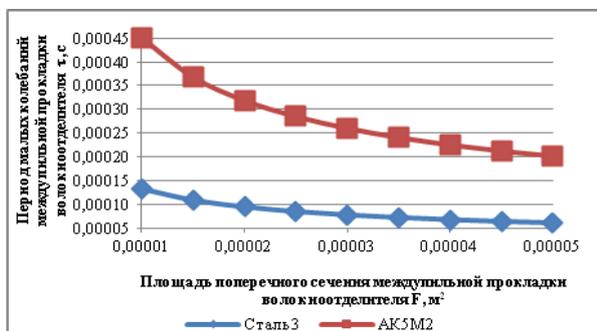
а



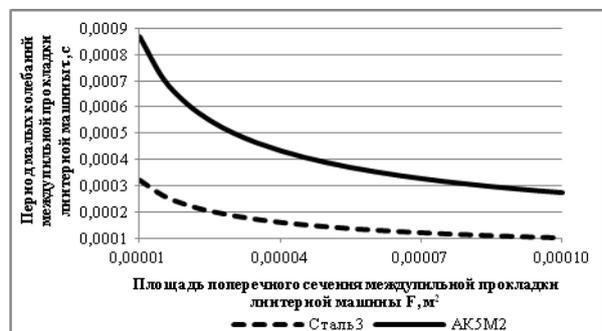
б

**Рис. 10. Изменение круговой частоты колебаний k междупильной прокладки волоконотделителя (а) и линтерной машины (б) в зависимости от площади её поперечного сечения F**

При этом установлено, что с увеличением поперечного сечения междупильной прокладки линтерной машины с 0,00001 до 0,0001 м<sup>2</sup> (рис. 10б) растет круговая частота колебаний прокладки (для АК5М2 – от 7244, 5 до 22909,2 с<sup>-1</sup>, для Ст.3 – от 19552,1 до 61829,2 с<sup>-1</sup>), а с увеличением распределенной массы по длине прокладки с 0,05 до 0,5 кг/м снижается круговая частота колебаний прокладки (для АК5М2 – с 58746,3 до 18577,2 с<sup>-1</sup>, для Ст.3 – с 124919,3 до 39502,9 с<sup>-1</sup>).



а



б

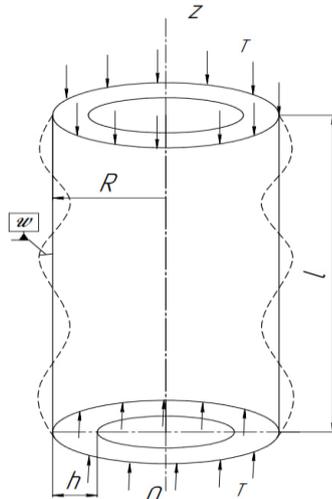
**Рис. 11. Изменение периода малых колебаний tau междупильной прокладки волоконотделителя (а) и линтерной машины (б) в зависимости от площади её поперечного сечения F**

Установлено, что с увеличением площади поперечного сечения междупильной прокладки волоконотделителя (рис. 11а) снижается период малых колебаний прокладки (для АК5М2 – с  $4,51 \cdot 10^{-4}$  до  $2,02 \cdot 10^{-4}$  с, для ст.3 – с  $1,335 \cdot 10^{-4}$  до  $5,971 \cdot 10^{-5}$  с), а с увеличением распределенной массы по длине прокладки увеличивается период малых колебаний прокладки (для АК5М2 – от  $6,51 \cdot 10^{-5}$  до  $2,06 \cdot 10^{-4}$  с, для ст.3 – от  $3,043 \cdot 10^{-5}$  до  $9,624 \cdot 10^{-5}$  с).

Кроме того, установлено, что с увеличением поперечного сечения междупильной прокладки с 0,00001 до 0,0001 м<sup>2</sup> (рис. 11б) снижается период колебаний при установившемся режиме работе прокладки (для АК5М2 – с  $8,673 \cdot 10^{-4}$  до  $2,742 \cdot 10^{-4}$  с, для Ст.3 – с  $3,213 \cdot 10^{-4}$  до  $1,016 \cdot 10^{-4}$  с), а с увеличением распределенной массы по длине прокладки с 0,05 до 0,5 кг/м увеличивается период колебаний прокладки при установившемся режиме работы (для АК5М2 – от  $1,069 \cdot 10^{-4}$  до  $3,338 \cdot 10^{-4}$  с, для Ст.3 – от  $5,029 \cdot 10^{-5}$  до  $1,59 \cdot 10^{-4}$  с).

Таким образом, расчет колебаний междупильной прокладки при установившемся режиме работы линтерной машины позволил установить разницу значений круговой частоты и периода колебаний из стали Ст.3 ( $\tau=4,085 \cdot 10^{-5}$  с,  $k=153800,56$  с<sup>-1</sup>) и алюминиевой АК5М2 ( $\tau=1,176 \cdot 10^{-4}$  с,  $k=53422,39$  с<sup>-1</sup>), которые составляют, соответственно, 2,88 и 0,347 раза.

В рабочей камере линтерной машины технологические нагрузки от процесса линтерования семян распределяются между пильным цилиндром и ворошителем. При этом из-за нагрузок от вращения семенного валика и точности установки пил между колосниками и между пильным цилиндром и ворошителем предъявляются повышенные требования к прочности и жесткости деталей этих элементов. Наличие вибрации в пильном цилиндре отрицательно влияет на эксплуатационные характеристики линтера. Поэтому для определения устойчивости междупильных прокладок линтерной машины необходимо определить число полуволн и критические сжимающие усилия, которые влияют на работоспособность пильного цилиндра. Они зависят от размеров прокладки и от материала, из которого он изготовлен.



**Рис. 12. Схема цилиндрической прокладки кругового кольца**

Междупильную прокладку рассмотрим, как элементарную балку, выделенную двумя смежными сечениями, проходящими через ось кольца (рис. 12). Вследствие предположенной осевой симметрии деформированного состояния изгиб междупильной прокладки представляет собой балку, лежащую на сплошном упругом основании. Для любой данной балки роль упругого основания играет остальная часть кольца.

Введем следующие обозначения:  $z$  — координата сечения, измеряемая вдоль оси кольца (прокладки);  $w = w(z)$  — прогиб точек срединной поверхности;  $T$  — сжимающая сила, отнесенная к единице длины контура поперечного сечения прокладки;

$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \mu^2)}$  — цилиндрическая жесткость прокладки;

$h$  — толщина стенки (прокладки);  $\mu$  — коэффициент Пуассона,  $k = \frac{E \cdot h}{R^2}$ ;

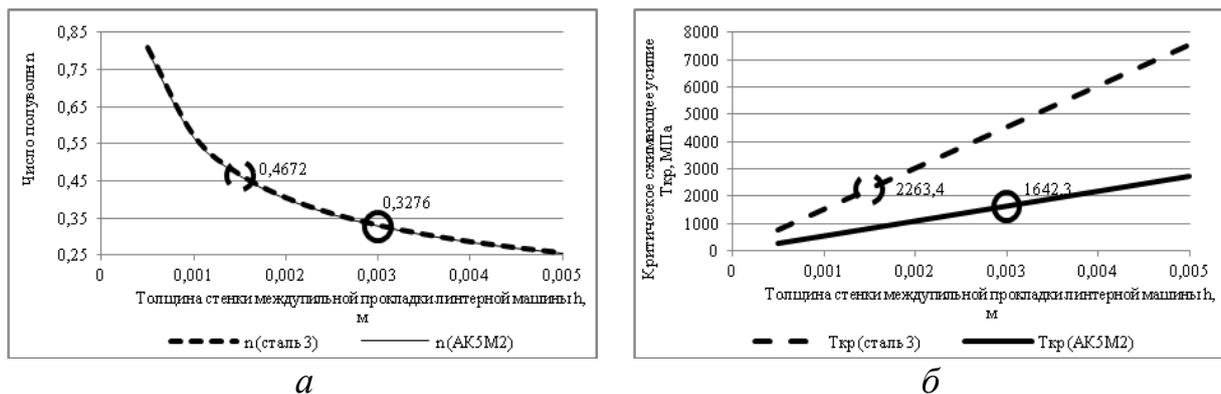
$R$  — радиус поперечного сечения срединной поверхности прокладки.

Учитывая граничные условия, зависящие от вида опорных устройств на торцах междупильной прокладки  $w = 0, \frac{d^2 w}{dz^2} = 0$  при  $z=0$  и  $z=l$  при продольном изгибе междупильной прокладки и полагая, что  $n \gg l$ , можно записать число полуволн

$$n = \frac{l^4 \sqrt{12(1 - \mu^2)}}{\pi \sqrt{R h}} \quad (6)$$

и критическое сжимающее усилие прокладки

$$T_{кр} = \frac{E h}{R \sqrt{3(1 - \mu^2)}}. \quad (7)$$



**Рис. 13. Изменения количества полуволн (а) и критического сжимающего усилия (б) в зависимости от толщины стенки междупильной прокладки линтерной машины**

Определены устойчивость междупильной прокладки и увеличение значения числа полуволн для стали Ст.3 ( $n=0,4672$ ) от алюминиевой АК5М2 ( $n=0,3276$ ) на 42,6% (рис. 13а). Выявлена устойчивость междупильных прокладок к критическим сжимающим усилиям (для АК5М2 –  $T_{кр}=1642,3$  МПа и для Ст.3 –  $T_{кр}=2263,4$  МПа) на 37,8% (рис. 13б), что позволяет использовать стальную междупильную прокладку при сборке пильных цилиндров волоконотделительной 4ДПЗ-90, 4ДП-130 и линтерной машины 5ЛП.

В процессе изготовления стальных междупильных прокладок используется сварное соединение поясов. Поэтому при вращении прокладки с массой шва относительно оси с угловой скоростью  $\omega=76,44$  с-1 со смещенным центром масс на величину эксцентриситета  $e=0,078$  м возникает центробежная сила. Определены пути статической балансировки стальных междупильных прокладок как одно- и двухпоясных конструкций междупильных прокладок. Показано, что уменьшение диаметра двух отверстий противоположно расположенных сварных швов позволит статически балансировать прокладку, например, для однопоясной –  $m_k=-6,3 \cdot 10^{-4}$  кг и двухпоясной –  $m_k=-1,044 \cdot 10^{-3}$  кг.

В третьей главе «Динамика пильного цилиндра волоконотделительных и линтерных машин» диссертации приведены результаты изучения машинного агрегата пильных цилиндров волоконотделительной и линтерной машины с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Для определения максимального значения сжатия междупильных прокладок и угла поворота при кручении вала пильного цилиндра изучаем систему, состоящего из подсистем машинного агрегата пильного цилиндра с сосредоточенными (рис.14) и распределенными параметрами (рис.15).

Определяя члены в уравнения Лагранжа, получим дифференциальные уравнения движения машинного агрегата пильного цилиндра в общем виде

$$\left. \begin{aligned} \mathfrak{A}_d \ddot{\varphi}_d &= M_d - c(\varphi_d - \varphi_2) - v(\dot{\varphi}_d - \dot{\varphi}_2), \\ \mathfrak{A}_2 \ddot{\varphi}_2 &= c(\varphi_d - \varphi_2) + v(\dot{\varphi}_d - \dot{\varphi}_2) - M_{сп} - M_0 \sin(\omega_2 t + \varphi_{20}). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

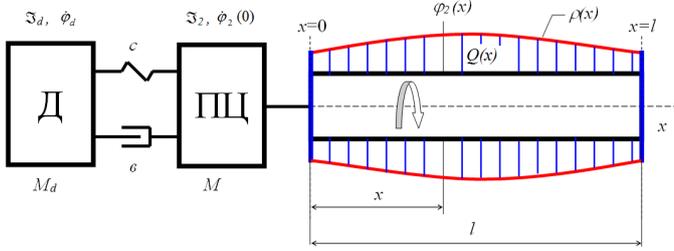


Рис. 14. Динамическая модель пыльного цилиндра

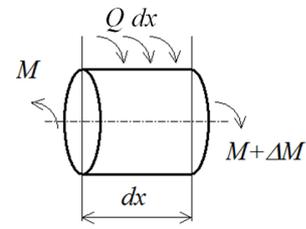


Рис. 15. Схематическое представление действующих моментов на элементарный участок вала

Реализация уравнений движения машинного агрегата пыльного цилиндра (8) с характеристикой приводного двигателя позволила установить закономерность изменения углового ускорения пыльного цилиндра в зависимости от  $t$  (рис. 16).

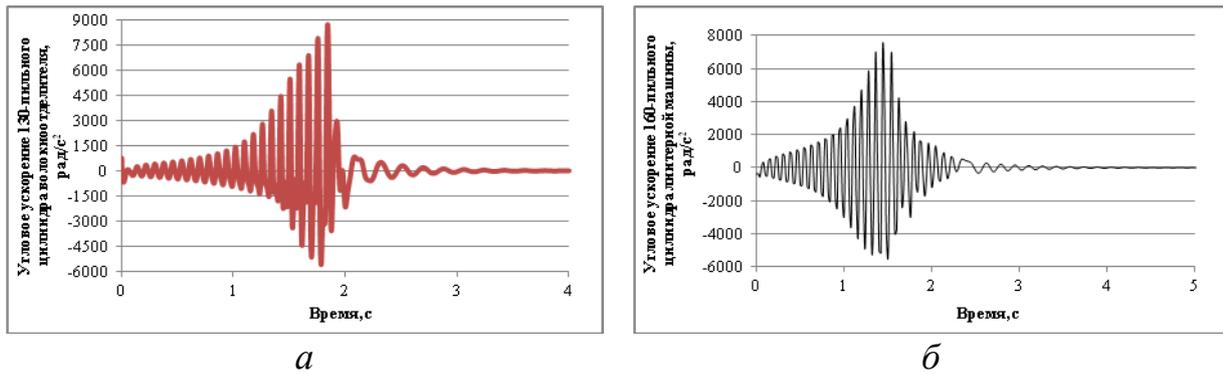


Рис. 16. Изменение углового ускорения пыльного цилиндра волоконотделителя (а) и линтерной машины (б) в зависимости от времени

Результаты анализа рис. 16а показывают, что критический движущий момент электродвигателя составляет для волоконотделителя  $40000 \text{ Н}\cdot\text{м}$ , а переходный процесс протекает в течение  $3 \text{ с}$ ; максимальное значение углового ускорения пыльного цилиндра достигает  $8739,828 \text{ рад/с}^2$  при  $t=1,844 \text{ с}$ , а закономерность изменения углового ускорения можно выразить в виде функции

$$\frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial t^2} = \ddot{\varphi}(t) = 200 e^{2,05t} \cos 75 t. \quad (9)$$

Учитывая массы пыльного цилиндра между опорами -  $258,8 \text{ кг}$ , а радиус междупильной прокладки -  $0,08 \text{ м}$  определяем нагрузки на междупильной прокладки -  $180990 \text{ Н}$ .

При  $x=0$ ,  $\frac{\partial \varphi_2}{\partial x} = \dot{\varphi}_{2x} = 0$ ,  $\varphi_{2x} = 0$ , тогда  $C_1=0$  и  $C_2=0$  уравнения имеют вид:

$$\dot{\varphi}_{2x} = \frac{1}{GI} \left( (200 \rho e^{2,05t} \cos 75 t) x - \frac{M_{cp} + M_0 \cos \pi \omega_2 t}{2 R \Delta \varphi_2 l} x^2 \right), \quad (10)$$

$$\varphi_{2x} = \frac{1}{GI} \left( (200 \rho e^{2,05t} \cos 75 t) \frac{x^2}{2} - \frac{M_{cp} + M_0 \cos \pi \omega_2 t}{6 R \Delta \varphi_2 l} x^3 \right). \quad (11)$$

Результаты анализа рис. 16б показывают, что максимальное значение углового ускорения пыльного цилиндра линтерной машины составляет  $7240,021 \text{ рад/с}^2$ , а переходный процесс протекает в течение  $5 \text{ с}$ ; максимальное

значение потребляемой мощности электродвигателя достигает 182,23 кВт при  $t=1,5$  с (рис. 16б). Закономерность изменения углового ускорения пильного цилиндра линтерной машины можно определить разделением на две части по времени: I -  $t \in [0; 1,5]$  и II -  $t \in [1,5; 5]$ .

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varphi_{ny}}{\partial t^2} = \ddot{\varphi}_{ny}(t) = 600 t - 490 e^{1,82t} \sin(72 t) & \text{если } t \in [0; 1,5], \\ \frac{\partial^2 \varphi_{ny}}{\partial t^2} = \ddot{\varphi}_{ny}(t) = -150000 e^{-2t} \cos(55 t) & \text{если } t \in [1,5; 5]. \end{cases} \quad (12)$$

$$\begin{cases} \ddot{\varphi}_{nux} = \frac{1}{G I} \left( \rho \cdot (600 t - 490 e^{1,82t} \sin(72 t)) - \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ny} t)}{\pi R l} x \right), & \text{если } t \in [0; 1,5], \\ \ddot{\varphi}_{nux} = \frac{1}{G I} \left( \rho \cdot (-150000 e^{-2t} \cos(55 t)) - \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ny} t)}{\pi R l} x \right), & \text{если } t \in [1,5; 5]. \end{cases} \quad (13)$$

$$\begin{cases} \varphi_{nux} = \frac{1}{G I} \left( \rho \cdot (600 t - 490 e^{1,82t} \sin(72 t)) \frac{x^2}{2} - \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ny} t)}{6 \pi R l} x^3 \right), & \text{если } t \in [0; 1,5], \\ \varphi_{nux} = \frac{1}{G I} \left( \rho \cdot (-150000 e^{-2t} \cos(55 t)) \frac{x^2}{2} - \frac{M_{cp} + M_0 \cos(\pi \omega_{ny} t)}{6 \pi R l} x^3 \right), & \text{если } t \in [1,5; 5]. \end{cases} \quad (14)$$

Решения уравнений (10–14) позволило изучить динамику крутильных колебаний вала пильного цилиндра волокноотделителя (рис. 17) и линтерной машины (рис. 18) с распределенными параметрами.

Отмечено, что знание массы 130-пильного цилиндра волокноотделителя между опорами – 258,8 кг, наружного радиуса междупильной прокладки – 0,08 м позволит определить максимальное значение силы сжатия междупильной прокладки – 180990 Н, а при этих значениях максимальный угол относительного поворота пильного цилиндра волокноотделителя при кручении составит 1,89°/м. Установлено, что при изготовлении прокладки из Стали 3 увеличиваются модули сдвига до 3-х раз, что способствует повышению жесткости на 16% и снижению угла кручения вала 130-пильного цилиндра волокноотделителя с 3,172 до 1,051°/м.

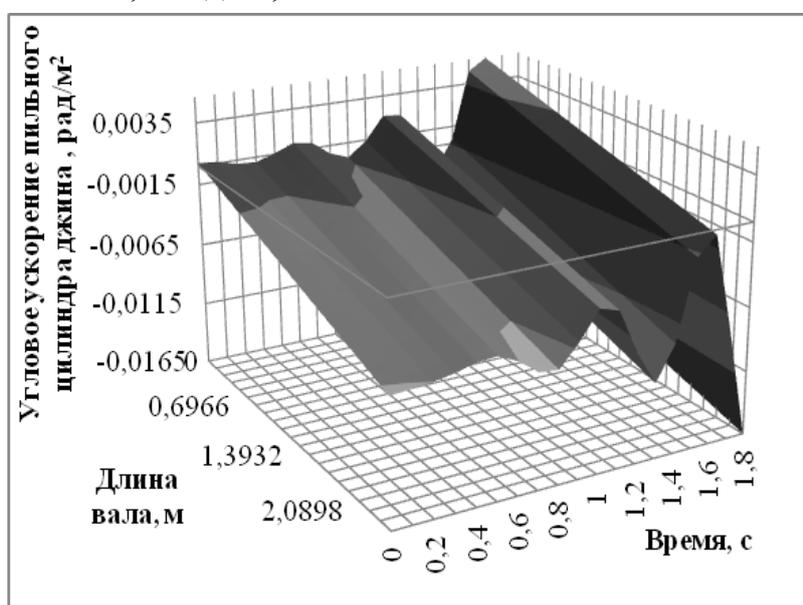
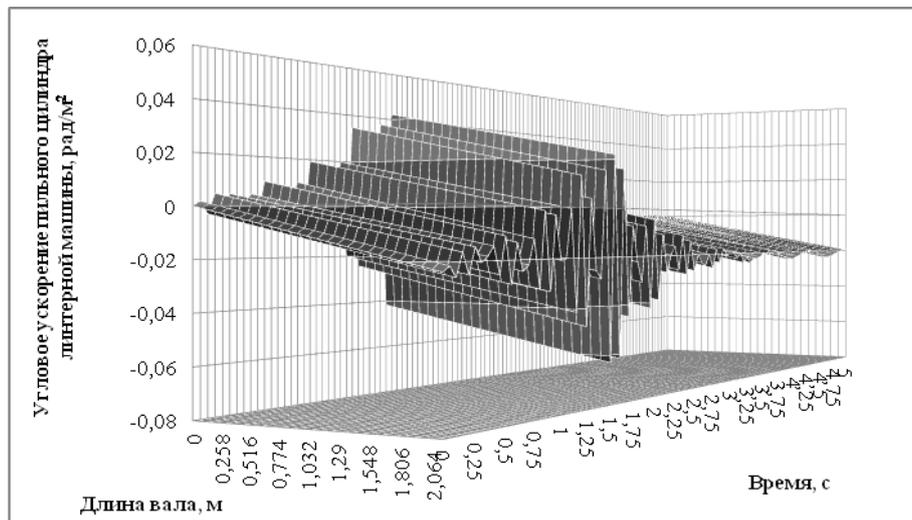


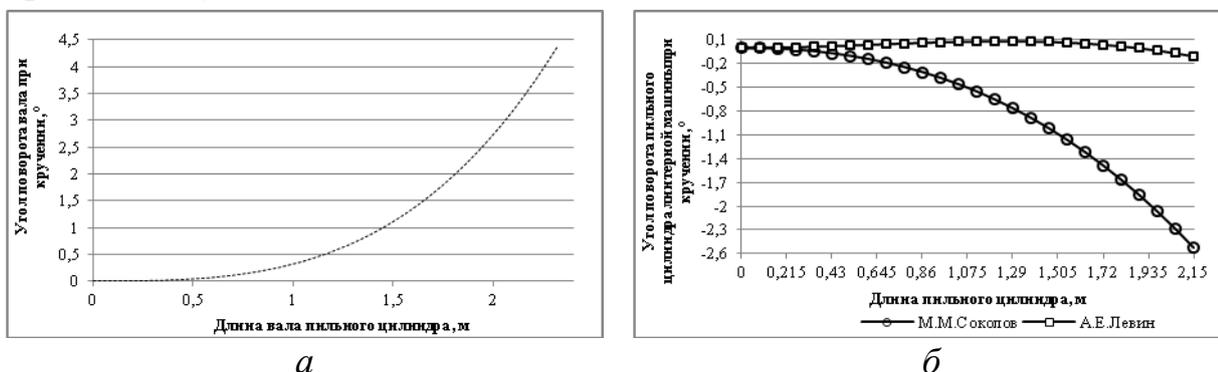
Рис. 17. Изменение углового ускорения пильного цилиндра волокноотделителя в зависимости от времени по длине вала



**Рис. 18.** Изменение углового ускорения пыльного цилиндра линтерной машины в зависимости от времени по длине вала

Построены графики изменения углового поворота вала при кручении (рис. 19) в зависимости от длины вала  $l$ .

Изучение машинного агрегата пыльного цилиндра линтерной машины с сосредоточенными параметрами по предложенным характеристикам А.Е.Левина и М.М.Соколова показало, что критическая потребляемая мощность электродвигателя соответственно составляет 23,407 и 182,23 кВт, переходный процесс соответственно протекает в течение 0,6 и 5 с, а максимальное значение углового ускорения пыльного цилиндра линтерной машины достигает  $844,666 \text{ рад/с}^2$  при  $t=0,171 \text{ с}$  и  $7240,021 \text{ рад/с}^2$  при  $t=1,441 \text{ с}$ . При этом установлено увеличение пускового момента по характеристике А.Е.Левина –  $319,388/240,356=1,329$  и по М.М.Соколову –  $5601,694/240,356 = 23,305$ . Установлена разница между значениями угла кручения пыльного цилиндра линтерной машины –  $2,52^\circ/0,108^\circ=23,34$  раза и пускового момента электродвигателя в  $5601,694/319,388 \approx 17,54$  раза. Учитывая данный результат рекомендуем при расчетах динамики машинных агрегатов характеристику, предложенную А.Е.Левиним.



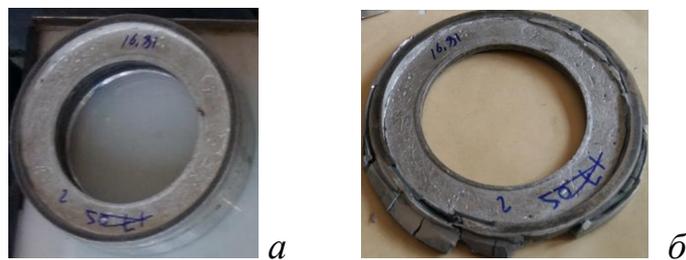
**Рис. 19.** Изменение углового поворота вала пыльного цилиндра волокноотделителя (*а* -  $t=1,8 \text{ с}$ ) и линтерной машины (*б*- для М.М.Соколова  $t=1,44 \text{ с}$ , а А.Е.Левина  $t=0,171 \text{ с}$ ) при кручении в зависимости от длины вала

Исследование критических вращений пыльного цилиндра волокноотделителя показало, что с увеличением массы сырцового валика, приходящегося на единицу длины пыльного цилиндра волокноотделителя с 0 до

42 кг/м, снижается критическая угловая скорость с 119,66 до 101,79 рад/с (на 15,0%). При  $m_1=38$  кг/м с увеличением изгибной жесткости вала пильного цилиндра волокноотделителя  $EJ_x$  с 100000 до 1000000 Н·м<sup>2</sup> снижается критическая угловая скорость с 135,02 до 42,70 рад/с (на 68,4%), которая находится в первой докритической зоне ( $\omega_p \leq 0,75 \cdot \omega_{1кр}$  – жесткий вал) 76,44 рад/с  $\leq (76,43-77,3)$  рад/с.

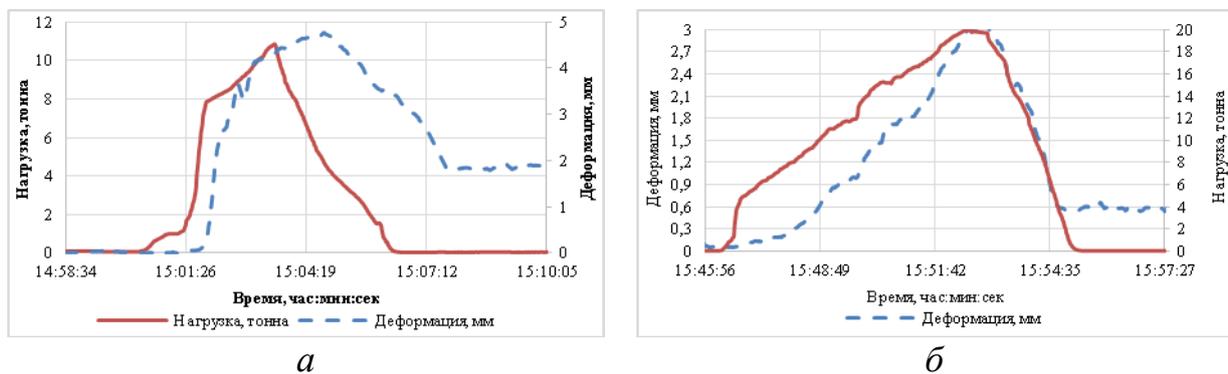
В целом, результаты расчетов частоты и амплитуд радиальных колебаний, а также малых колебаний междупильных прокладок из стали ст.3 и алюминия АК5М2 показали возможность использования стальной междупильной прокладки при сборке пильных цилиндров для серийных пильных волокноотделительных и линтерных машин.

В четвертой главе «Экспериментальные исследования междупильных прокладок волокноотделительных и линтерных машин на прочность» диссертации приведены результаты экспериментальных исследований деформации междупильных прокладок. Для этого использован метод тензометрии с использованием прессы марки ПММ-125 (рис. 20-21) и WAW-1000D (рис. 22-23). Результаты экспериментальных исследований показали, что увеличение площади касания прокладки к пильным дискам приводит к увеличению напряжения к рабочей зоне.



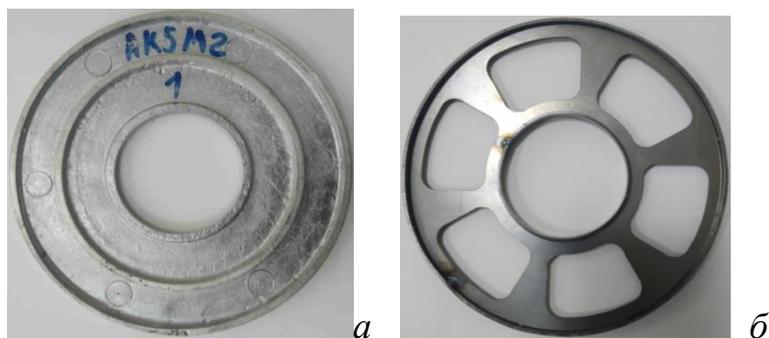
*a* – до эксперимента; *б* – после эксперимента

**Рис. 20. Фотоснимок. Образцы прокладок волокноотделителя**

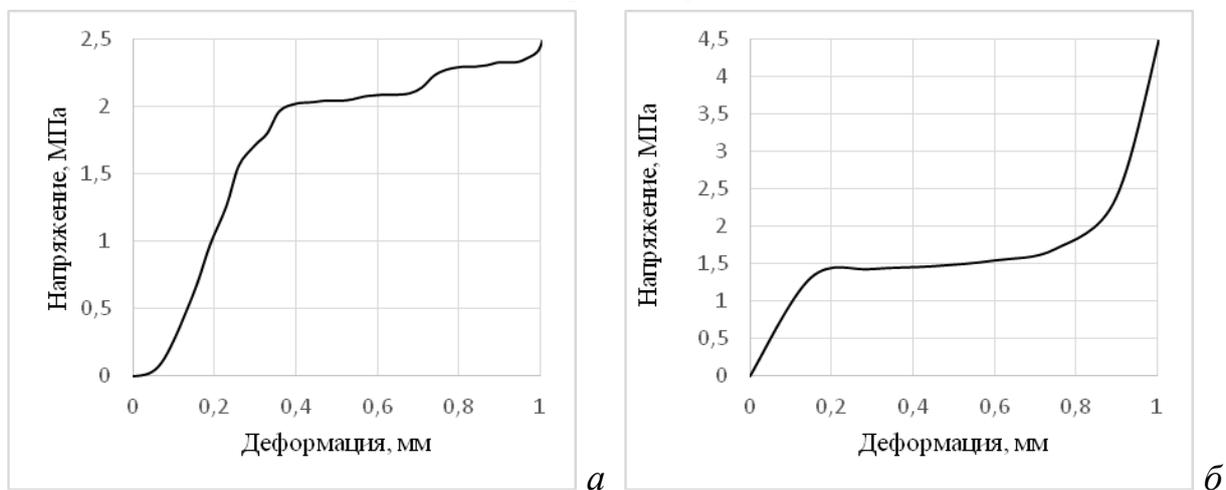


**Рис. 21. Диаграмма нагружения и разгружения прокладки волокноотделителя для АК5М2 (а) и Ст3 (б)**

Установлено, что при уменьшении толщины листа с 2 до 1,6 мм деформация прокладки составляет 1,2 и 2 мм соответственно. Следовательно, при изготовлении стальной прокладки её ширина должна составлять не менее 2 мм. При этих параметрах прокладки напряжение равно 428,2 Н/м<sup>2</sup>, а усилие затяжки – 425000 Н, что в 2,3 раза превышает максимальное усилие сжатия междупильной прокладки.

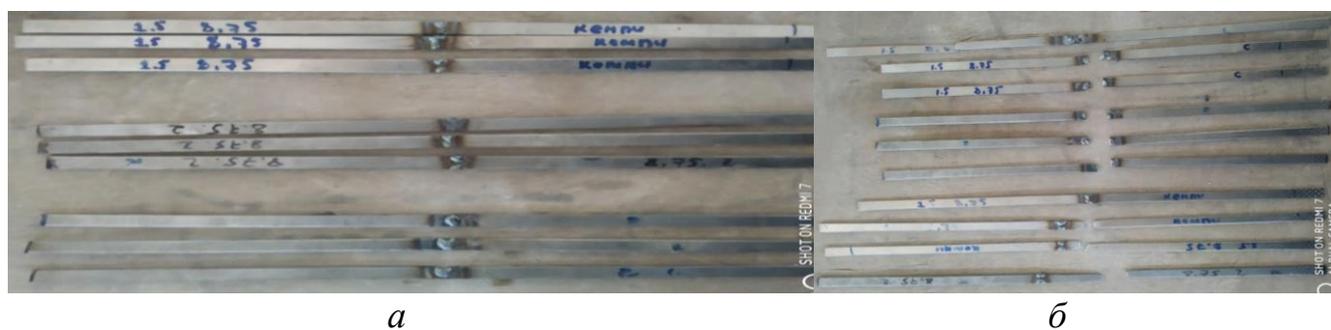


*a* – АК5М2; *б* – Сталь-3  
**Рис. 22. Образцы прокладок**



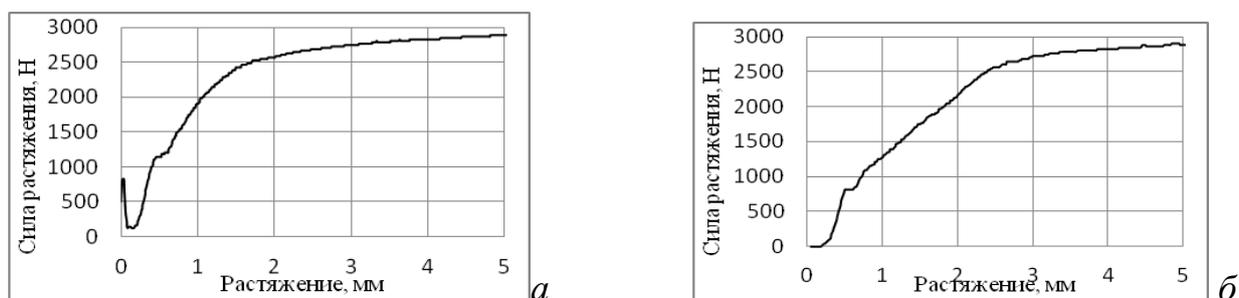
**Рис. 23. Диаграмма деформирования прокладки АК5М2 (а) Ст.3 (б) с толщиной 1,5 мм**

Установлено, что со снижением толщины листа с 2 до 1 мм деформация соответственно увеличивается с 0,09 до 0,44 мм. Поэтому для изготовления прокладки линтерной машины необходима Сталь 3 с шириной не менее 1,5 мм. Для прокладки с шириной 1,5 мм напряжение составляет 1,435 МПа, а сила сжатия –1500 Н, при которых устойчивость к деформациям увеличивается до 44,4%.



*a* – до испытаний *б* – после испытаний  
**Рис. 24. Образцы стальных поясов для прокладки линтерных машин**

Дальнейшие исследования были направлены на поиск оптимального пути сварки для сбора стальной прокладки. Для выявления необходимой технологии сварки рассмотрены как электродуговая способом ММА – штучными электродами, так и электродуговая сварка в среде углекислого газа (CO<sub>2</sub>) – Кемпи. Для выявления рациональной технологии сварки были изготовлены пояса с толщиной 1,5 и 2 мм (рис. 24). Для экспериментального исследования растяжения прокладок (рис. 25) использована универсальная испытательная машина WAW-1000D.



*a* – электродуговая; *б* – кемпи

**Рис. 25.** Диаграмма растяжения пояса стальной прокладки Ст.3 с толщиной 1,5 мм

Обосновано, что для растяжения до 5 мм необходимо 2820 Н для образца 1,5 мм при электродуговой сварке и кемпи 2900 Н, а для образца 2 мм – 3260 Н при электродуговой и 4440 Н для сварки кемпи, что даёт возможность при сварке поясов стальных прокладок как для электродуговой сварки, так и кемпи. При этом предпочтение отдаётся технологии сварки – кемпи, так как при ней обеспечивается минимальное тепловое напряжение в зоне сварки.

Проведены экспериментальные исследования по изучению изгиба пыльных дисков (рис. 26). Уточнено, что при увеличении усилия изгиба с 9,8 до 49 Н значения изгиба пыльного диска с алюминиевой прокладкой увеличиваются до 4,5 мм, а со стальной прокладкой – до 3,5 мм. Анализ полученных результатов доказывает целесообразность использования стальной прокладки при сборке пыльных цилиндров волокноотделительной и линтерной машин. Это повышает устойчивость пыльных дисков к изгибу на 28,6%, что больше, чем у алюминия АК5М2. Полученные экспериментальными исследованиями результаты изгиба дисковых пил были сопоставлены с данными исследований по оценке энергозатрат на процесс пыльного дженирования А.Д.Глущенко, Р.Г.Махамова и Н.М.Сафарова установлено, что амплитуды вынужденных ( $f_1$ ) и собственных ( $f_2$ ) колебаний (изгиба) пыльного диска от динамического воздействия с хлопком увеличивают толщину каждого пропила в среднем до  $h+f_1+f_2$ .

Используя известные параметры из статьи А.Д.Глущенко, Р.Г.Махамова и Н.М.Сафарова, определяем амплитуду вынужденного и собственного колебаний дисковых пил:

$$F_1(t) = f_1 \cos \omega_n t + f_2 \cos a_n t = 0,000011 \cdot \cos(76,4 \cdot 97,7) + 0,001004 \cdot \sin(1172,2 \cdot 97,7) = -0,00073 \text{ м.} \quad (15)$$

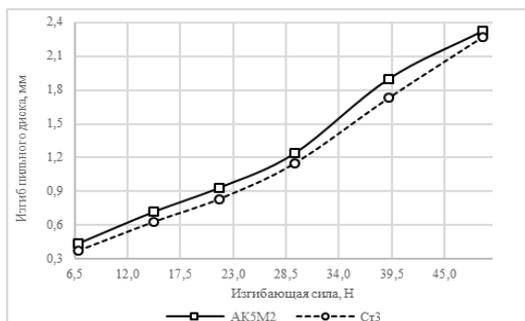
Это обстоятельство обуславливает следующее увеличение мощности:

$$N = N_n \cdot \left(1 + \frac{f_1 + f_2}{h}\right) = 35,8 \cdot \left(1 + \frac{0,000011 + 0,001004}{0,00095}\right) = 74,1 \text{ кВт} \quad (16)$$

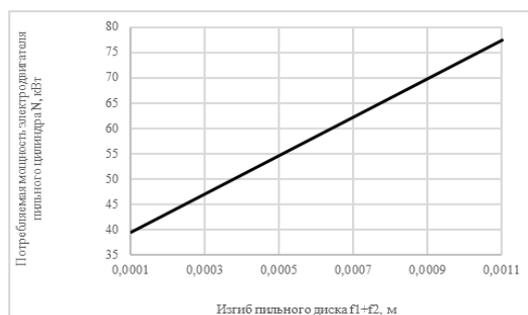
где:  $N_n = 35,8$  – потребляемая мощность пыльным цилиндром, кВт;  $h=0,00095$  – толщина пыльного диска, м.

Проведенный перерасчет уравнений (15) и (16) позволил установить колебания дисковых пил пыльного цилиндра при волокноотделении средневолокнистого хлопка, характеризующиеся амплитудой 0,7 мм, которые обуславливают дополнительные потери мощности в 38,3 кВт.

При этом проведенными экспериментальными исследованиями установлено снижение изгиба пильного диска на 0,095 мм (рис. 27) при использовании стальных прокладок, тогда амплитуда колебаний пильных дисков составляет  $f_1+f_2=-0,000084+0,000909=-0,000824$  м.



**Рис. 27. Изменение изгиба пильных дисков в зависимости от изгибающих сил**

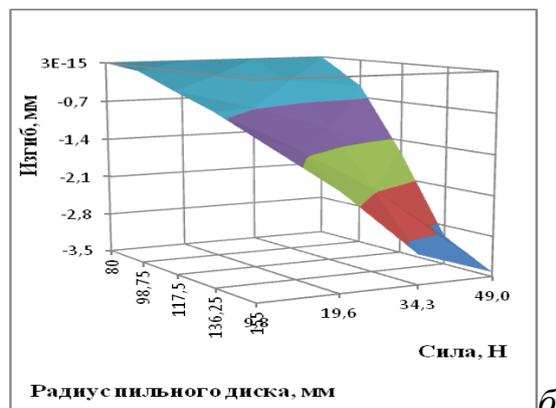
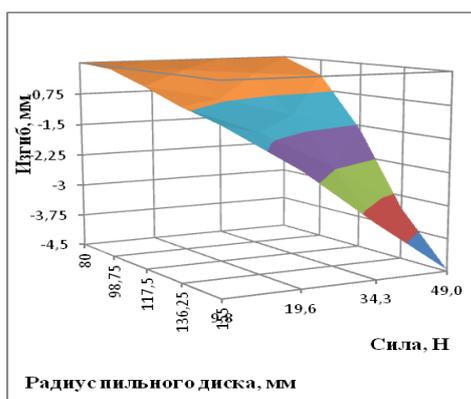


**Рис. 28. Изменение потребляемой мощности электродвигателя пильного цилиндра в зависимости от изгиба пильного диска**

В данном случае

$$N = 35,8 \cdot \left( 1 + \frac{0,000084 + 0,000909}{0,00095} \right) = 66,9 \text{ кВт} , \quad (17)$$

что свидетельствует о снижении потребляемой мощности с 74,1 до 66,9 кВт (рис. 28), т.е. на 9,7%.



*a* – AK5M2; *б* – Сталь 3

**Рис. 26. Изменение изгиба пильного диска в зависимости от радиуса пильного диска и изгибающей силы с прокладкой из алюминия AK5M2 (*a*) и стальной Ст.3 (*б*) для 0° сектора**

Полученные результаты изгиба дисковых пил из экспериментальных исследований позволили установить снижение потребляемой мощности с 74,1 до 66,9 кВт, т.е. на 9,7%.

В пятой главе «**Экспериментальные испытания новой конструкции междупильной прокладки волоконотделительных и линтерных машин в производственных условиях**» диссертации приведены результаты новой конструкции междупильной прокладки волоконотделительных и линтерных машин в производственных условиях.

Результаты испытаний разработанной междупильной прокладки, проведенных в производственных условиях, обеспечили внедрение в технологический процесс волоконотделения хлопка-сырца с установкой в 130-

пильном цилиндре волоконотделителя 4ДП-130. Ожидаемый экономический эффект от внедрения междупильной прокладки составляет 15,538 млн сум. в год, полностью покрывая вложенные затраты, а при сборке 90-пильного цилиндра волоконотделителя 4ДПЗ-90 составляет 20,563 млн сум. в год, полностью покрывая вложенные затраты.

В результате промышленных испытаний стальной прокладки линтерной машины 5ЛП установлено, что стальные прокладки отвечают требованиям технологического процесса линтерования. Определены производительность по семенам хлопка, составляющая 949,4 кг/ч, и потребляемая мощность пильного цилиндра, равная 15,83 кВт. Ожидаемая годовая экономическая эффективность для одной линтерной машины марки 5ЛП составляет 12,557 млн. сум.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований по разработке и обоснованию параметров конструкции междупильных прокладок волоконотделительной и линтерной машин позволили сформулировать следующие выводы и рекомендации:

1. Установлены на основе анализа технологических машин пильного волоконотделения конструктивные и технологические показатели 90-, 130-пильных волоконотделителей и 160-пильных линтерных машин (толщина междупильных прокладок – соответственно 17,05 и 8,75 мм) отечественного производства и пильных волоконотделителей таких зарубежных фирм, как «EagleMax Series 201 Saw gin» (США- Continental eagle), Maharaja 158 (Индия - Nipha) и MY-171 (Китай – Лебедь).

2. Отмечена по результатам анализа работ отечественных волоконотделительных и линтерных машин необеспеченность точности расположения дисковых пил в междуколосниковых зазорах. Предложена для устранения существующих недостатков серийных прокладок из алюминиевого сплава АК5М2 новая конструкция междупильной прокладки волоконотделителя линтерной машины, изготовленная из стали Ст.3.

3. Определено по данным расчетов частоты радиальных колебаний междупильной прокладки снижение колебаний в вертикальном направлении для стали Ст.3 в отличие от алюминиевой АК5М2 на 6,2%. Выявлена устойчивость междупильных прокладок к радиальным колебаниям для волоконотделителя (АК5М2 –  $44013,87 \text{ с}^{-1}$  и Ст.3 –  $46917,65 \text{ с}^{-1}$ ) на 6,59% и линтерной машины (АК5М2 –  $75547,14 \text{ с}^{-1}$  и Ст.3 –  $108751,5 \text{ с}^{-1}$ ) на 43,95%, что намного больше, чем частота вращения пильного цилиндра волоконотделителя и линтера ( $76,44 \text{ с}^{-1}$ ).

4. Вычислены малые колебания междупильной прокладки на основе чего установлено снижение периода колебаний прокладки из стали Ст.3 для волоконотделителя ( $\tau=7,23079 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ ) относительно алюминиевой АК5М2 ( $\tau=1,8478 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ ) в 2,5 раза и для линтерной машины из стали Ст.3 ( $\tau=4,085 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ ) относительно алюминиевой АК5М2 ( $\tau=1,176 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ ) в 2,88 раза.

5. Рассчитана амплитуда радиальных колебаний междупильной прокладки линтерной машины и обосновано её снижение в 8,7 раза для прокладки из стали

Ст.3 ( $5,296 \cdot 10^{-8}$  м) относительно алюминиевой АК5М2 ( $4,646 \cdot 10^{-7}$  м). Определены устойчивость междупильной прокладки и увеличение значения числа полуволн для стали Ст.3 ( $n=0,4672$ ) от алюминиевой АК5М2 ( $n=0,3276$ ) на 42,6%. Выявлена устойчивость междупильных прокладок к критическим сжимающим усилиям (для АК5М2  $T_{кр}=1642,3$  МПа и для Ст.3  $T_{кр}=2263,4$  МПа) на 37,8%, что позволяет использовать стальную междупильную прокладку при сборке пильных цилиндров волокноотделительной 4ДПЗ-90, 4ДП-130 и линтерной машины 5ЛП.

6. Определены пути статической балансировки стальных междупильных прокладок как одно- как и двупоясных конструкций междупильных прокладок. Показано, что уменьшение диаметра двух отверстий противоположно расположенных сварных швов позволит статически балансировать прокладку, например, для однопоясной –  $m_k=-6,3 \cdot 10^{-4}$  кг и двупоясной –  $m_k=-1,044 \cdot 10^{-3}$  кг.

7. Рассчитаны критический движущий момент электродвигателя 40000 Н·м и максимальное значение углового ускорения пильного цилиндра волокноотделителя –  $8739,828$  рад/с<sup>2</sup> при  $t=1,8$  с. Отмечено, что знание массы 130-пильного цилиндра волокноотделителя между опорами – 258,8 кг, наружного радиуса междупильной прокладки – 0,08 м позволит определить максимальное значение силы сжатия междупильной прокладки – 180990 Н, а при этих значениях максимальный угол относительного поворота пильного цилиндра волокноотделителя при кручении составит  $1,89^\circ/\text{м}$ . Установлено, что при изготовлении прокладки из Стали 3 увеличивается модуль сдвига до 3-х раз, что способствует повышению жесткости на 16% и снижению угла кручения вала 130-пильного цилиндра волокноотделителя с  $3,172$  до  $1,051^\circ/\text{м}$ .

8. Изучение машинного агрегата пильного цилиндра линтерной машины с сосредоточенными параметрами по предложенным характеристикам А.Е.Левина и М.М.Соколова показало, что критическая потребляемая мощность электродвигателя соответственно составляет 23,407 и 182,23 кВт, переходный процесс соответственно протекает в течение 0,6 и 5 с, а максимальное значение углового ускорения пильного цилиндра линтерной машины достигает  $844,666$  рад/с<sup>2</sup> при  $t=0,171$  с и  $7240,021$  рад/с<sup>2</sup> при  $t=1,441$  с. При этом установлено увеличение пускового момента по характеристике А.Е.Левина –  $319,388/240,356=1,329$  и по М.М.Соколову –  $5601,694/240,356 = 23,305$ . Установлена разница между значениями угла кручения пильного цилиндра линтерной машины –  $2,52^\circ/0,108^\circ=23,34$  раза и пускового момента электродвигателя в  $5601,694/319,388 \approx 17,54$  раза. Учитывая данного результата рекомендуем при расчетах динамики машинных агрегатов характеристику, предложенную А.Е.Левиним.

9. Показано, что с увеличением массы сырцового валика, приходящегося на единицу длины пильного цилиндра волокноотделителя с 0 до 42 кг/м снижается критическая угловая скорость с 119,66 до 101,79 рад/с (на 15,0%), а при  $m_l=38$  кг/м с увеличением изгибной жесткости вала пильного цилиндра волокноотделителя  $EJ_x$  с 100000 до 1000000 Н·м<sup>2</sup> снижается критическая угловая скорость с 135,02 до 42,70 рад/с (на 68,4%), которая находится в первой

докритической зоне ( $\omega_p \leq 0,75 \cdot \omega_{1кр}$  – жесткий вал)  $76,44 \text{ рад/с} \leq (76,43-77,3) \text{ рад/с}$ .

10. Установлено, что при уменьшении толщины листа с 2 до 1,6 мм деформация прокладки составляет 1,2 и 2 мм соответственно. Следовательно, для изготовления стальной прокладки ширина должна составлять не менее 2 мм. При этих параметрах прокладки напряжение равно  $428106651,2 \text{ Н/мм}^2$ , а усилие затяжки –  $425000 \text{ Н}$ , что в 2,3 раза превышает максимальное усилие сжатия междупильной прокладки.

11. Установлено, что со снижением толщины листа с 2 до 1 мм деформация соответственно увеличивается с 0,09 до 0,44 мм. Поэтому для изготовления прокладки линтерной машины необходима Сталь 3 с шириной не менее 1,5 мм. Для прокладки с шириной 1,5 мм напряжение составляет  $1,435 \text{ МПа}$ , а сила сжатия –  $1500 \text{ Н}$ , при которых устойчивость к деформациям увеличивается до 44,4%.

12. Обосновано, что для растяжения до 5 мм необходимо  $2820 \text{ Н}$  для образца 1,5 мм при электродуговой сварке и кемпи  $2900 \text{ Н}$ , а для образца 2 мм –  $3260 \text{ Н}$  при электродуговой и  $4440 \text{ Н}$  для сварки кемпи, что даёт возможность при сварке поясов стальных прокладок как для электродуговой сварки, так и кемпи. При этом предпочтение отдаётся технологии сварки – кемпи, так как при ней обеспечивается минимальное тепловое напряжение в зоне сварки.

13. Уточнено, что при увеличении усилия изгиба с 9,8 до 49 Н значения изгиба пильного диска с алюминиевой прокладкой увеличиваются до 4,5 мм, а со стальной прокладкой – до 3,5 мм. Анализ полученных результатов доказывает целесообразность использования стальной прокладки при сборке пильных цилиндров волокноотделительной и линтерной машин. Это повышает устойчивость пильных дисков к изгибу на 28,6%, что больше, чем у алюминия АК5М2. Полученные результаты изгиба дисковых пил из экспериментальных исследований позволили установить снижение потребляемой мощности с 74,1 до 66,9 кВт, т.е. на 9,7%.

14. Результаты испытаний разработанной междупильной прокладки, проведенных в производственных условиях, обеспечили внедрение в технологический процесс волокноотделения хлопка-сырца с установкой в 130-пильном цилиндре волокноотделителя 4ДП-130. Ожидаемый экономический эффект от внедрения междупильной прокладки составляет 15,538 млн сум. в год, полностью покрывая вложенные затраты, а при сборке 90-пильного цилиндра волокноотделителя 4ДПЗ-90 составляет 20,563 млн сум. в год, также полностью покрывая вложенные затраты.

15. В результате промышленных испытаний стальной прокладки линтерной машины 5ЛП установлено, что стальные прокладки отвечают требованиям технологического процесса линтерования. Определены производительность по семенам хлопка, составляющая  $949,4 \text{ кг/ч}$ , и потребляемая мощность пильного цилиндра, равная  $15,83 \text{ кВт}$ . Ожидаемая годовая экономическая эффективность для одной линтерной машины марки 5ЛП составляет 12,557 млн сум.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON FOR ADDING ACADEMIC DEGREES  
DSc30/30.11.2021.T.141.01 AT JOINT STOCK COMPANY  
“PAXTASANOAT ILMIY MARKAZI”**

---

**INSTITUTE OF MECHANICS AND SEISMIC STABILITY OF  
STRUCTURES NAMED AFTER M.T.URAZBAEV**

**IBRAGIMOV FARKHOD**

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL BASIS FOR CREATING EFFECTIVE  
DESIGNS OF SAW CYLINDERS FOR FIBERSEPARATION AND LINTER  
MACHINES**

**05.02.03 – Technological machines. Robots, mechatronics and robotics systems**

**ABSTRACT OF THE DOCTORAL (DSc)  
DISSERTATION IN TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2024**

**The theme of Doctor of science (DSc) dissertation is registered by Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and innovation of the Republic of Uzbekistan under the number № B 2023.4.DSc/T715.**

The dissertation is carried out at Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific Council at the address [www.paxtasanoatilm.uz](http://www.paxtasanoatilm.uz) and on the website of Ziyonet information-educational portal [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Scientific adviser:**

**Mukhammadiev Davlat Mustafayevich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:**

**Toshpulatov Solikh Shukurovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Sarimsakov Olimjon Sharifjanovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Safarov Nazirjon Muxammadjonovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Leading organization:**

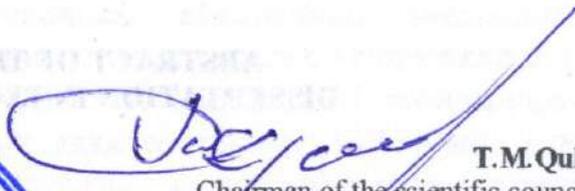
**Ferghana Polytechnic Institute**

The defense of the dissertation will take place on "16" July 2024, at 11<sup>00</sup> o'clock at a themeeting of scientific council DSc.30/30.11.2021.T.141.01 at the "Paxtasanoat ilmiy markazi" Joint stock company. Address: 100070, Tashkent city, Sh. Rustaveli Str, 8. administrative building, small conference hall Tel.: (+99871) 207 04 03; e-mail: [www.paxtasanoatilm.uz](http://www.paxtasanoatilm.uz)

The dissertation can be found in the Information-resource center of the "Paxtasanoat ilmiy markazi" Joint stock company (registration number 33). Address: 100070, Tashkent city, Sh. Rustaveli Str, 8. Tel.: (+99871) 207 04 03; e-mail: [www.paxtasanoatilm.uz](http://www.paxtasanoatilm.uz)

The abstract of the dissertation was distributed on "06" July, 2024 y.  
(Mailing protocol "33" on "06" July, 2024 y).



  
**T.M. Quliyev**  
Chairman of the scientific council on  
awarding academic degrees, doctor of  
technical sciences, professor

  
**M.R. Mo'minov**  
Secretary of the Scientific council  
awarding scientific degrees,  
PhD, senior researcher

  
**R.Sh. Sulaymonov**  
Deputy chairman of scientific seminar under the  
scientific council on awarding scientific  
degrees, doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

**The purpose of the study.** Is to create a technology for manufacturing a resource-saving design of inter-saw spacers and scientific substantiation of the parameters of saw cylinders of fiber separation and linting machines.

**The object of the study.** saw cylinders with inter-saw gascets for fiberseparator 4DP-130 and linter 5LP

**The scientific novelty of the research lies in the following:**

a new design of inter-saw spacers has been developed using resource-saving material for fiber separating and linting machines (Patent of the Republic of Uzbekistan for the invention IAP 06691), which ensures during operation a reduction in the bending of the saw blade, the amplitude of radial vibrations and a reduction in the tightening force;

a method has been developed for calculating the vibration parameters of saw cylinders with rational inter-saw spacers for fiber separation and linting machines;

the patterns of torsional vibrations and shaft rotation angles during torsion of saw cylinders of fiber separation and linting machines with concentrated and distributed parameters were determined based on the use of a developed methodology for calculating the dynamics of machine units;

the strength indicators of the resource-saving design of the inter-saw spacers of fiber separating and linting machines made of steel (St. 3) were substantiated by experimental studies, while the stresses and tightening force of the saw cylinders, as well as the rational thickness of the steel inter-saw spacers were determined;

the main design, technological and technical-operational indicators of the saw cylinders of the fiber separator (Patents of the Republic of Uzbekistan for utility models FAP 01182 and FAP 00786) and the linter with resource-saving designs of inter-saw spacers in terms of energy consumption were established.

**Implement of research results.** Based on the results of the development of a resource-saving design of inter-saw spacers for fiber separating and linting machines:

received patents of the Republic of Uzbekistan for an invention and a utility model from the Intellectual Property Center for a new design of an intersaw spacer for cotton gins No. IAP 06691 (2021) and No. FAP 01182 (2017). As a result of the use of this design, it became possible to reduce the amplitude of radial vibrations by 4.5 times and reduce the tightening force by 2 times;

At the Korasu cotton ginning enterprise, owned by Real Agro Cotton UK, a new design for the fiber separator intersaw gasket was put into production (Reference No. 02-29/4573 dated July 5, 2018, Uzpakhtasanoat JSC). As a result, it was possible to reduce the energy consumption of the saw cylinder by 7.1% and increase the resource saving of the intersaw spacer by 46.5%;

a new design for the inter-saw laying of linters was introduced at the Buka cotton ginning enterprise according to the system of APK Buka LLC ("Test protocol and protocol for the implementation of the Bukino cotton ginning enterprise at JSC APK Buka LLC system" dated October 16, 2023. Reference from the Uzbekistan Pakhta-Tukimachilik Association clusterlari" dated December 21, 2023 No. 03/22-1102). As a result, it was possible to reduce the energy consumption of the saw

cylinder by 3.0% and increase the productivity of the linting machine by up to 5% using a new design of the intersaw spacer.

**Publication of research results.** A total of 31 scientific papers have been published on the topic of the dissertation. Of these, 18 scientific articles, including 7 in republican and 8 in foreign journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of the doctor of science (DSc) dissertation, patents of the Republic of Uzbekistan for inventions and 2 utility models were received.

**The structure and scope of the dissertation.** The thesis consists of an introduction, five chapters, conclusion, list of references and applications. The volume of the thesis is 253 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**I-bo'lim (I част, I part)**

1. Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh., Zhamolova L.Yu. Compression testing of saw gaskets of a linter machine // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti 2023, № 4 (406) с. 146–151. (05.00.00; scopus-IF: 0.4).
2. Mukhammadiev D. M., Ibragimov F. Kh. and Abzoirov O. Kh. Investigation of the saw cylinder of a linter machine with distributed parameters // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti 2023, № 3 (406) с. 174–182. (05.00.00; scopus-IF: 0.4).
3. Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.K., Mukhammadiev T.D. Modeling the motion of a saw ginning machine // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2020, №3 (49), p. 252–262. (05.00.00; scopus-IF: 0.8).
4. Farhod Ibragimov, Ortiq Abzoirov, Lola Zhamolova, Tension testing of steel welded belts of the saw gaskets of a linter machine // Web of Conferences 390, 06015 (2023). (05.00.00; scopus-IF: 0.182).
5. Davlat Mukhammadiev, Farhod Ibragimov, Ortiq Abzoirov, Experimental study of the bending of the linter machine saw blade // Web of Conferences 390, 06010 (2023). (05.00.00; scopus-IF: 0.182).
6. Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh. Study of a linter machine with steel gaskets in production // Journal of Physics: Conference Series 2388 (2022) 012082. (05.00.00; scopus-IF: 0.21).
7. Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh. Calculation of gasket vibrations under a steady operating mode of the linter machine // Journal of Physics: Conference Series 2388 (2022) 012064. (05.00.00; scopus-IF: 0.21).
8. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Мухаммадиев Т.Д. Моделирование движения машинного пильного агрегата // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2020, № 3, с. 94–101. (05.00.00; IF: 0.632).
9. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзoiров О.Х., Жамолова Л.Ю. Расчет радиальных колебаний междупильных прокладок линтерной машины // Проблемы механики 2023, № 1, с. 88-93/ (05.00.00; №6).
10. Ибрагимов Ф.Х., Абзoiров О.Х., Примов Б.Х., Мухаммадиев Т.Д.. Расчет малых колебаний междупильных прокладок линтерной машины // Проблемы механики. Ташкент, 2022. №4. С. 120-124. (05.00.00; №6).
11. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзoiров О.Х., Эргашев И.О. Расчет радиальных колебаний междупильных прокладок линтерной машины // Фарғона политехника институти Илмий техника журнали, махсус сон. Фарғона 2022. № 15. С. 9-13. (05.00.00; №20).
12. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзoiров О.Х., Эргашев И.О. Линтер машинаси арралараро кистирмаларининг радиал тебранишлар

амплитудасини ҳисоби // Фарғона политехника институти Илмий техника журнали. Фарғона 2023. №2. С. 172-176. (05.00.00; №20).

13. Д.М.Мухаммадиев, Ф.Х.Ибрагимов, Р.Х.Росулов. Исследование амплитуды радиальных колебаний междупилльных прокладок пильного цилиндра. Ўзбекистон журнали. – «Проблемы механики» № 3. 2018. с.96-99. (05.00.00; №6).

14. Д.М.Мухаммадиев, Ф.Х.Ибрагимов, Р.Х.Росулов. Определение радиальных колебаний междупилльных прокладок пильного джина. Ўзбекистон журнали. – «Проблемы текстиля» № 3. 2018. с.56-61. (05.00.00; №6).

15. Д.М.Мухаммадиев, Ф.Х.Ибрагимов. Анализ работоспособности пильного джина с новой конструкцией междупилльной прокладки Ўзбекистон журнали. – «Проблемы текстиля» № 3. 2018. с.62-66 (05.00.00; №17).

16. Патент UZ № IAP №06691. Междупилльная прокладка для хлопкоочистительных машин // Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзоиров О.Х., Жамолова Л.Ю., Махаммадиев Т.Д. // Расмий ахборотнома. – 2021, №12.

17. Патент UZ №FAP 01182. Междупилльная прокладка для хлопкоочистительных машин // Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Ахмедов Х.А., Примов Б.Х., Мухаммадиев Ш.Д. // Расмий ахборотнома. – 2017, №1.

18. Патент UZ №FAP 00786. Пахта тозалаш машиналари учун аррали цилиндр // Мухаммадиев Д.М. // Расмий ахборотнома. – 2012, № 4.

## **II - bo'lim (II част, II part)**

19. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзоиров О.Х., Жумаев Н.К., Жамолова Л.Ю. Статическая балансировка стальных междупилльных прокладок // Современные инновации, системы и технологии 2024, №4(1), с. 0401–0409. eISSN: 2782-2818 <https://www.oajmist.com>.

20. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзоиров О.Х. Анализ работоспособности линтерной машины с новой конструкцией междупилльной прокладки // Современные инновации, системы и технологии 2022, № 2, с. 0401-0409. eISSN: 2782-2818 <https://www.oajmist.com>.

21. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Абзоиров О.Х., Примов Б.Х., Жамолова Л.Ю. Экспериментальное исследование стальных поясов междупилльных прокладок линтерной машины на растяжение // Современные инновации, системы и технологии 2023, № 3, с. 0101-0111. eISSN: 2782 - 2818. <https://www.oajmist.com>.

22. Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.Kh., Abzoirov O.Kh., Zhamolova L.Yu. Calculation of the stability of the inter-saw gasket under compression // Современные инновации, системы и технологии 2022, № 2, с. 0301-0311. eISSN: 2782-2818 <https://www.oajmist.com>.

23. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Мухаммадиев Т.Д. Determination of critical angular speed of saw cylinder of a cotton gin. European science review № 7–8 2018 July–August 72-75 pages.

24. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Мухаммадиев Т.Д.. Определение малых колебаний междупилльных прокладок пильного джина. III

Международная научно практическая конференция «Фундаментальный основы механики» Новокузнецк 2018 г. с.48–52.

25. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х. Определение критической угловой скорости пильного цилиндра волокноотделителя. ТИМКХИ Республика микёсидаги илмий амалий конференция Ташкент, 2018. с. 117-121.

26. Ибрагимов Ф.Х., Ахмедов Х.А., Примов Б.Х. Пахта тозалаш машиналари учун технологик ишончлилиги оширилган аррали цилиндр. Инновация 2017 ТДТУ Илмий мақолалар тўплами. Тошкент 2017 89-90 бет.

27. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Ахмедов Х.А., Примов Б.Х. Анализ энергетических показателей технологических машин. Тўқимачилик саноати корхоналарида ишлаб чиқаришни ташкил этишда илм-фан интеграциялашувини ўрни ва долзарб муаммолар ечими Марғилон – 2017 с. 276-286.

28. Mukhammadiev D.M., Ibragimov F.X., Akhmedov Kh.A. Calibration of between saw gaskets of 156 saw gin // 76<sup>th</sup> Plenary Meeting of the International Cotton Advisory Committee (ICAC) Cotton in the era of globalization and technological progress XIII International Uzbek cotton and textile fair “Digest of scientific and technical achievements in the Republic of Uzbekistan”.Tashkent 2017. October 22-27. P.195–200.

29. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Мухаммадиев Т.Д. Калибровка междупильных прокладок пильного джина для вторичного использования. Материалы Международной научно-технической конференции Прочность конструкций, сейсמודинамика зданий и сооружений. – Ташкент, №3 – 4. 2016. с. 434-437.

30. Ибрагимов Ф.Х. Примов Б.Х., Мухаммадиев Т.Д. Янги конструкциядаги қистирмаларни ишлаб чиқиш ва уларни ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш. Машинасозлик техника ва технологияси ҳолати ва келгуси тараққиёти” Республика илмий-амалий анжумани. Тошкент 2016. с. 56-59.

31. Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х., Примов Б.Х. Аррали жиндаги арралар орасидаги қистирмаларни қайта ишлатиш учун калибрлаш. Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида инновацион технологияларнинг долзарб муаммолари Тошкент 2015. с. 35-36.

Avtoreferat «Paxtasanoat ilmiy markazi» AJ tahririyatida tahrirdan o'tkazildi va o'zbek, rus, ingliz tillardagi matnlar mosligi tekshirildi (23.06.2024y.)

Bosishga ruxsat etildi: 28.06.2024 yil.  
Bichimi 60x45 1/8 «Times New Roman»  
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tabog'i 4. Adadi 60. Buyurtma № 57.  
TTESI bosmaxonasida chop etildi.  
Toshkent shahri, Shohjaxon ko'chasi, 5 uy.