

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.12.2019.T.66.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

XOLBAYEV DONIYOR JURABOYEVICH

**PAXTA PNEVMOTRANSPORTI VENTILYATOR PARAMETRLARINI
BOSHQARISHNING MEXATRONIK TIZIMINI YARATISH**

05.02.03- Texnologik mashinalar. Robotlar, mexatronika va robototexnika tizimlari

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

Namangan – 2023

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

**Оглавление автореферата диссертация доктора философии (PhD)
по техническом наукам**

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

Xolbayev Doniyor Juraboyevich

Пахта пневмотранспорти вентилятори parametrlarini boshqarishning
mehatronik tizimini yaratish..... 3

Холбаев Дониёр Журабоевич

Разработка системы мехатроники для управления параметрами
вентилятор пневмотранспорта хлопка..... 25

Kholbaev Daniyor Juraboyevich

Development of a mechatronics system for controlling the parameters of a
cotton pneumatic transport fan..... 49

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ

List of published works..... 52

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD.03/30.12.2019.T.66.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI

XOLBAYEV DONIYOR JURABOYEVICH

**PAXTA PNEVMOTRANSPORTI VENTILYATOR PARAMETRLARINI
BOSHQARISHNING MEXATRONIK TIZIMINI YARATISH**

05.02.03- Texnologik mashinalar. Robotlar, mexatronika va robototexnika tizimlari

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

Namangan – 2023

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (Doctor of Philosophy) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida №B2022.1.PhD/T2292 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Namangan muhandislik-texnologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Namangan muhandislik-texnologiya institutida huzuridagi Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.nammti.uz) va Ziyonet Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Mamaxonov A'zam Abdumajitovich
texnika fanlari doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Djurayev Anvar Djurayevich
texnika fanlari doktori, professor

Maxkamov Anvar Muxamatxonovich
texnika fanlari doktori, dotsent

Etakchi tashkilot:

Andijon mashinasozlik instituti

Dissertatsiya himoyasi Namangan muhandislik-texnologiya instituti huzuridagi PhD.03/30.12.2019.T.66.01 raqamli Ilmiy kengashning 2023 yil «24» iyun soat 11⁰⁰ da majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 160115, Namangan sh., Kosonsoy-7. Tel.: (69), 225-10-07, faks: (69) 228-76-75, e-mail: niei_info@edu.uz, Namangan muhandislik-texnologiya instituti 3-bino, 313-xona, kichik majlislar zali).

Dissertatsiya ishi bilan Namangan muhandislik-texnologiya instituti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№ 528-raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 160115, Namangan sh., Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel.: (69) 225-10-07.)

Dissertatsiya avtoreferati 2023 yil «14» iyun kuni tarqatildi.
(2023 yil «24» iyun da № 115-raqamli reestr bayonnomasi).



Signature

R. M. Murodov

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

X.T. Bobojanov

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

Signature

Q.M. Xoliqov

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

Signature

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda paxta tolasidan tayyorlangan tikuv-trikotaj mahsulotlariga bo'lgan talab yuqori bo'lib, mahsulotning sifat va miqdor ko'rsatkichlarini oshirish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda yer yuzida aholi sonining uzluksiz oshib borishi, aholining didi, imkoniyatlari va moda yo'nalishlarining tez o'zgarayotgani mahsulotning muayyan assortimentiga bo'lgan talabning keskin ortishi yoki pasayishiga olib kelmoqda. Bu holat, asosiy to'qimachilik xomashyosi hisoblangan paxta tolasiga bo'lgan talab ham o'zgarib borishiga sabab bo'lmoqda. Dunyoning eng yirik paxta yetishtiruvchilaridan bo'lgan Xitoy, AQSh, Hindiston, Pokiston va Braziliya kabi mamlakatlar, birgalikda, jami paxta tolasining 70 foizini ishlab chiqaradi¹. Bu borada, jumladan, paxta tolasini ishlab chiqaruvchi mamlakatlarda eng serxarajat, uzoq vaqt va katta mehnat resurslarini talab etadigan, kam rentabelli mahsulot hisoblangan paxta tolasining iste'mol xususiyatlarini yaxshilash va tannarxini kamaytirish masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda paxta va to'qimachilik sanoati mahsulotini ishlab chiqarishning barcha bosqichlarida mashina va uskunalarning ishchi organlari tomonidan kuchli ta'sir ko'rsatilishi, ishlab chiqarish bilan bir qatorda, xomashyoni terib olish, tashish jarayonlarida uning sifat ko'rsatkichlarini yaxshilash hamda resurs sarfini kamaytirishga qaratilgan keng miqyosdagi ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Natijada, paxtaning dastlabki miqdor va sifat ko'rsatkichlari oshib, mahsulot tannarxi pasaymoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan, resurstejamkor texnika va texnologiyalarni yaratish, jarayonlarni avtomatlashtirish va mexanizatsiyalashga qaratilgan tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shuningdek, paxtani havo yordamida tashishda paxta chigiti va tolasining dastlabki sifat va miqdor ko'rsatkichlarini saqlash hamda energiya sarfini kamaytirish sohaning bugungi ahvoli va istiqbolini belgilab beruvchi dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda paxta-to'qimachilik klasterlarini tashkil etish orqali paxta yetishtirish va uni chuqur qayta ishlashni markazlashtirish asosida yuqori sifatli va past tannarxga ega bo'lgan keng assortimentdagi to'qimachilik va yengil sa'noat mahsulotlarini ishlab chiqarish bo'yicha keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan "...to'qimachilik sa'noati mahsulotlari ishlab chiqarish hajmini 2 baravarga ko'paytirish, sa'noat tarmoqlarida mehnat unumdorligini oshirish dasturlarini keng joriy qilish, sa'noat tarmoqlarida yo'qotishlarni kamaytirish va resurslarni ishlatish samaradorligini oshirish" vazifalari belgilangan². Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, xususan, paxtani pnevmotransport bilan tashishda uskunaning paxta mahsulotlari sifat ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir ko'rsatmaydigan va kam energiya sarflaydigan ish rejimlarini ta'minlab beruvchi mexatronik tizimlarni yaratish va dasturiy ta'minotini ishlab chiqish muhim masalalardan hisoblanadi.

¹Cotton: WorldStatistics. <https://www.statista.com>; <http://www.ICAC.org>.

²O'zbekiston Respublikasi Prezidentining "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi" to'g'risidagi Farmoni. 2022-yil 28-yanvardagi PF 60-son

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” PF-60-sonli Farmoni, 2017-yil 28-noyabrdagi “Paxtachilik tarmog‘ini boshqarish tizimini tubdan takomillashtirish chora – tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-3408 sonli qaroriga asosan, Vazirlar Mahkamasining 2018-yil 31-martdagi “Paxta-to‘qimachilik ishlab chiqarishlari va klasterlari faoliyatini tashkil etish bo‘yicha qo‘shimcha chora tadbirlar to‘g‘risida”gi 253-sonli qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy – huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo‘yicha tadqiqotlar Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning II. “Energetika, energiya va resurstejamkorlik, transport, mashina va asbobsozlik” ustuvor yo‘nalishiga mos keladi.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Pnevmotransport jarayoni nazariy va amaliy asoslari va ularni rivojlantirishga bir qator taniqli xorijiy olimlar katta hissa qo‘shganlar, jumladan G.Cherniy, G.Abramovich, A.Altshul, L.Loysyanskiy, D.Chisxolm, Yu.Shmuglevskiy, T.Karman, Dakh Hem, Donald W. Van Doorn, Dan S. Wise, Hans Oetiker, Richard D. Johnson va boshqalar.

Mamalakatimiz paxta xomashyosi va mahsulotlarini pnevmotransport yordamida tashishning fundamental, nazariy va amaliy masalalari hamda metodologik asoslarini yaratishga O‘zbekistonning taniqli olimlarini ilmiy ishlari bag‘ishlangan. Ulardan, B.A.Levkovich, R.G.Maxkamov, X.A.Raxmatullin, X.A.Ziyayev, R.Amirov, S.Boltaboyev, P.Baydyuk, B.M.Mardonov, S.Saidaxmedov, S.Qodirxo‘jayev, X.Axmedxodjayev, R.Muradov, M.Xojiyev, O.Sh.Sarimsaqov, U.X.Azizxodjayev, R.Fayziyev, A.Davidov, N.A.Ortiqov, S.A.Samandarov, A.Burxanov, A.A.Ismoilov, Z.O.Shodiyev, T.O.Shamsutdinov va boshqa olimlar olib borgan ilmiy tadqiqotlar natijasida paxtani pnevmotransportda tashish jarayonlari nazariyasi va texnika-texnologiyasini rivojlantirish bo‘yicha salmoqli natijalarga erishildi.

Shu bilan birga, paxtani pnevmotransport bilan tashishda tola va chigitning dastlabki sifat ko‘rsatkichlarining pasayishi, uni tashuvchi havo tarkibida chiqib ketishi va nobud bo‘lishi hamda ish rejimlarini bir me‘yorda boshqarish imkoniyatlari bo‘lmagani uchun energetik xarajatlarning oshib ketishi kabi muammolar sabablari atroflicha ochib berilmagan va bu kamchiliklarni bartaraf etuvchi texnikaviy yechimlar ishlab chiqish muammolari yetarli darajada o‘rganilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilayotgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Namangan muhandislik-texnologiya instituti va Namangan viloyat hududiy innovatsiya faoliyati va texnologiyalar transferi markazi ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining F4-005 raqamli “Paxtani havo yordamida tashuvchi qurilma elementlari bilan paxtaning o‘zaro ta’sirlanishini ifodalovchi qonuniyatlarini o‘rganish va matematik modellashtirish” mavzusidagi fundamental (2012-2015yy.) va BA-AZ-010 raqamli “Paxta xomashyosi pnevmotransporti samaradorligini oshirishning

amaliy asoslarini ishlab chiqish” mavzusidagi amaliy (2016-2017) loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi pnevmotransport ish rejimini boshqaruvchi mexatronik tizim ishlab chiqish orqali paxta mahsulotlarining dastlabki sifat ko'rsatkichlarini saqlash va elektr energiyasi sarfini kamaytirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilarni o'z ichiga oladi:

pnevmotransport samaradorligini oshirish bo'yicha olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlarini tahlil qilish;

paxta pnevmotransportida oqim parametrlarini bir meyorda boshqarishni ta'minlovchi mexatronik tizimning dasturiy ta'minotini ishlab chiqish;

paxta pnevmotransportida oqim parametrlarini bir me'yorda boshqarishning nazariy asoslarini ishlab chiqish;

paxta pnevmotransportida oqim parametrlarini bir me'yorda boshqarishni ta'minlovchi qurilmada amaliy tadqiqotlar o'tkazish orqali uning ratsional parametrlarini aniqlash;

takomillashgan pnevmotransport uskunasining ishlab chiqarish nusxasini tayyorlash va tadqiq qilish;

tadqiqot natijalarining iqtisodiy samaradorligini asoslash va ilmiy ish natijalarini ishlab chiqarishga joriy qilish.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida paxta tozalash korxonalarida paxtani pnevmotransportda tashish jarayoni va paxta pnevmotransporti ish rejimini boshqarish qurilmalari olingan.

Tadqiqotning predmetini paxta pnevmotransporti ish rejimi va uni boshqarish qurilmalari konstruktiv va texnologik ko'rsatkichlari tashkil qiladi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida oliy matematika, nazariy va amaliy mexanika usul va vositalaridan, eksperimental tadqiqotlarda zamonaviy o'lchash asboblari, matematik statistika, eksperimentlarni rejalashtirish va optimallashtirish usullaridan foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

paxta pnevmotransportida oqim parametrlarining pnevmotransport tizimidagi havo oqimining statik va dinamik bosimi hamda ventilyator nominal bosimi va havo sarfi hamda quvur uzunligi o'zgarishiga qarab chiziqli qonuniyat asosida o'zgarib borishi aniqlangan;

quvur boshida hosil qilinadigan havo oqimi statik bosimi va tezligining ventilyator elektr yuritgichidagi tok chastotasiga bog'liq holda o'zgarishi hamda kerakli havo bosimi va tezligini hosil qilish uchun zarur bo'lgan tok chastotasining qiymatlari aniqlangan;

paxtani tashish masofasiga qarab, quvur boshida hosil qilinadigan havo oqimi parametrlarining drossel holati va inverter qurilmasi beradigan tok chastotasiga bog'liq holda o'zgarishini hisobga olgan holda pnevmotransport uskunasining ratsional ish rejimlari aniqlangan;

paxta tozalash korxonalarida pnevmotransport ventilyatorining mahsulotni turli masofalardan tashishda zarur bo'lgan bosim va tezlik parametrlarini ta'minlash uchun

uzatilihi kerak bo'lgan tok chastotasini boshqaradigan Scada mexatronik tizimi va uning dasturiy ta'minoti ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

paxta pnevmotransportining oqim parametrlarini boshqarish jarayoni tadqiqotlari natijasida kerakli ish rejimini yuqori aniqlikda ta'minlab bera oladigan, oqimni bir me'yorda o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lgan paxta pnevmotransporti ish rejimini ratsional boshqarish mexatronik tizimi va uning dasturiy ta'minoti ishlab chiqilgan;

paxtani turli masofalardan, turli ish unumida tashish jarayonlarida eng kam elektr energiya sarfi va yuqori havo bosimini ta'minlab beruvchi, paxta mahsulotlari dastlabki sifat ko'rsatkichlarini maksimal darajada saqlaydigan ratsional oqim parametrlari aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi. Tadqiqot yakunida nazariy va tajribaviy izlanishlar natijalarining mutanosibli, tavsiya etilgan mexatronik tizim o'rnatilgan pnevmotransport uskunasi ishlab chiqarish sinovlari va mavjud pnevmotransport uskunalarini ko'rsatkichlariga solishtirish natijalari bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati pnevmotransport quvurida paxta va havo harakati, paxtani tashuvchi pnevmotransport uskunasi ish rejimini boshqarish jarayoni matematik modellarining paxtani pnevmotransport bilan tashish jarayoni nazariy asoslarini muayyan darajada rivojlantirish va boyitishga xizmat qilishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati paxta pnevmotransportining oqim parametrlarini boshqarish jarayonini o'rganish natijasida aerodinamik qarshiligi past va kerakli ish rejimini yuqori aniqlikda ta'minlab bera oladigan, oqimni bir me'yorda o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lgan mexatronik tizim ishlab chiqilgani va ishlab chiqarishga joriy qilingani bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Paxtani tashuvchi pnevmotransport uskunasining oqim parametrlarini boshqarish qurilmasi yangi konstruksiyalarini ishlab chiqish bo'yicha olingan natijalar asosida:

oqimni bir me'yorda o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'lgan mexatronik tizim va uning dasturiy ta'minoti "O'zbekiston paxta-to'qimachilik klasterlari uyushmasi" tasarrufidagi korxonalarda, jumladan, "ART SOFT TEX CLUSTER" MCHJga qarashli "Pop paxta tozalash" korxonasida ishlab chiqarishga joriy etilgan ("O'zbekiston paxta-to'qimachilik klasterlari uyushmasi"ning 2022-yil 23 dekabrda №02-22/903-sonli ma'lumotnomasi). Natijada paxta pnevmotransporti faoliyat radiusini 50-60 m ga oshirishga hamda paxta pnevmotransporti energiya sarfining 18 % ga kamayishiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertasiyaning ishining natijalari 8 ta, jumladan 5 ta xalqaro va 3 ta Respublika ilmiy-texnik anjumanlarda ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertasiya mavzusi bo'yicha jami 19 ta ilmiy ishlar chop etilgan. O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestasiya komissiyasining texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertasiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 10 ta maqola, jumladan,

5 tasi Respublika va 5 ta xorijiy jurnallarda nashr etilgan. Shuningdek, O'zbekiston Respublikasi Intellektual mulk agentligi tomonidan 1 ta EHM uchun dasturiy guvohnoma olingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 116 betni tashkil qiladi.

Muallif dissertatsiyani tayyorlash va rasmiylashtirishda bergan qimmatli maslahatlari, ko'rsatgan yo'l-yo'riqlari uchun, texnika fanlari doktori, professor O.Sh.Sarimsakovga chuqur minnatdorchilik bildiradi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari, ob'ekti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Paxta pnevmotransporti uskunasi va uning elementlari konstruksiyasi bo'yicha qilingan ilmiy tadqiqotlar sharhi**" deb nomlangan birinchi bobi adabiyot manbaalarining tahliliga bag'ishlangan bo'lib, unda xususan hozirgacha amalga oshirilgan ilmiy-tadqiqot ishlarida aniqlangan qonuniyatlar, amaliy natijalar paxtani qayta ishlash, shuningdek uni pnevmotransportda tashish yuz beradigan ayrim xodisalar, turli uzoqlikda joylashgan g'aramlardan, shuningdek, turlicha namlik va ifloslikdagi paxtani tashishda pnevmotransport oqim parametrlarini o'zgartirish holatlari, amaldagi oqim parametrlarini o'zgartiruvchi qurilmalar oqimni bir me'yorda o'zgarishini ta'minlashi va o'rnatilgan rejimlari tahlil qilingan.

Amalga oshirilgan tahlillar paxta pnevmotransporti tizimida oqim parametrlarini bir me'yorda o'zgartirish, yuqori aniqlikdagi ish rejimini o'rnatish imkonini beruvchi mexatronik tizimni yaratish va ishlab chiqarishga joriy etish zarurati mavjud ekani to'g'risida xulosa qilingan.

Dissertatsiyaning "**Paxta pnevmotransporti ventilyator parametrlarini boshqarishning nazariy asoslari**" deb nomlangan ikkinchi bobida asosan nazariy ishlar amalga oshirilgan bo'lib, analitik hisob-kitoblarga ko'ra, paxtani pnevmotransportda tashish jarayoni uchun rejimlarni tanlash va turbulent rejimning o'ziga xos xususiyatlari va pnevmotransport uskunalarida paxtani tashishga ta'siri o'rganildi.

So'rilayotgan havo oqimini ham, purkalayotgan havo oqimini ham quvurlar yordamida istalgan tomonga yo'naltirish va zarur masofaga yetkazish mumkin. Markazdan qochma ventilyatorlarning konstruksiyalari juda ko'p. Jumladan, oddiy to'g'ri parrakli va egri parrakli, diskli, silindrik va yassi, shuningdek murakkab konfiguratsiyali parraklar va kameraga ega bo'lgan, parraklari aylanish yo'nalishi bo'yicha va unga teskari egilgan turlari mavjud.

Har bir geografik hudud atmosferasining o'zigagina xos bo'lgan zichligi bo'ladi. Bu zichlikni nominal zichlik, deb ataymiz.

Texnik adabiyotlarda havoning normal sharoitdagi temperaturasi $t = 0^{\circ}\text{C}$ va normal atmosfera bosimi $P_{atm} = 101,325 \text{ kPa}$ (750 mm simob ustuni) bo'lganda havo zichligi $\rho_{nn} = 1,29 \text{ kg/m}^3$, standart sharoitda esa ($P_{atm} = 101,325 \text{ kPa}$ namligi $W = 50\%$; temperaturasi $T = 20^{\circ}\text{C}$ da $\rho_{ns} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ga teng ekani ko'rsatilgan.

Bizning mamlakatda havodagi namlik, temperatura va bosimi o'ziga xos bo'lib, ular yil fasllari va ob-havoga bog'liq. Biz 2021-yil oktabr oyida amalga oshirgan o'lchovlarda havo temperaturasi $T = 20^{\circ}\text{C}$, bosimi $P_{atm} = 735 \text{ mm}$ simob ustuni yoki 98 kPa , $W = 45\%$; namlik bo'lib, olib borgan hisoblashlarimiz havoning nominal zichligi $\rho_n = 1,17 \text{ kg/m}^3$ ga teng ekanini ko'rsatdi.

Havo amaldagi zichligining nominal qiymatdagi ρ_n har qanday chetlanishi uning zo'riqishiga olib keladi:

$$\rho_a > \rho_n \quad (1)$$

bo'lsa havoda zichlangan havo muhiti yoki ortiqcha bosim muhiti,

$$\rho_a < \rho_n \quad (2)$$

bo'lsa siyrak havo muhiti yoki past vakuum muhiti yuzaga keladi.

Tengsizlikning har ikki tomonini ρ_n bo'lsak:

$$\frac{\rho_a}{\rho_n} = k_3 > 1 \quad (3)$$

bo'lsa, ortiqcha bosim (zichlanish) muhiti,

$$\frac{\rho_a}{\rho_n} = k_3 < 1 \quad (4)$$

bo'lsa past vakuum muhiti hosil bo'ladi. Bu yerda k_3 - havoning zo'riqish koeffitsenti. Zo'riqish koeffitsenti, tushunchasi va koeffitsentning kiritilishi nazariy ishlarda jarayon tahlilini amalga oshirishni osonlashtiradi.

Dinamik bosim bir-xil kesimli quvur uchun o'zgarmas, deb qabul qilinishi mumkin, sababi havo tezligi quvur uzunligi bo'ylab kam o'zgaradi. Ammo, statik bosim quvur kesimi va uzunligiga bog'liq ravishda katta miqdorlarda o'zgaradi. Drosseldan keyingi bosim quvurning uzunligi va ko'ndalang kesim bo'yicha taqsimlanadi va ko'ndalang kuchlar R_{st} statik bosimni, bo'ylama kuch R_d dinamik bosimni hosil qiladi:

$$P_d = \frac{K_b \cdot F_a}{f_q} = \frac{K_b \cdot 0,25 \cdot P_n \cdot \pi d_v^2}{\left(\frac{\pi d_q^2}{4}\right)},$$

$$P_{st} = \frac{K_k \cdot F_a}{(L_{st} \cdot L_q)} = \frac{K_k \cdot F_a}{(\pi d_k \cdot (1+L_k))} = \frac{K_k \cdot 0,25 \cdot P_n \cdot \pi d_v^2}{(\pi d_k \cdot (1+L_k))}.$$

bu yerda: K_b va K_k – mos ravishda, bo'ylama va ko'ndalang kuchlarga bog'liq proporsionallik koeffitsentlari; F_{ab} va F_{ak} – bo'ylama va ko'ndalang kuchlar; d_v va d_k – ventilyator bo'g'zi va quvur diametrlari; L_k va L_t – quvurning umumiy va joriy uzunliklari.

Shakl almashtirish va qisqartirishlardan so'ng quyidagi tenglamalarni hosil qilamiz, dinamik bosim uchun:

$$P_d = K_b \cdot P_n \left(\frac{d_v}{d_q}\right)^2, \quad (5)$$

statik bosim uchun:

$$P_{st} = 0,25 \cdot K_k \cdot P_n \frac{d_v^2}{d_q \cdot (1+L_k)}; \quad (6)$$

Proporsionallik koefitsentlari:

$$K_b = \frac{P_d}{P_n} \cdot \left(\frac{d_v}{d_q}\right)^2, \quad (7)$$

$$K_k = 0,25 \frac{P_{st}}{P_n} \cdot \frac{d_v^2}{d_q \cdot (1+L_k)}; \quad (8)$$

K_b va K_k koefitsentlarni aerodinamik o'lchovlar yordamida aniqlash mumkin. Tenglamalarga e'tibor bersak:

$$K_k < K_b < 1, \quad (9)$$

bo'lishini bashorat qilishimiz mumkin. Chunki, quvurning ichidagi statik bosim doimo nominal bosimdan kichik, dinamik bosim esa statik bosimdan ham past qiymatga ega bo'ladi. Shuningdek, mavjud ventilyatorlarda $d_v > d_q$, ya'ni, ventilyator bo'g'zi diametri doimo quvur diametridan katta, ba'zi hollarda unga teng bo'lishi mumkin.

Statik bosim esa, ventilyator oldida uning nominal bosimiga teng bo'lib, K_k -ko'ndalang kuchlar koefitsentining katta qiymatlarida pastroq intensivlik bilan, kichik qiymatlarda esa yuqoriroq intensivlikda ventilyator oldidan quvur boshiga qarab kamayib boradi. Yuqorida keltirilgan tenglamalar quvur parametrlari va ventilyator nominal bosimiga qarab, quvurdagi havo oqimining dinamik va statik bosimlarini aniqlash imkonini beradi.

Endi, pnevmotransport uskunasi ichidagi aerodinamik jarayonlarni ventilyator ishiga bog'liq holda o'rganishga harakat qilamiz.

Pnevmotransport qurilmasi tashqi atmosferadan o'zining tarkibiy elementlari vositasida ajralgan yopiq muhit (bo'shliq) bo'lib, havo va material shu bo'shliq ichida harakatlanadi.

Ventilyatorning elektromotori sarf qilayotgan quvvat ventilyator valida burovchi moment M ni hosil qiladi va ventilyator parraklarini muayyan n chastota bilan aylanishiga olib keladi:

$$N = M \cdot \frac{n}{9550}. \quad (10)$$

Parraklarning aylanish tezligi chastotaga bog'liq. Quyidagi:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \rightarrow v = \omega \cdot \frac{d}{2} = \frac{\pi n}{60} d \rightarrow n = \frac{60v}{\pi d}$$

bog'lanishlardan kelib chiqib, (10) ni shunday yozish mumkin:

$$N = M \cdot \frac{60v}{3.14 \cdot 9550} = M \cdot \frac{v}{d} \cdot 2 \cdot 10^{-3}. \quad (11)$$

Burovchi moment M ventilyator parragini aylantiradi. Parraklar esa, aylanish natijasida havo zarralarini surib, havo oqimi va bir tomonda so'ruvchi (tortuvchi), ikkinchi tomonda itaruvchi (purkovchi) kuchni vujudga keltiradi, natijada havo massasi bir joydan ikkinchi joyga, muayyan masofaga ko'chadi, ish bajariladi. Fizik ma'noda, moment va ish o'lchov birliklari bir xil bo'lib, bajarilgan ishni ventilyator parraklarini burovchi momentning tekislikdagi yoyilmasi, deb qarash mumkin. Bunda, ventilyator parraklari bajargan ish muayyan massadagi jismni muayyan masofaga ko'chirish bilan ifodalanadi. Buning uchun zarur bo'lgan kuch aerodinamik

kuch bo‘lib, uni ta‘sir masofasiga ko‘paytirib, bajarilgan ishning ifodasini olish mumkin:

$$A = F_a \cdot dl.$$

Aerodinamik kuch, o‘z navbatida havo bosimi natijasida yuzaga keladi. Bu safar faqat dinamik bosimni emas, balki to‘liq bosimni hisobga olamiz:

$$F_a = P \cdot (0.25\pi \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot dl), \quad (12)$$

Boshqa tomondan, havo tezligi havo sarfidan kelib chiqadiki:

$$v = \frac{Q}{f} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}, \quad (13)$$

Topilganlarni quvvat tenglamasiga qo‘ysak, quyidagini olamiz:

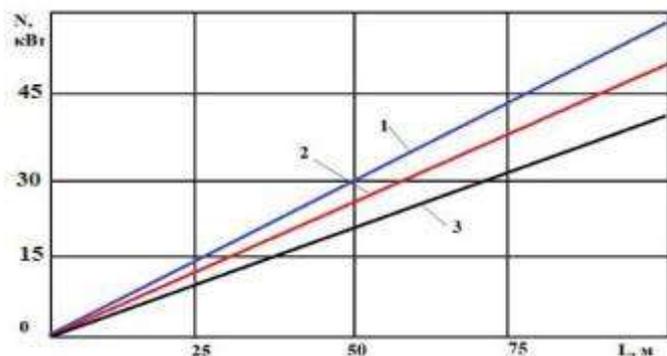
$$N = 8 \cdot P \cdot Q \cdot k_p \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

bu yerda, k – parametrik kattalik:

$$k = \left(\frac{0.25}{d} + \frac{dl}{d^2} \right) dl$$

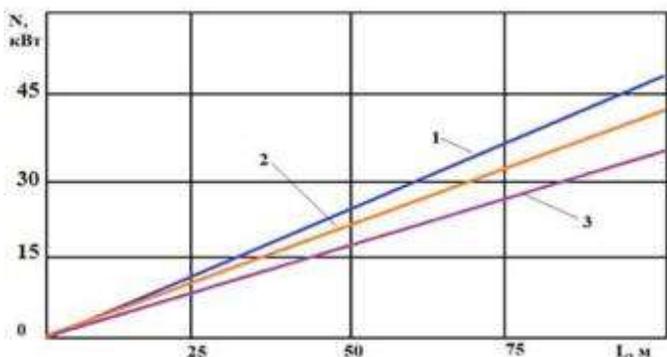
bu yerda qarshilik kuchlari hisobga olinmadi. Shuningdek, tenglamalar pnevmotransportga tashiluvchi mahsulot berilmagan holat uchun chiqarildi. Shu holatni VS-10M va VS-12M ventilyatorlar misolida nominal bosimning $R_n = 5 \text{ kPa}$ va 6 kPa ; $d_q = 0.4 \text{ m}$, quvur uzunligi 100m gacha, havo sarfi $Q = 3$ va $6 \text{ m}^3/\text{s}$ bo‘lganda kompyuterda Maple 2020 dasturi yordamida tahlil qilindi. Tahlil natijasida olingan, ventilyator sarf qiladigan quvvatning quvur uzunligiga bog‘liq ravishda o‘zgarishi 1 va 2-rasmlarda keltirilgan.

Kichik o‘lchamdagi quvurlarda esa buning aksini kuzatish mumkin. 2-rasmda VS-10M ventilyatori misolida quvur diametri 450 mm; 400 mm, 350 mm bo‘lgan hollarda quvur uzunligining ortishining quvvat sarfiga ta‘siri grafiklari keltirilgan. Bu yerda yuqoridagi qonuniyat qaytarilmoqda. Faqat, bu erda havo sarfi va bosimi nisbatan past bo‘lgani sababli sarf qilinayotgan energiya miqdori kamroq ekani ko‘rinadi.



1-rasm. VS-12M ventilyatori misolida quvur uzunligi ortishining quvvat sarfiga ta'siri

- 1- quvur diametri 450 mm;
- 2- quvur diametri 400 mm;
- 3- quvur diametri 350 mm



2-rasm. VS-10M ventilyatori misolida quvur uzunligi ortishining quvvat sarfiga ta'siri

- 1- quvur diametri 450 mm;
- 2- quvur diametri 400 mm;
- 3- quvur diametri 350 mm

Grafiklarga e'tibor berilsa, faqat havoning o'zi harakatlenganda ham tashish masofasining ortishi bilan ventilyator talab qiladigan quvvat intensiv ravishda ortib borishini ko'rish mumkin.

Shuningdek, quvur diametrining katta qiymatlarida quvvat sarfi katta, kichik diametrli quvurlarda esa nisbatan past. Buning sababi, katta o'lchamdagi quvurlarda birlik masofaga to'g'ri keladigan havo massasi katta va uni tashish uchun nisbatan ko'p energiya sarflanadi.

Pnevмотransport tizimlarida kerakli oqim parametrlari drossellar yordamida ta'minlanadi. Drossellash usuli, bu katta havo bosimi va sarfini oqim yo'liga qarshilik o'rnatish hisobiga kamaytirish orqali amalga oshiriladi. Shuning uchun bu usulda energiya sarfi yuqoriligicha qoladi. Shuningdek, bu usulda havo tezligi va bosimini yuqori aniqlikda va bir me'yorda o'zgarishini ta'minlab bo'lmaydi. Shunga ko'ra izlanishlarimizda invertor yordamida ventilyator parametrlarini, ya'ni parraklari aylanishlari sonini o'zgartirish yo'li bilan boshqarish usulini tanladik.

Mamlakatimizga keltirilayotgan invertorlar asosan, Xitoyda ishlab chiqarilgan bo'lib, ular elektr yuritgichlar rotori aylanish chastotasini o'zgartirish bilan birga, bir qancha qo'shimcha vazifalarni ham bajaradi:

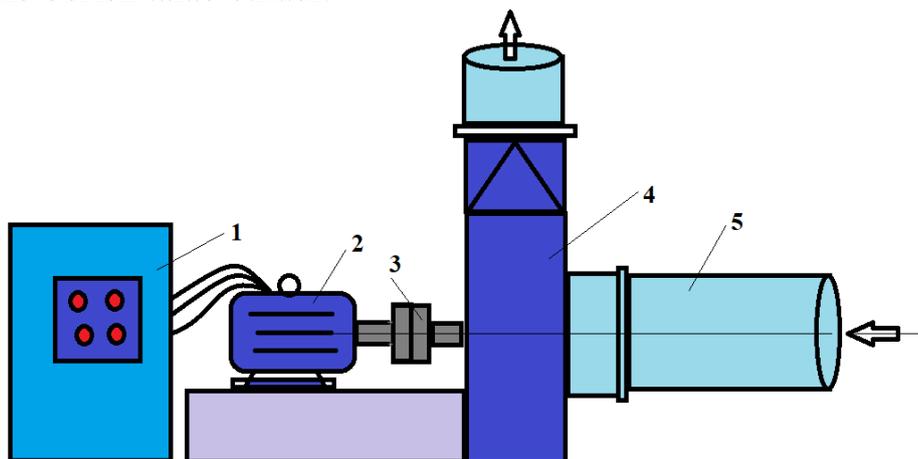
1. Elektr yuritgichlarni ortiqcha yuklanish va qizib, kuyishdan himoya qiladi;
2. Invertor orqali ulanganda motorda ulanishdagi yuqori qarshilik momenti yuzaga kelmaydi va katta tok kuchi talab etilmaydi. Invertor motor rotorini asta-sekin tezlashtirish yo'li bilan aylantirib, kerakli aylanishlar soniga yetkazadi;
3. Invertor elektr toki chastotasini asta-sekinlik bilan boshqarish va kerakli ish rejimini osonlik bilan tanlash va ta'minlash imkonini beradi;
4. Invertorda mahsulotni tashish jarayonida havo oqimi parametrlarini nazorat qilib, boshqarib turish imkoniyati mavjud;
5. Zamonaviy invertorlarda xavfli holatlarning oldini olish, shunday holatlar yuzaga kelganda xabar berish, ogohlantirish va avariya holatlarida tizimni tok manбайдan uzib qo'yish funksiyalari ham bor.

Xulosa qilib aytganda, paxta tozalash korxonalarida pnevмотransportni yuritish qismi uchun invertor qurilmasidan foydalanish davr talabiga aylandi, desak, noto'g'ri bo'lmaydi.

Paxta pnevмотransportida foydalaniladigan ventilyatorlar **30 – 90 kVt** ni tashkil qilishini hisobga olsak, invertor bilan elektromotor qiymati 20% ga ortadi. Ammo, shuning o'zi bilan elektromotor ortiqcha kuchlanish va kuyib qolishdan to'liq himoyalanaadi. Shuningdek, elektromotorning ekonom rejimini aniqlash va shu rejimda ishlatish, tashish jarayoni parametrlarining o'zgarishini nazorat qilish va boshqarish imkoniyati yuzaga keladi. Pnevмотransport tizimi ventilyatorining invertorli mexatronik tizim bilan ulanish sxemasi 3-rasmda keltirilgan.

Ish jarayonida elektr toki manbaiga ventilyator 4 elektromotori invertor 1 orqali ulanadi. Invertor ventilyatorni asta-sekinlik oshib boruvchi elektr toki bilan ta'minlaydi. Tokka ulangandan 15-20 sekund o'tgach ventilyator to'la (maksimal) aylanishlar soniga erishadi. Ventilyator ishga tushgach, suruvchi quvurdan ventilyatorga havo oqimi kirib keladi va chiquvchi quvurdan keyingi qurilmaga

o‘tadi. Mexatronik tizimning naqadar samara berishini aniqlash uchun amaliy izlanishlar olib borish talab etiladi.



3-rasm. Pnevмотransport tizimi ventilyatorining inverterli mexatronik tizim bilan ulanish sxemasi

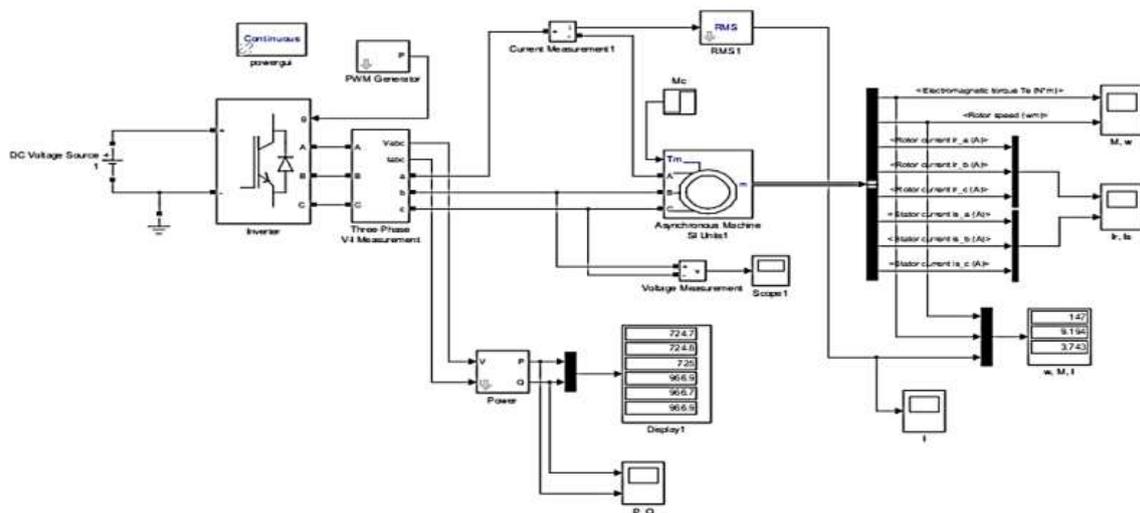
1-invertor shkafi; 2-elektromotor; 3-mufta; 4-ventilyator; 5-quvur.

Dissertatsiyaning **“Paxta pnevмотransporti ventilyator parametrlarini boshqarish mexatronik tizimi va amaliy tadqiqotlar natijalari”** deb nomlangan uchinchi bobi havoni bir me’yorda boshqarish imkonini beradigan mexatronik tizim samarali ishlashini asoslash va rejali eksperimentlar yo‘li bilan eng past va pnevмотransport uskunasi ta’sir radiusi eng yuqori bo‘ladigan parametrlar aniqlandi.

Paxta pnevмотransporti asinxron elektr dvigatelinii matematik modellashtirish uchun Matlab dasturiy muhitiga kiritilgan Simulink paketida amalga oshirildi. Simulink-bu grafik simulyatsiya muhiti bo‘lib, u yo‘naltirilgan grafikalar ko‘rinishidagi blok-diagrammalardan foydalanib, diskret, uzluksiz va gibridd, chiziqli bo‘lmagan va uzlukli tizimlarini o‘z ichiga olgan dinamik modellarni yaratishga imkon beradi. Simulink interaktiv muhiti elektrodinamika, mexanik va gidravlik tizimlarni modellashtirish uchun tayyor blok kutubxonalaridan foydalanishga imkon beradi, shuningdek boshqaruv tizimlari, raqamli aloqa vositalari va real vaqtda qurilmalarni ishlab chiqishda rivojlangan modelga yo‘naltirilgan yondashuvni qo‘llaydi. Ushbu grafik muhit yetarli aniqlik bilan, bizning holatimizda, chastota o‘zgartirgich bilan boshqariladigan asinxron elektr dvigatelinii modelini yaratishga imkon beradi.

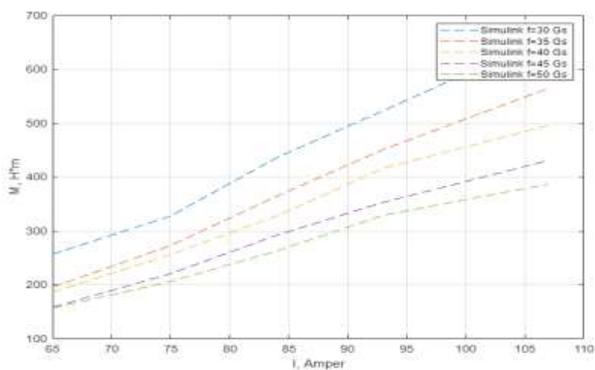
Paxta pnevмотransporti asinxron elektr dvigatelinii chastota o‘zgartirgich bilan boshqarish modeli 4-rasmda keltirilgan.

Barcha parametrlarni o‘rnatilgandan so‘ng, paxta pnevмотransporti asinxron dvigateli valini kuch momenti M_c natijalari olinadi. Simulyatsiya tahlili va eksperimental tadqiqotlar natijalariga ko‘ra (ma’lumotlarni grafik ko‘rinishini 5 va 6 - rasmlarda ko‘rish mumkin) model va eksperimental ma’lumotlar o‘zaro yaqin (5 va 6 rasmlarga qarang), Simulink muhitida qurilgan chastota o‘zgartirgich–asinxron dvigatel tizimining matematik modeli, statik rejimlarni yetarlicha aniqlik bilan tavsiflaydi. Nominal darajaga yaqin rejimlarda matematik modellashtirish yordamida olingan dvigatelning mexanik xususiyatlarining xatosi 5% dan oshmaydi.

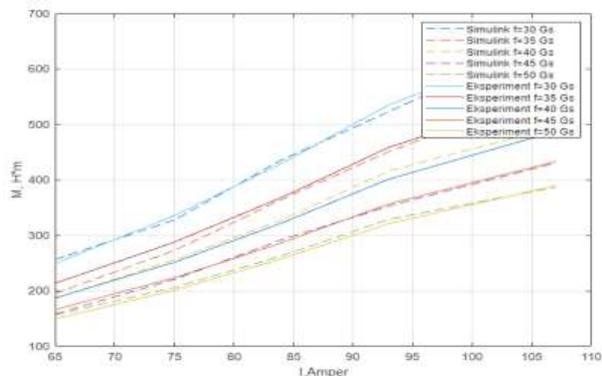


4- rasm. Paxta pnevmotransporti asinxron elektr dvigatelini chastota o'zgartirgich bilan boshqarishni Simulink modeli

Shunday qilib, chastota o'zgartirgich elektr dvigatelining laboratoriya stendida o'tkazilgan tadqiqotlarda olingan ma'lumotlarga ko'ra tok kuchining ortishi bilan ventilyator validagi burovchi moment ortib boradi va tok chastotasining katta qiymatlarida past, kichik qiymatlarida yuqori burovchi moment yuzaga keladi. Bunda, Simulyatsiya tahlili va eksperimental tadqiqotlar natijalarining farqi 3-5% dan oshmaydi.



5- rasm. Simulink muhitida paxta pnevmotransporti dvigatel vali kuch momentining tok kuchi, va chastotaga bog'liqlik grafigi

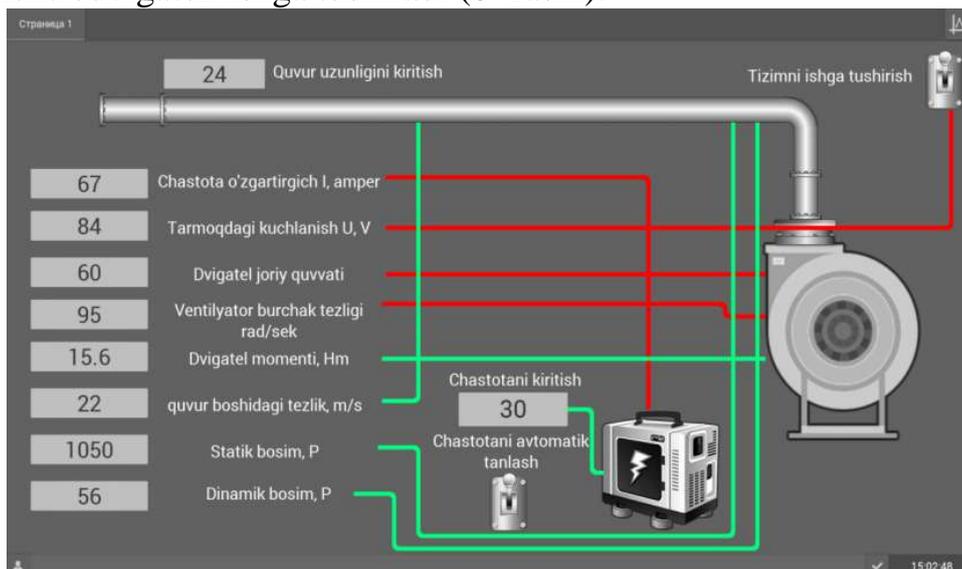


6- rasm. Model va eksperimental ma'lumotlarni taqqoslash grafigi ko'rinishi

Simulink muhitida asosiy boshqaruv oynasining "Zapustit" menyusidan "Redaktor mnemosxem" bo'limi ishga tushirilishi natijasida vizual ko'rinishdagi grafik ob'ektlardan foydalanish mumkin. Ushbu grafik ob'ektlar tarmoq o'zgaruvchilarining holati orqali grafik rejimda ko'rsatish imkoniyatiga ega bo'ladi. Foydalanuvchi uchun kerakli grafik rejim chizib loyihalanadi. Ilmiy tadqiqot ishida yaratilishi ko'zda tutilgan SCADA tizimi umumiy ko'rinishi 7-rasmda keltirilgan.

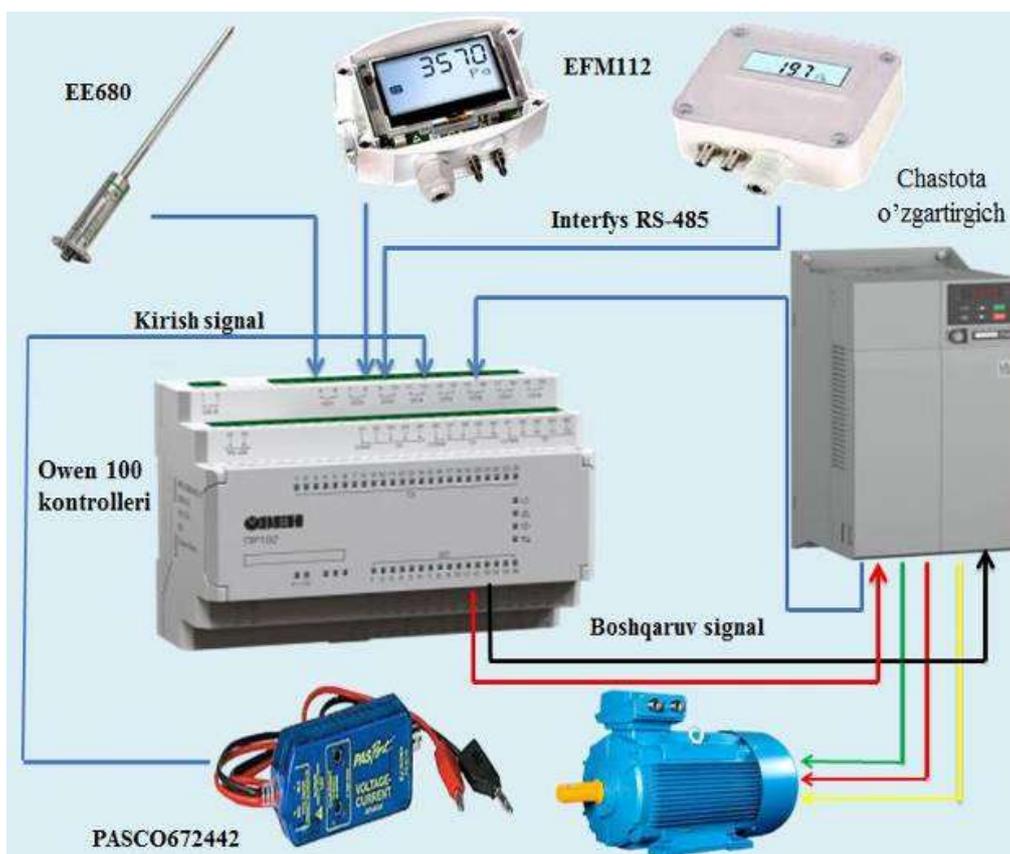
Simple Skada tizimi foydalanuvchi uchun masofadan o'lchov va ijrochi qurilmalarni ishini masofadan boshqarish va onlayn kuzatuv imkoniyatlarini oshiradi. Tadqiqot mavzusi ishlab chiqilgan SCADA tizimi "Tizimni ishga tushirish" yorlig'ini aktivlashtirish bilan boshlanadi. Ushbu yorliq aktivlashganda chastota o'zgartirgich

kuchlanish tarmog'iga ulanadi va tegishli algoritmlar asosida paxta pnevmotransporti asinxron elektrodvigateli ishga tushiradi (8- rasm).



7- rasm. Paxta pnevmotransporti mexatronik boshqaruv tizimi uchun SCADA platformasi

Paxtani pnevmotransport yordamida tashishda quvur uzunligi turlicha bo'lishi yuqorida ta'kidlangan edi. Elektr energiyasi sarfini maqbullashtirish maqsadida taklif etilayotgan invertorli dvigatel SCADA tizimi orqali boshqarilib, tashish masofasiga (quvur uzunligiga) mos ravishda tok chastotasini sozlaydi (8-rasm).



8-rasmda. Paxta pnevmotransportini mexatronik boshqaruv tizimi orqali SCADA platformasi yordamida masofadan boshqarish

Quvur ichiga EE-680 seryadagi sensorlik havo tezligini o'lvovchi datchik, EFM112 seryalik statik va dinamik bosimni o'lvovchi mikromanometir va anonometrlardan olingan ma'lumotlarni OWEN-100 kontrolleriga uzatadi. Uzatilgan ma'lumotlar kontroller qurilmasi orqali qayta ishlanadi hamda inverter Delta 750AB-A chastota o'zgartirishga buyruq beradi. Inverter qurilmasi 75 kVt li dvigatelni olingan ma'lumotlarga asosan energetik parametrlarini sozlaydi. PASCO672442 datchigi yordamida elektr dvigatel sarf quvvati o'lvovchi OWEN-100 kontrolleriga ma'lumotlar uzatiladi. Texnologik va energetik parametrlarning kiritik qiymatlarida dvigatel avtomatik tarzda elektr manbayidan uziladi.

Paxtani pnevмотransport yordamida tashishda quvur uzunligi turlicha bo'lishi mumkin, bu paxta xomashyosini separatoridan turli masofada bo'lishi bilan izohlanadi. Energiyadan samarali foydalanish maqsadida SCADA tizimi quvur uzunligiga mos ravishda chastota o'zgartirgichni sozlaydi. "Chastotani avtomatik tanlash" yorlig'i ishga tushishi bilan chastota o'zgartirgich qurilmasi asinxron dvigatelni kerakli miqdordagi tok kuchi va uning o'zgartirilgan chastotasi bilan ta'minlashni boshlaydi. Ta'minlash va to'xtatish vaqti chastota o'zgartirgich qurilmasi parametrlarini sozlash orqali amalga oshiriladi. "Chastotani kiritish" yorlig'i foydalanuvchi tomonidan chastota o'zgartirgichni chiqish signalidagi tok kuchi chastotasi qiymatini belgilash vazifasini bajaradi. "Quvur uzunligini kiritish" yorlig'i chastota o'zgartirgichni chastotasini maxsus hisoblash jarayolari bilan kerakli qiymatni aniqlash va ijrochi qurilmani ta'minlashga xizmat qiladi. Boshqa yorliqlar chastota o'zgartirgich va asinxron dvigatelni bir necha mexanik va elektrotexnik parametrlarini aniqlashga xizmat qiladi. Chastota o'zgartirgich yuritgichni ishga tushirish uchun avvaldan sozlangan bo'lishi zarurdir. Tadqiqotda foydalanilgan paxta pnevмотransporti asinxron elektr yuritgichini parametrlari quyidagi jadvalda keltirilgan (1-jadval).

1-jadval

Uch fazali elektrodvigatelning texnik parametrlari

Elektroyuritgich 75kVt, 1500 ayl/min		Qiymati
Texnik parametrlar guruhi	Texnik parametrlar nomi	
Chiqish parametrlari	Quvvat P , kVt	75
	Shartli stator aylanish tezligi, ayl/min	1500
	Valning nominal aylanish tezligi, ayl/min	1460
Quvvat parametrlari	Tok chastotasi, Hz	Uch fazali, 50
	Nominal tok kuchi, A	139/81
	Yuritgichni ishga tushirish tok kuchi, A	6,8
	Nominal kuchlanish, V	380
Yuritgich passport ma'lumotlari	Harakat prinsipi	Asinxron
	Quvvat koeffisienti, $\cos\varphi$	0,87
	Samaradorlik ko'rsatkichi, %	93,6
	Qutblar soni	4
	O'ramdagi mis massasi, kg	40-45
	Inersiya momenti, $kg \cdot m^2$	0.35
	Og'irligi	450-490

Paxta pnevmotransporti asinxron elektr yuritgichini matematik modellashtirish uchun Matlab dasturiy muhitiga kiritilgan Simulink paketida amalga oshirildi. Simulink-bu grafik simulyasiya muhiti bo‘lib, u yo‘naltirilgan grafikalar ko‘rinishidagi blok-diagrammalardan foydalanib, diskret, uzluksiz va gibridd, chiziqli bo‘lmagan va uzlikli tizimlarini o‘z ichiga olgan dinamik modellarni yaratishga imkon beradi. Simulink interaktiv muhiti elektrodinamika, mexanik va gidravlik tizimlarni modellashtirish uchun tayyor blok kutubxonalaridan foydalanishga imkon beradi, shuningdek boshqaruv tizimlari, raqamli aloqa vositalari va real vaqtda qurilmalarni ishlab chiqishda rivojlangan modelga yo‘naltirilgan yondashuvni qo‘llaydi. Ushbu grafik muhit yetarli aniqlik bilan, bizning holatimizda, chastota o‘zgartirgich bilan boshqariladigan asinxron elektr yuritgichni modelini yaratishga imkon beradi.

Ta‘minlash va to‘xtatish vaqti chastota o‘zgartirgich qurilmasi parametrlarini sozlash orqali amalga oshiriladi. “Chastotani kiritish” yorlig‘i foydalanuvchi tomonidan chastota o‘zgartirgichni chiqish signalidagi tok kuchi chastotasi qiymatini belgilash vazifasini bajaradi. “Quvur uzunligini kiritish” yorlig‘i chastota o‘zgartirgichni chastotasini maxsus hisoblash jarayolari bilan kerakli qiymatni aniqlash va ijrochi qurilmani ta‘minlashga xizmat qiladi. Boshqa yorliqlar chastota o‘zgartirgich va asinxron yuritgichni bir necha mexanik va elektrotexnik parametrlarini aniqlashga xizmat qiladi.

Paxta pnevmotransporti ventilyatorlarini chastota o‘zgartirgich bilan boshqarish SCADA mexatronik tizimini Simulink muhitida paxta pnevmotransporti asinxron yuritgichini chastota o‘zgaruvchi bilan tezlikni boshqarish, boshqarishni skalyar va vektorli boshqaruvi simulyasiya modeli ishlab chiqilib, NamMTI TTDIT kafedrasida ilmiy laboratoriyasiga o‘rnatildi. Eksperimental uskunasini 9-rasmda keltirilgan.



9-rasm. Eksperimental uskuna umumiy ko‘rinishi

Eksperimental qurilma ishga tushirildi, ekspluatatsiyadagi kamchiliklari aniqlandi, bartaraf qilindi. Mexatronik tizim to‘liq ishga tushishi uchun chastota o‘zgartirgich pnevmotransport uskunasini ventilyatori energiya manbaiga SCADA platformasi asosida ishlab chiqilgan dasturiy ta‘minotga ega bo‘lgan invertor qurilmasi orqali ulandi.

Eksperiment natijalari 2- va 3- jadvallarda keltirilgan bo‘lib, ularga ko‘ra, tizimda tok kuchi, kuchlanishi va sarflanayotgan quvvat kattaliklari sezilarli darajada o‘zgarmayotganini ko‘rishimiz mumkin. Faqat, ventilyator bo‘g‘zi ochilmagan holatda nisbatan, tok kuchi va quvvat sarfi kam, boshqa barcha holatlarda ular deyarli o‘zgarmaydi. Natijalarda ba‘zi paradoksal holatlar ko‘zga tashlanadi. Jumladan, ventilyator bo‘g‘zi yopiq holatda erishilgan havo bosimi, bu ventilyatorning pasport bosimi, ya‘ni u hosil qilib bera oladigan nominal bosimni bildiradi. Ammo, bu ventilyator bera oladigan maksimal bosim emas.

Ekperimentlarda olingan natijalar (25 Hz)
(Perexodnik 1,25 sm. Quvur ko'ndalang kesimi 200mm)

Ventilyator holati		Tok kuchi (A)	Kuchlanish (V)	Quvvat kVt	Chastota Hz	Statik bosim (P)	Dinamik bosim (P)	Tezlik m/s
						Invertor		
Ventilyator patrubkasi yopiq		1,16	198	0,230	25	180	-	-
Ventilyator patrubkasi ochiq		1,3	198	0,260	25	115	65	-
Quvur uzunl. metr.	Quvur o'lchash joyi metr	1.34	197	0,264	25	100	20/25	7/8.5
1.25	0.60							
2.50	0.60	1.29	197	0,254	25	100	30/35	7/8.5
3.75	0.60	1.30	197	0,256	25	110	30/35	8/8.5
5.00	0.60	1.29	197	0,254	25	120	35/40	8/9
6.25	0.60	1.29	197	0,254	25	120	35/40	8/9
7.50	0.60	1.28	198	0,253	25	130	40/43	8/9
8.75	0.60	1.30	198	0,257	25	130	45/50	8/9
10.00	0.60	1.27	197	0,250	25	130	45/50	8.5/9.5
11.25	0.60	1.27	197	0,250	25	135	50/55	8.5/9.5
12.50	0.60	1.26	197	0,248	25	140	60/65	9/9.5
13.75	0.60	1.28	198	0,253	25	140	60/65	9/10
15.00	0.60	1.26	197	0,248	25	150	75/80	9/10

U maksimal bosimga uning bo'g'zi ochilgach, ya'ni havo tortishni boshlagandan so'ng erishadi. Natijalarga ko'ra, havo yo'li ochilgach, motor quvvati sarfi **0,230 kVt** dan 0,260 va 1,25 m li quvur ulangach, **0,264 kVt** ga ko'tarildi.

Navbatdagi quvurlarning ulanishi quvvat sarfining pasayishiga olib kelmoqda. Quvur uzunligi 15 m ga yetganda quvvat sarfi 0,248 kVt ga tushdi. Bunda, quvurda hosil bo'layotgan havo bosimi 1,25 m dagi bosim statik 100 Pa, dinamik 25 Pa dan 15 m ga kelib, mos ravishda 150 va 80 Pa ga oshmoqda. Mantiqan esa, ya'ni, aerodinamika qonunlariga ko'ra, quvur uzunligi ortib borgan sayin tizimning quvvat sarfi oshib, quvurda hosil bo'ladigan bosim kamayib borishi kerak edi. Ammo, o'lchovlar buning aksini ko'rsatmoqda.

Bizning nazarimizda, qisqa masofalarda va kichik diametrli quvurlarda havoning o'zi harakatlenganda quvur uzunligi ortgani bilan ventilyatorga yuklama ortmaydi. Qisqa masofalarda havo oqimining turbulenti kuchi bo'lgani uchun, uni harakatlantirishga katta energiya sarf bo'ladi, ammo, bunda yuqori havo bosimi tashkil etib bo'lmaydi. Quvur uzunligi ortib borishi bilan havo oqimining turbulenti pasayadi va uni harakatlantirish uchun sarf bo'ladigan energiya kamayadi, shuningdek, bunda, nisbatan kam energiya sarfi bilan yuqori havo bosimi hosil qilish mumkin.

Dissertatsiyaning "**Paxta pnevmotransporti ventilyator parametrlarini boshqarish mexanizmining ishlab chiqarish sinovlari**" deb nomlangan to'rtinchi bobida taklif etilayotgan pnevmotransport uskunasi parametrlarini boshqarish

qurilmasini ishlab chiqarishda sinovdan o'tkazish natijalari keltirilgan. Bunda ko'zda tutilgan maqsad innovatsion texnikaviy yechimlarning real ishlab chiqarish sharoitlariga mos kelishi, ularning amaldagi texnologik jarayonlar bilan uyg'unlikda ishlay olishi va ko'zda tutilgan samaradorlikni naqadar ta'minlay olishini aniqlash bo'lib, buning uchun amaldagi va taklif etilayotgan pnevmotransport uskunalarda havo parametrlarining havo quvuri bo'ylab o'zgarishi, so'ngra har ikkala uskunaning paxta va uning mahsulotlari sifat ko'rsatkichlariga ta'siri o'rganildi.

O'tkazilgan amaliy tadqiqotlar tavsiya etilayotgan texnikaviy yechimlarning to'g'riligi, amaliyotga mosligi va ishonchligini ko'rsatdi. Shuningdek, tadqiqotlar davomida tavsiya etilayotgan elementlarning ayrim konstruktiv va texnologik kamchiliklari ham aniqlandi va bartaraf qilindi.

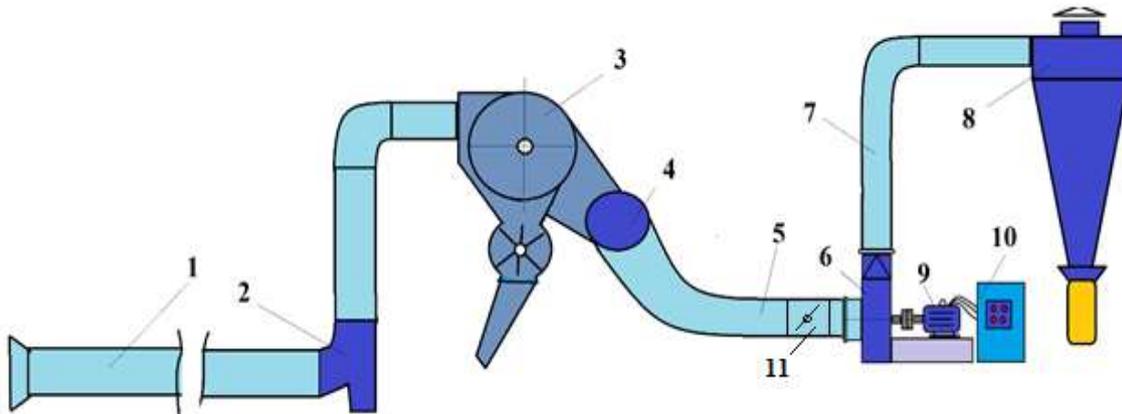
3- jadval

Ekperimentlarda olingan natijalar(50Hz)
(Perexodnik 1,25 sm.Quvur ko'ndalang kesimi 200 mm)

Ventilyator holati		Tok kuchi (A)	Kuchlanish (V)	Quvvat, kVt	Chastota Hz	Statik bosim (Pa)	Dinamik bosim (Pa)	Tezlik m/s
		Invertor						
Ventilyator patrubkasi yopiq		1,14	370	0,421	50	700	-	-
Ventilyator patrubkasi ochiq		2,9	364	1,100	50	530	430	-
Quvur uzunligi, metr	Quvur o'lchash joyi metr	3.17	380	1204	50	390	90/100	15/16.5
1.25	0.60							
2.50	0.60	3.04	380	1155	50	430	160/170	16/17
3.75	0.60	3.02	380	1147	50	450	140/150	16/17
5.00	0.60	2.97	380	1128	50	450	130/140	15.5/17
6.25	0.60	2.97	380	1128	50	470	150/155	16/17
7.50	0.60	2.93	380	1113	50	490	160/175	17/18
8.75	0.60	2.90	380	1100	50	490	170/180	16.5/18
10.00	0.60	2.85	380	1083	50	500	195/200	17/18
11.25	0.60	2.82	380	1071	50	520	200/210	16/18
12.50	0.60	2.79	380	1060	50	525	230/240	16/18
13.75	0.60	2.75	380	1045	50	555	260/270	17/18.5
15.00	0.60	2,74	380	1048	50	570	270/280	21/23

Qurilmaning ishlash prinsipi quyidagicha: pnevmotransport uskunasi ventilyatori invertor orqali tok manbaiga ulanadi. 15-20 sekund orasida ventilyator parraklari to'la quvvatda aylana boshlaydi. Shundan so'ng drossel ochilib, quvurdan havo tortish boshlanadi. So'ng, separator tokka ulanadi. Quvur boshida havo oqimi yuzaga kelgach, quvur boshi yaqinida o'rnatilgan mikromanometrda statik bosim

ko'rsatkichi 400 – 450 Pa (havo tezligi 20-22 m/s) bo'lganda pnevmoquvurga paxta uzatish mumkin bo'ladi. Shu vaqtda g'aram buzgich mashina ishga tushiriladi va paxta uzatila boshlaydi. Ishlab chiqarish sinovlari Namangan viloyatining "Pop paxta tozalash" korxonasida amalga oshirildi. tavsiya etilgan pnevmotransport uskunasi ishlab chiqarish na'munasining sxemasi 10-rasmda, umumiy ko'rinishi tasvirlangan.



10 – rasm. Taklif etilayotgan pnevmouskuna ishlab chiqarish namunasining sxemasi

1 –magistral quvur, 2 – toshtutkich; 3 – separator; 4-kollektor; 5 va 7- havo o'tkzich; 6 –ventilyator; 8 – siklon; 9- elektromotor; 10 – inverter; 11- drossel.

Qurilmaning ishlash prinsipi quyidagicha: pnevmotransport uskunasi ventilyatori inverter orqali tok manbaiga ulanadi. 15-20 sekund orasida ventilyator parraklari to'la quvvatda aylana boshlaydi. Shundan so'ng drossel ochilib, quvurdan



11-rasm. Inverterli boshqaruv mexatronik tizimga ega bo'lgan pnevmotransport uskunasi ishlab chiqarish nuxsasi umumiy ko'rinishi

G'aram buzgich paxtani g'aramdan olib, pnevмомеханик ta'minlagich yoki yordamchi lentali transportyorga tashlab beradi. Uning lentasi ustida harakatlanuvchi paxta qatlami yuzaga keladi. Lenta etaklovchi barabanga o'ralganda paxta undan otiladi va gorizontall havo quvuri bo'g'ziga tushadi.

Bu erda paxta bo'lakchalari havo quvuri ichidagi vakuum ta'siriga duch keladi, havo oqimiga qo'shiladi va aeroaralashma sifatida harakatlana boshlaydi. Havo quvurida muayyan masofani o'tgach, diffuzor orqali aeroaralashma toshtutgich kamerasiga kirib keladi va og'ir aralashmalardan tozalanadi. Paxta va havo aralashmasi harakatda davom etib, konfuzor orqali toshtutgichdan chiqadi, havo

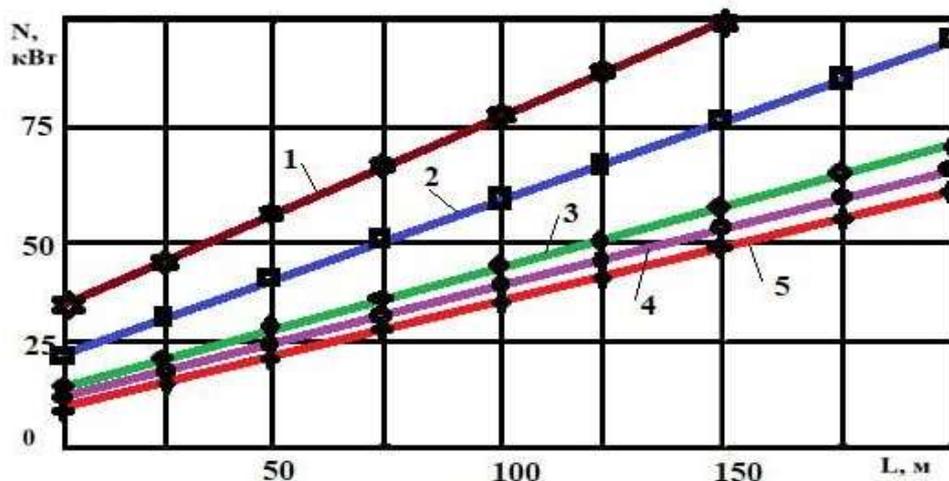
quvuri bo‘ylab separator kamerasiga kiradi. Undan, paxta vakuum-klapan orqali tashqariga, havo esa chansizlantirish tizimi orqali atmosferaga chiqadi.

Paxta pnevmotransportida oqim parametrlarini boshqaruvchi mexatronik tizimning joriy qilinish va ishlab chiqilgan yangi qurilmasi elektr energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha olib borgan ilmiy tadqiqot ishining natijalari asosida yangi, paxtani dastlabki qayta ishlash korxonalaridagi ventilyator elektr yuritgichlariga inverterli mexatronik tizim va dasturiy ta‘minot o‘rnatish orqali yangi, paxta pnevmotransporti quvuridagi havo oqimining statik bosimi va tezligini ratsional boshqaruvchi tizim yaratildi.

Ishlab chiqarishga “ART SOFT TEX CLUSTER” MCHJ ga qarashli “Pop paxta tozalash” korxonasida g‘aramlardagi paxtani ishlab chiqarish sexlariga tashib beruvchi statsionar pnevmotransport uskunasiga quvurdagi oqim parametrlarini ratsional boshqaruvchi inverterli mexatronik tizim o‘rnatildi.

Paxta pnevmotransporti uskunasiga yangi qurilmani o‘rnatish yaqin masofalardan paxtani tashish tezligini kamaytirish hisobiga toladagi ifloslik va nuqsonli aralashmalarning massaviy ulushini amaldagi texnologiyadagi 2.92 % dan yangi elementlar o‘rnatilgan uskunada 2.31 % ga tushirish imkonini bermoqda. Bu holat, paxta tolasi sifat ko‘rsatkichini bir sinfga oshirish, ya‘ni birinchi nav yaxshi sinfdan birinchi nav oliy sinfga o‘tkazish imkonini beradi. Qolaversa, pnevmotransport uskunasiga inverterli mexatronik tizim o‘rnatilsa, paxtani yaqin masofalardan tashishda VS-12M ventilyatori soatiga 35 - 40 kVt energiya sarflaydi, ya‘ni 18% elektr energiyasini iqtisod qilish imkoniyati yuzaga keladi.

Ishlab chiqarish sinovi natijalarini qayta ishlash yo‘li bilan korxonada quvur diametri, tashish masofasiga bog‘liq ravishda ventilyator uchun zarur bo‘lgan quvvatni tanlash grafigi ishlab chiqildi (12-rasm).



1 – $d = 450\text{mm}$, 2 – $d = 400\text{mm}$, 3 – $d = 350\text{mm}$, 4 – $d = 315\text{mm}$, 5 – $d = 280\text{mm}$

12-rasm. Quvur diametri, tashish masofasiga bog‘liq ravishda ventilyator uchun zarur bo‘lgan quvvatni tanlash

Grafikka ko‘ra, korxonada foydalanilayotgan quvur diametri, paxta olinadigan g‘aramning joylashish masofasidan kelib chiqib, uskuna uchun zarur bo‘lgan quvvat qiymatini tanlash va inverter yordamida tizimni shu quvvatga moslash imkoniyati mavjud. Bu esa, minimal energiya xarajatlari bilan paxtani g‘aramlardan ishlab chiqarishga uzatib berish imkonini beradi.

“ART SOFT TEX CLUSTER” MCHJ, “Pop paxta tozalash” korxonasida o‘tkazilgan tajriba sinov natijalari 4-jadvalda keltirilgan.

4-jadval

Ishlab-chiqarish sinovi natijalari

№	Ko‘rsatkichlar nomi	O‘lchov birligi	Variantlar	
			Bazaviy	Yangi
1	Zavoddagi pnevmotransport uskunalari soni	dona	3	3
2	Pnevmetransport uskunalari ish unumi (o‘rtacha)	t/soat	15	15
3	Paxta zavodning ishlab chiqarish ish vaqti (3 smena, xaftasiga 148 soat, $\Phi BK = 0,85$)	soat	2208	2208
4	Talab koeffitsienti	-	0,7	0,7
5	Yillik tola chiqishi	tonna	9300	9300
6	1 kVt elektroenergiyaning narxi	so‘m	450	450
7	Pnevmetransport uskunalari iste‘mol qilayotgan energiya:	kVt soat	82.5	67,5
8	Tayyorlash va o‘rnatish xarajatlari	ming so‘m		39
9	Ishlab chiqarilgan toladagi nuqson va iflos aralashmalar yig‘indisi	%	2.92	2.31

Yangi, ventilyator elektr yuritgichlariga maxsus dasturiy ta‘minotga ega bo‘lgan inverterli mexatronik tizimni joriy qilish hajmi 1 komplekt mexatronik tizim bo‘lib, uni joriy qilishdan olinadigan kafolatlangan iqtisodiy samaradorlik umumiy joriy qilish hajmining 25 foizini tashkil qiladi.

Mavjud pnevmotransport uskunasi ventilyatori elektr yuritgichlariga maxsus dasturiy ta‘minotga ega bo‘lgan inverterli mexatronik tizimni o‘rnatish orqali bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishi najalarini paxtani qayta ishlash texnologik jarayonida qo‘llash tavsiya qilinadi.

Paxta pnevmotransporti quvuridagi havo oqimi parametrlarini ratsional boshqaruvchi mexatronik tizimni joriy qilishdan olinadigan sof iqtisodiy samara 355 634 500 so‘mni, ishlab chiqarilayotgan 1 tonna paxta tolasiga to‘g‘ri keladigan iqtisodiy samara 38 240 so‘m ni tashkil etadi.

Xulosa

1. Hozirgacha amalga oshirilgan ilmiy-tadqiqot ishlarida aniqlangan qonuniyatlar, amaliy natijalar paxtani qayta ishlash, shuningdek uni pnevmotransportda tashish ilmi va amaliyotini muayyan darajada rivojlantirishga xizmat qilgan bo‘lsada, hali paxtaga ishlov berish va uni tashishda yuz beradigan ayrim hodisalarning mohiyati to‘liq ochib berilmagan, ayrim texnologik mashina va uskunalar, shu jumladan pnevmotransport uskunasi hali to‘liq takomilga erishgan emas.

2. Ventilyator ishlash vaqtida sarf qiladigan quvvatning unga ta‘sir qiluvchi ventilyator va havo oqimi parametrlariga bog‘liqlik tenglamalari keltirib chiqarilgan bo‘lib, ularning tahliliga ko‘ra mahsulotni tashish masofasining o‘zgarishi ventilyator sarf qiladigan quvvatning o‘zgarishiga olib kelishini nazariy jihatdan asoslab beradi.

3. Ventilyatorlar ishchi parametrlarini boshqarish tizimlari tahlili asosida paxta pnevmotransporti ventilyatorlarini chastota o‘zgartirgich bilan boshqarish SCADA

mexatronik tizimi va Simulink muhitida paxta pnevmotransporti asinxron yuritgichini chastota o'zgaruvchi bilan tezlikni boshqarish, boshqarishni skalyar va vektorli boshqaruvi simulyasiya modeli ishlab chiqildi.

4. O'tkazilgan eksperimentlar natijalariga ko'ra, qisqa masofa va kichik diametrli quvurlarda havoning o'zi harakatlantirishda havoning oqimining turbulentsligi kuchli bo'lgani uchun, uni harakatlantirishga katta energiya sarf bo'ladi, ammo, yuqori havo bosimi tashkil etib bo'lmaydi. Quvur uzunligi ortib borishi bilan havo oqimi turbulentsligi pasayadi va uni harakatlantirish uchun sarf bo'ladigan energiya kamayadi va havo bosimi ortadi.

5. Olib borilgan tadqiqot natijasida “ART SOFT TEX CLUSTER” MCHJ ga qarashli “Pop paxta tozalash” korxonasi g'aramlardagi paxtani ishlab chiqarish sexlariga tashib beruvchi statsionar pnevmotransport uskunasiga quvurdagi oqim parametrlarini ratsional boshqaruvchi, maxsus dasturiy ta'minotga ega bo'lgan invertorli mexatronik tizim o'rnatildi.

6. Pnevmetransport ventilyatoriga invertor qurilmasining o'rnatilishi paxtani pnevmotransportda tashishda yuritgichni ishga tushish payti (puskovoy moment)dagi aktiv va reaktiv quvvat energiyasini kamaytirish, avariya holatlarida motorni saqlash va kuyishining oldini olish imkonini beradi.

7. Paxta pnevmotransporti quvuridagi havo oqimi parametrlarini ratsional boshqaruvchi mexatronik tizimni joriy qilishdan olinadigan sof iqtisodiy samara 355 634 500 so'mni, ishlab chiqarilayotgan 1 tonna paxta tolasiga to'g'ri keladigan iqtisodiy samara esa 38 240 so'm ni tashkil etadi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
PhD.03/30.12.2019.Т.66.01 ПРИ НАМАНГАНСКОМ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ХОЛБАЕВ ДАНИЁР ЖУРАБОВЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МЕХАТРОНИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРАМИ ВЕНТИЛЯТОРА ПНЕВМОТРАНСПОРТА ХЛОПКА**

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

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

Наманган – 2023

Тема диссертации доктора философии (Doctor of Philosophy) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2022.1.PhD/T2292

Диссертация выполнена в Наманганском инженерно-технологическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.nammti.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Мамаханов Аъзам Абдужаитович
техника фанлари доктори, доцент

Официальные оппоненты:

Джураев Анвар Джураевич
доктор технических наук, профессор

Махкамов Анвар Мухаматхонович
доктор технических наук, доцент

Ведущая организация:

Андижанский машиностроительный институт

Защита диссертации состоится «24» июнь 2023 года в 11⁰⁰ часов на заседании Научного совета PhD 03/30.12.2019.T.66.01 при Наманганском инженерно-технологическом институте (Адрес: 160115., г. Наманган, ул. Касансайская-7, Административное здание Наманганского инженерно-технологического института, 3-корпус, 2-этаж, 313-аудитория, тел: (69)228-76-68, факс: (69) 228- 76-75.e-mail: niei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно-технологического института (зарегистрирована за № 528). Адрес: 160115., г. Наманган, ул. Касансайская-7, тел. (69) 228-76-68.

Автореферат диссертации разослан «24» июня 2023 года (протокол реестра № 115 от «24» июнь 2023 года).



Р.М. Мурадов

Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор.

Х.Т. Бобожанов

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, доцент.

К.М. Холиков

Председатель Научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, доктор технических наук, профессор.

ВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. На мировом рынке высок спрос на одежду и швейно-трикотажные изделия из хлопчатобумажных волокон, что придает особую актуальность ситуации, сохраняя свои позиции на протяжении долгих лет. Одной из основных причин этого является, с одной стороны, непрерывный рост населения земли, а также, с другой стороны, то, что хлопковое волокно является самым полезным для человеческого организма текстильным сырьем. Крупнейшими в мире производителями хлопка являются, такие страны, как Китай, США, Индия, Пакистан и Бразилия, производя 70% всего хлопкового волокна¹. Однако хлопководство является наиболее дорогостоящей, долгосрочной и трудоемкой, низкорентабельной отраслью. Соответственно, вопросы улучшения потребительских характеристик готовой продукции и снижения ее себестоимости являются актуальными для стран-производителей хлопкового волокна.

В республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по снижению затрат труда и энергии на очистку хлопкового сырья и повышению эффективности производства, созданию и внедрению новых ресурсосберегающих технологий. В результате исходные количественные и качественные показатели хлопка снизятся, а себестоимость продукции возрастает. Соответственно, в странах-производителях хлопкового волокна особое внимание уделяется использованию возможностей оборудования для улучшения качественных показателей готовой продукции и снижения производственных затрат.

В нашей республике производство широкого ассортимента высококачественной продукции текстильной и легкой промышленности с низкой себестоимостью осуществляется на основе выращивания, сбора, заготовки хлопка и его глубокой переработки, в частности, путем централизации производства хлопкового волокна и продукции текстильной и легкой промышленности на основе организации хлопково-текстильных кластеров. В Указе Президента Республики Узбекистан «О новой стратегии развития Республики Узбекистан на 2022 – 2026 годы» № ПФ-60, в частности отмечено «...удвоение объемов производства продукции текстильной промышленности, ...широкое внедрение программы повышения производительности труда в отраслях промышленности, снижения потерь и повышения эффективности использования ресурсов на всех этапах производства и в отраслях промышленности². При реализации этих задач, в частности при транспортировке хлопка пневмотранспортом, важной задачей является разработка способов и устройств регулирования параметров потока, не оказывающих отрицательного влияния на качественные показатели хлопковой продукции и обеспечивающие низкое энергопотребление.

¹Хлопок: Мировая статистика. <https://www.statista.com>; <http://www.ICAC.org>.

²Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы». УП № 60 от 28.01.2022.

Данное диссертационное исследование служит в определенной мере реализации задач, определенных в Указе Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года «О новой стратегии развития Республики Узбекистан на 2022-2026 годы», Постановление № PQ-3408 от 28 ноября 2017 года «О мерах – мерах по коренным образом усовершенствовать систему управления хлопковым производством», Министров. постановлении от 31 марта 2018 г. № 253 «О дополнительных мерах по организации деятельности хлопково-текстильных производства и кластеры» и в других нормативно-правовых документах, относящиеся к данной деятельности.

Соответствие исследований приоритетам развития науки и технологий республики. Данная научно-исследовательская работа является частью II программы развития науки и техники республики. «Энергетика, энергоресурсоэффективность, транспорт, автомобили и Она проводилась в рамках приоритетного направления «инжиниринг».

Степень изученности проблемы. Теоретические и практические основы пневмотранспортного процесса и вопросы их разработки получили развитие у современных зарубежных ученых таких как Г.Черный, Г.Абрамович, А.Альтшул, Л.Лойсянский, Д.Чисхольм, Х.Рахматуллин, Ю.Шмуглевский, Т.Карманс и другие ученые. По разработке фундаментальных, теоретических и практических вопросов и методологических основ транспортировки хлопкового сырья и продукции пневмотранспортом в нашей стране провели исследования Б.А.Левкович, Р.Г.Махкамов, Х.А.Зияев, Р.Амиров, С.Болтабоев, П.Байдюк, Б.М.Мардонов, С.Саидахмедов, С.Кадыр Ходжаев, Х.Ахмедходжаев, Р.Мурадов, М.Хажиев, О.Ш.Саримсаков, У.Х.Азизходжаев, Р.Файзиев, А.Давидов, Н.А.Ортиков, С.А.Самандаров, А.Бурханов, А.А.Исмаилов, З.О.Шодиев, Т.О.Шамсутдинов и другие ученые, в результате которых, на определенном уровне развиты теория и техника-технология процессов транспортировки хлопка пневмотранспортом.

Тем не менее, причины таких проблем, как снижение исходных качественных показателей волокна и семян при транспортировке хлопка пневмотранспортом, утечка и гибель его в составе воздуха-носителя, а также завышенные затраты энергии из-за отсутствия возможности нормального управления режимами работы, подробно не раскрыты, и не разработаны технические решения, устраняющие эти недостатки.

Поэтому вопросы сохранения исходных качественных показателей хлопка и снижения энергозатрат процесса за счет более глубокого изучения процессов изменения параметров потока в пневмотранспорте хлопка и рационального управления режимами его работы в настоящее время являются актуальными.

Связь диссертационного исследования с исследовательскими планами вуза, в котором выполняется диссертационное исследование.

Диссертационное исследование тесно связано с планом научно-исследовательских работ, проводимых в Наманганском инженерно-технологическом институте, и выполнено в рамках государственных научно-

технических программ прикладных исследований Министерства инновационного развития Республики Узбекистан.

Цель исследований - сохранение исходных показателей качества хлопковой продукции и снижение энергоемкости процесса за счет разработки системы мехатроники, управляющей режимом работы пневмотранспорта.

Задачи исследования включает:

анализ научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по повышению эффективности пневмотранспорта;

разработка новой конструкции устройства, обеспечивающего равномерное регулирование параметров потока в пневмотранспорте хлопка;

разработка теоретических основ управления параметрами потока в пневмотранспорте хлопка;

определение его рациональных параметров путем проведения практических исследований устройства, обеспечивающего управление параметрами потока в пневмотранспорте хлопка;

подготовка и исследование серийного образца усовершенствованного пневмотранспортного оборудования;

обоснование экономической эффективности результатов исследований и внедрение результатов научных работ в производство.

Объектом исследования были взяты процесс транспортирования хлопка пневмотранспортом и устройства контроля режима работы пневмотранспорта хлопка на хлопкоочистительных предприятиях.

Предметом исследования является режим работы пневмотранспорта хлопка и конструктивно-технологические параметры его органов управления.

Методы исследования. Работа состоит из теоретических и практических занятий. В теоретических исследованиях использовались высшая математика, теоретические и прикладные механические методы и средства, в экспериментальных исследованиях применялись современные измерительные приборы, математическая статистика, методы планирования и оптимизации эксперимента.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлено, что параметры потока при пневмотранспорте хлопка изменяются по линейной зависимости от статического и динамического давления воздушного потока в системе пневмотранспорта, номинального давления вентилятора, расхода воздуха и длины трубопровода;

определено изменение статического давления и скорости воздушного потока, создаваемого в начале трубы, в зависимости от частоты тока в электропроводе вентилятора и значений частоты тока, необходимых для создания требуемых давления и скорости воздуха ;

определены рациональные режимы работы пневмотранспортного оборудования с учетом изменения параметров воздушного потока, формируемого в начале трубы, в зависимости от дальности транспортировки хлопка, в зависимости от положения дроссельной заслонки и частоты тока, обеспечиваемого инверторным устройством ;

разработаны мехатронная система Scada и ее программное обеспечение для управления частотой тока, подаваемого для обеспечения параметров давления и скорости, необходимых для транспортировки продукта на разные расстояния с помощью пневмотранспорта на хлопкоочистительных предприятиях.

Практические результаты исследования следующие:

была разработана мехатронная система рационального управления режимом работы хлопкового пневмотранспорта и ее программное обеспечение, способное обеспечить требуемый режим работы с высокой точностью, разработаны и внедрены в производство способ изменения параметров потока в зависимости от частоты тока;

установлены рациональные параметры потока, обеспечивающие наименьшие энергозатраты и высокое давление воздуха в процессе транспортирования хлопка с разных расстояний и с различной производительностью и максимально сохраняющие исходные показатели качества хлопчатобумажной продукции.

Достоверность результатов исследования основана на соразмерности результатов теоретических и экспериментальных исследований, производственных испытаний пневмотранспортной техники с предлагаемой мехатронной системой и результатов сравнения с показателями существующей пневмотранспортной техники.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что математические модели движения хлопка и воздуха в пневмотранспортном трубопроводе, управление режимами работы пневмотранспортного оборудования, транспортирующего хлопок, в определенной степени служат для совершенствования и обогащения теоретические основ процесса транспортирования хлопка пневмотранспортом.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что в результате изучения процесса управления параметрами потока хлопкового пневмотранспорта мехатронная система со способностью с высокой точностью обеспечивать заданный режим работы и возможностью изменения расхода воздуха и ее скорости, был разработан и запущен в производство способ и устройство по регулированию параметров транспортировки хлопка в зависимости от частоты тока, подаваемого в электродвигатель вентилятора пневмотранспорта.

Внедрение результатов исследования. По результатам, полученным по разработке способа и устройства регулирования параметров хлопковоздушного потока на пневмотранспортной установке:

мехатронная система регулирования параметров хлопковоздушного, принадлежащем ООО «ART SOFT TEX CLUSTER» МЧЖ (Справка АО «Узпахтасаноат» от 23.12.2022 № 02-22/903). В результате удалось увеличить радиус действия пневмотранспорта хлопка на 50-60 м при снижении расхода электроэнергии;

рациональные параметры пневмотранспортного оборудования для перевозки хлопка воздушным потоком внедрены в производство на предприятиях АО «Узпахтасаноат», в частности на Папском хлопкоочистительном заводе, принадлежащем ООО «ART SOFT TEX CLUSTER» МЧЖ (Справка АО «Узпахтасаноат» от 23.12.2022 № 02-22/исх. № 903). В результате достигнуто снижение энергоёмкости пневмотранспорта хлопка.

Апрбация результатов исследования. Результаты исследования диссертации обсуждались на 8, в том числе 5-х международных и 3-х республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 19 научных работ. В научных изданиях опубликовано 10 статей, в том числе 5 в отечественных и 5 зарубежных журналах, в которых рекомендованы к публикации основные научные результаты докторских (PhD) диссертаций по техническим наукам. Также 1 получен сертификат на программное обеспечение Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 118 страниц.

Автор выражает глубокую благодарность доктору технических наук, профессору О.Ш.Саримсакову за консультацию и ценные указания по выполнению теоретических и прикладных исследований а также по оформлению диссертационной работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и необходимость проведённых исследований, излагаются цели и задачи, объект и предмет исследования, описывается научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта научная и практическая значимость результатов, приведены сведения о внедрении результатов исследования, апробации работы, опубликованных работах, структуре и объеме диссертации.

Первая глава диссертации, озаглавленная **«Обзор проведённых научных исследований по совершенствованию пневмотранспорта хлопка»**, посвящена анализу литературы, в частности закономерностям, выявленных в ранее проведённых исследовательских работах, практических результатов переработки хлопка. А также выявлению некоторых инцидентов, возникающих при его транспортировке пневмотранспортом, случаев изменения параметров пневмотранспортного потока при транспорте хлопка от бунтов, расположенных на разных расстояниях, а также при различной влажности и засоренности, устройства изменяющего текущие параметры потока для обеспечения равномерного изменения потока и установленных режимов.

Проведённые анализы показали, о необходимости создания и внедрения в производство системы мехатроники позволяющей равномерно изменять параметры потока пневмотранспорта хлопка, задавать высокоточный режим работы и удерживать его до необходимости изменения заданного режима.

Во второй главе диссертации под названием «Теоретические основы управления параметрами вентилятор пневмотранспорта хлопка» представлены материалы по теоретическим исследованиям и по аналитическим расчетам по выбору режимов пневмотранспортирования хлопка и изучены характеристики турбулентного режима и его влияния на транспортировку хлопка в пневмоустановке.

Как поток всасываемого, так и нагнетаемого воздуха могут быть в любом направлении и доставлены на необходимое расстояние с помощью трубопроводов. Существует множество конструкций центробежных вентиляторов, с простыми прямыми и криволинейными, дисковыми, цилиндрическими и плоскими лопастями, различной сложности, которые при вращении создают воздушный поток, параметры которого во многом зависят от состояния воздуха.

Каждый географический регион имеет свою уникальную плотность атмосферы. Мы называем эту плотность номинальной плотностью.

В технической литературе плотность воздуха при нормальных условиях составляет $t=0^{\circ}\text{C}$ и нормальное атмосферное давление $P_{\text{atm}}=101\,325$ кПа (750 мм ртутного столба), плотность воздуха $\rho_{\text{нн}}=1,29$ кг/м³, а при стандартных условиях ($P_{\text{atm}}=101\,325$ кПа влажность $W=50\%$, при температуре $T=20^{\circ}\text{C}$ $\rho_{\text{нс}}=1,2$ кг/м³).

Влажность, температура и давление воздуха в нашей стране уникальны и зависят от времени года и погоды. В измерениях, проведенных нами в октябре 2021 года, температура воздуха составляла $T=20^{\circ}\text{C}$, давление $P_{\text{атм}}=735$ мм ртутного столба = 98 кПа, $W=45\%$; – влажность, и наши расчеты показали, что номинальная плотность воздуха $\rho_{\text{нн}}=1,17$ кг/м³.

Любое отклонение фактической плотности воздуха от номинального значения $\rho_{\text{нн}}$ вызовет его напряжение:

$$\rho_a > \rho_n \quad (2.1)$$

если в камере присутствует среда сжатого воздуха или среда с избыточным давлением, а если

$$\rho_a < \rho_n \quad (2.2)$$

возникает разреженная воздушная среда или среда с низким вакуумом.

Если мы разделим обе части неравенства на ρ_n :

$$\frac{\rho_a}{\rho_n} = k_3 > 1 \quad (2.3)$$

при наличии избыточного давления (уплотнение) среды,

$$\frac{\rho_a}{\rho_n} = k_3 < 1 \quad (2.4)$$

будет низковакуумная среда. Здесь k_3 – коэффициент напряжения воздуха. Введение понятия и коэффициента напряжения, облегчает осуществление анализа результатов теоретических исследований аэродинамических процессов.

Динамическое давление можно считать постоянным для трубы одинакового поперечного сечения, так как скорость воздуха при достаточной

герметичности мало меняется по длине трубы. Однако статическое давление сильно варьируется в зависимости от поперечного сечения и длины трубы.

Давление после дросселя распределяется по длине и сечению трубы, причем поперечные силы образуют статическое давление $P_{ст}$, а продольные силы P_d динамическое давление:

$$P_d = \frac{K_6 \cdot F_{ab}}{f_k} = \frac{K_6 \cdot 0,25 \cdot P_H \cdot \pi d_B^2}{\left(\frac{\pi d_K^2}{4}\right)}$$

$$P_{ст} = \frac{K_k \cdot F_a}{(L_{ст} \cdot L_k)} = \frac{K_k \cdot F_a}{(\pi d_k \cdot (1 + L_k))} = \frac{K_k \cdot 0,25 \cdot P_H \cdot \pi d_B^2}{(\pi d_k \cdot (1 + L_k))}.$$

Здесь: K_6 и K_k – соответственно, коэффициенты пропорциональности продольных и поперечных сил; F_{ab} и F_{ak} – продольные и поперечные силы; d_B и d_k – диаметр горловины вентилятора и трубы; L_k и L_t – общая и текущая длина трубопровода.

После преобразований и сокращений, получим: для динамического давления

$$P_d = K_6 \cdot P_H \left(\frac{d_B}{d_K}\right)^2, \quad (2.14)$$

Для статического давления:

$$P_{ст} = 0,25 \cdot K_k \cdot P_H \frac{d_B^2}{d_K \cdot (1 + L_k)}; \quad (2.15)$$

Коэффициенты пропорциональности:

$$K_6 = \frac{P_d}{P_H} \cdot \left(\frac{d_B}{d_K}\right)^2; \quad (2.16)$$

$$K_k = \frac{P_{ст}}{P_H} \cdot \frac{d_K^2}{d_K^2 - K_6 \cdot d_B^2} \cdot \frac{L_t}{L_k}; \quad (2.17)$$

Коэффициенты пропорциональности можно определить экспериментально. Если, обратить внимание представленным выше формулам, можно прогнозировать, что:

$$K_k < K_6 < 1; \quad (2.18)$$

Потому, что статическое давление в трубопроводе всегда меньше номинального, а динамическое – меньше статического давления. Кроме того, в существующих вентиляторах диаметр горловины больше чем диаметр материалопроводящей трубы $d_B > d_k$.

У вентилятора статическое давление равно номинальному. А дальше, в сторону горловины трубопровода будет постепенно уменьшаться и на горловине будет равняться нулю, потому, что дальше статическому давлению не чему упираться, причем, при больших значениях коэффициента поперечных сил K_k

оно уменьшается с меньшей, а при меньших значениях - с большой интенсивностью.

Эти уравнения позволяют определить динамическое и статическое давления воздушного потока в трубе в зависимости от параметров трубы и номинального давления вентилятора.

Теперь попробуем изучить аэродинамические процессы внутри пневмотранспортной системы в зависимости от работы вентилятора.

Пневмотранспортное устройство представляет собой замкнутую среду (пространство), отделенную от внешней атмосферы посредством составляющих ее элементов, в пределах которого перемещаются воздух и материал.

При работе системы, мощность, потребляемая электродвигателем вентилятора, создает крутящий момент M на валу вентилятора и заставляет лопасти вентилятора вращаться с определенной частотой n :

$$N = M \cdot \frac{n}{9550}, \quad (19)$$

Скорость вращения лопастей зависит от частоты. Следующее:

$$\omega = pn/30 \Rightarrow v = \omega d/2 = pn/60 d \Rightarrow n = 60v/pd$$

на основе зависимости (20) можно записать в виде:

$$N = M \cdot (60v) / (3,14 \cdot 9550) = M \cdot v / d \cdot 2 \cdot (10)(-3), \quad (20)$$

Крутящий момент M вращает лопасть вентилятора. В результате вращения крылья толкают частицы воздуха и создают поток воздуха и силу всасывания (притяжения) с одной стороны и силу толкания (распыления) с другой стороны. С физической точки зрения единицы крутящего момента и работы одинаковы, и проделанную работу можно рассматривать как плоскостное распределение крутящего момента, вращающего лопасти вентилятора.

В этом случае работа, совершаемая лопастями вентилятора, представлена перемещением предмета определенной массы на определенное расстояние. Сила, необходимая для этого, представляет собой аэродинамическую силу, которую можно умножить на расстояние удара, чтобы получить выражение для проделанной работы:

$$A = F_a \cdot dl$$

Аэродинамическая сила, в свою очередь, возникает в результате давления воздуха. На этот раз мы рассматриваем общее давление, а не только динамическое давление:

$$F_a = \Pi \cdot (0.25\pi \cdot d^2 + \pi \cdot d \cdot dl), \quad (21)$$

С другой стороны, скорость воздуха определяется потреблением воздуха таким образом, что:

$$v = \frac{Q}{f} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}, \quad (22)$$

Подставляя результаты в уравнение мощности, мы получаем:

$$N = 8 \cdot P \cdot Q \cdot k_p \cdot 10^{-3}, \quad (23)$$

Здесь k — параметрическая величина:

$$k = \left(\frac{0.25}{d} + \frac{dl}{d^2} \right) dl$$

Силы сопротивления здесь не учитывались. Также выведены уравнения для случая, когда транспортируемый продукт не подается на пневмотранспорт. Такая же ситуация наблюдается и для вентиляторов ВЦ-10М и ВЦ-12М с номинальным давлением $P_H=5$ кПа и 6 кПа; $d_q=0,4$ м, длина трубы до 100 м, расход воздуха $Q=3$ и 6 м³/с анализировались с помощью программы Maple 2020. В результате анализа изменение потребляемой вентилятором мощности в зависимости от длины трубы представлено на рисунках 1 и 2.

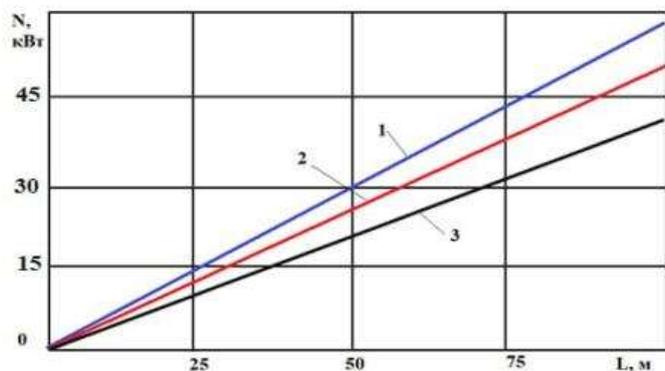


Рисунок 1 Влияние увеличения длины трубы на потребляемую мощность на примере вентилятора ВЦ-12М

1- диаметр трубы 450 мм; 2-я труба диаметром 400 мм; 3- диаметр трубы 350 мм

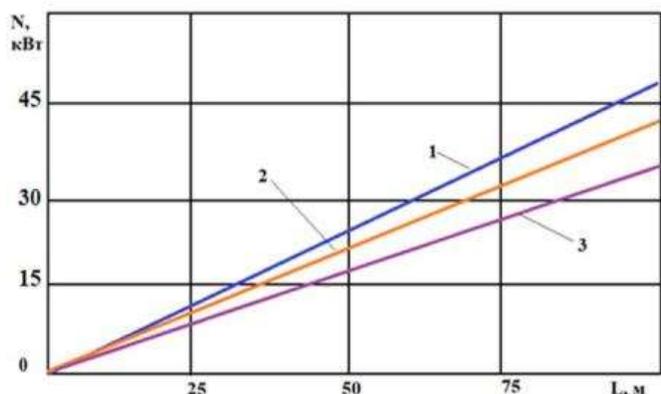


Рисунок 2 Влияние увеличения длины трубы на потребляемую мощность на примере вентилятора ВЦ-10М

1-диаметр трубы 450 мм; 2-я труба диаметром 400 мм; 3- диаметр трубы 350 мм

Если обратить внимание на графики, то видно, что потребляемая вентилятором мощность интенсивно возрастает с увеличением расстояния транспортировки даже при движении самого воздуха. Также потребляемая мощность высока при больших значениях диаметра трубы, и относительно низка при трубах малого диаметра. Это связано с большой массой воздуха на единицу пути в больших трубах, и на его транспортировку затрачивается относительно большое количество энергии.

Обратное можно наблюдать в маленьких трубах. В примере вентилятора ВЦ-12М на рисунке 2 диаметр трубы 450 мм; Для 400 мм, 350 мм представлены графики влияния увеличения длины трубы на потребляемую мощность. Здесь

указанный выше принцип отменяется. Только кажется, что количество используемой энергии меньше из-за относительно низкого расхода воздуха и давления здесь.

Привозимые в нашу страну инверторы в основном производятся в Китае, они изменяют частоту вращения ротора электродвигателей, а также выполняют несколько дополнительных функций:

1. Защищает электродвигатели от перегрузки и перегрева.

2. При подключении через инвертор в двигателе не возникает большого момента сопротивления в соединении, и не требуется большой ток. Инвертор вращает ротор двигателя, постепенно ускоряя его до необходимого числа оборотов.

3. Инвертор позволяет плавно регулировать частоту электрического тока и легко выбирать и обеспечивать нужный режим работы.

4. Инвертор имеет возможность контролировать и контролировать параметры воздушного потока во время транспортировки продукта.

5. Современные инверторы также имеют функции предотвращения опасных ситуаций, сообщения о возникновении таких ситуаций, предупреждения и отключения системы от источника питания в случае возникновения аварийной ситуации.

В заключение не будет ошибкой сказать, что использование инверторного устройства в составе пневмотранспорта на хлопкоочистительных предприятиях стало требованием времени.

Учитывая, что вентиляторы, применяемые в пневмотранспорте хлопка, имеют мощность 30-90 кВт, стоимость электродвигателя с инвертором увеличивается на 20%. Однако за счет этого электродвигатель полностью защищен от перенапряжения и перегорания. Также возможно определить экономичный режим работы электродвигателя и использовать его в этом режиме для контроля и управления изменением параметров транспортного процесса.

Схема соединения вентилятора пневмотранспортной системы с инверторной мехатронной системой представлена на рис. 3.

В процессе работы электродвигатель вентилятора 4 подключается к источнику электрического тока через инвертор 1. Инвертор питает вентилятор постепенно увеличивающимся электрическим током. Через 15-20 секунд после включения вентилятор достигает полного (максимального) числа оборотов.

При запуске вентилятора воздух поступает из напорной трубы в вентилятор и проходит через выходную трубу к следующему устройству. Необходимы практические исследования, чтобы определить, насколько эффективна мехатронная система.

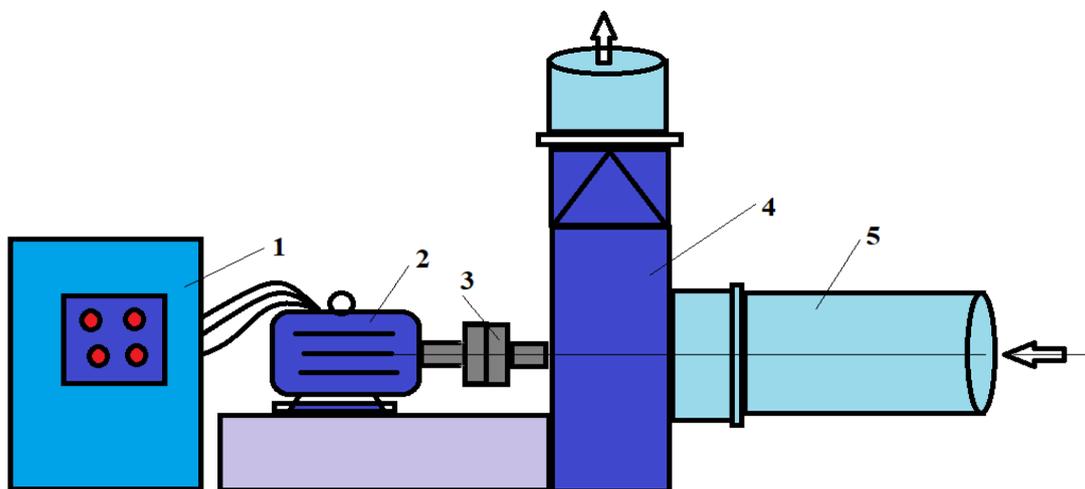


Рис. 3. Схема подключения вентилятора пневмотранспортной системы с инверторной мехатронной системой. 1-инверторный шкаф; 2-электродвигатель; 3- муфта; 4- вентилятор; 5- труба.

Третья глава диссертации, озаглавленная **«Мехатронная система управления параметрами вентилятора хлопкового пневмотранспорта и результаты практических исследований»**, основана на эффективной работе мехатронной системы, позволяющей управлять воздухом с одинаковой скоростью, а через плановых экспериментов определены параметры с наименьшим и наибольшим радиусом действия пневмотранспортного оборудования.

Пневмотранспорт хлопка реализован в пакете Simulink, входящем в состав программной среды Matlab для математического моделирования асинхронного электродвигателя. Simulink — графическая среда моделирования, позволяющая создавать динамические модели, в том числе дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и непрерывные системы, с использованием блок-схем в виде направленной графики. Интерактивная среда Simulink позволяет использовать готовые библиотеки блоков для моделирования электродинамики, механических и гидравлических систем, а также применяет продвинутый модельно-ориентированный подход к разработке систем управления, средств цифровой связи и устройств реального времени. Данная графическая среда позволяет с достаточной точностью создать модель асинхронного электродвигателя, управляемого преобразователем частоты. Модель управления асинхронным электродвигателем пневмотранспорта хлопка с преобразователем частоты представлена на рис. 4.

После задания всех параметров получают результаты крутящего момента M_c вала асинхронного двигателя пневмотранспорта хлопка. По результатам имитационного анализа и экспериментальных исследований (графическое представление данных можно увидеть на рисунках 5 и 6), модельные и экспериментальные данные близки друг к другу (см. рисунки 5 и 6), математическая модель системы преобразователь частоты-асинхронный двигатель построена в среде Simulink, статические режимы достаточно точно описываются на режимах, близких к номинальному уровню, погрешность

механических свойств двигателя, полученных путем математического моделирования, не превышает 5 %.

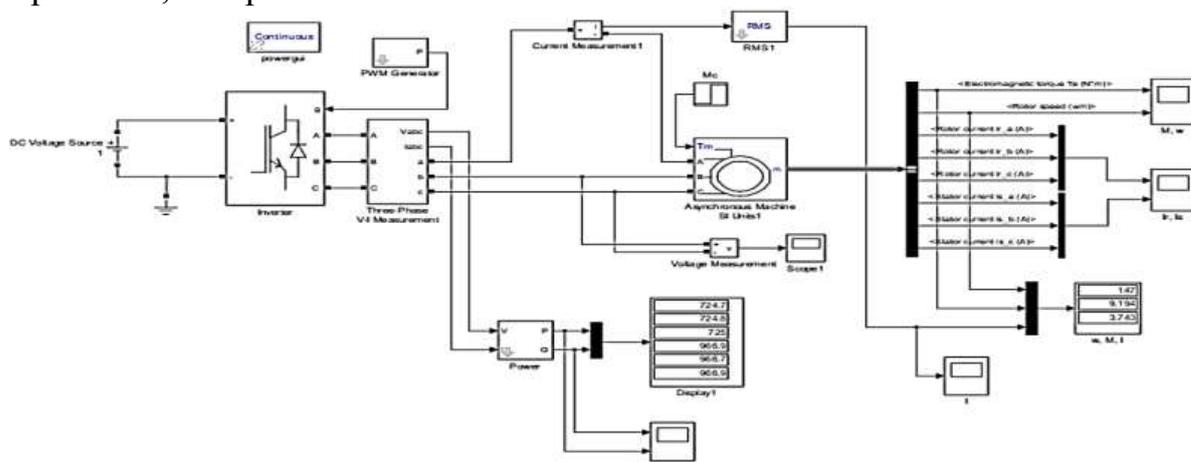


Рис. 4. Модель управления асинхронным электродвигателем пневмотранспорта хлопка с преобразователем частоты в среде Симулинк

Таким образом, по данным, полученным в ходе исследований, проведенных на лабораторном стенде электродвигателя преобразователя частоты, момент на валу вентилятора увеличивается с увеличением тока, а при больших значениях частоты тока возникает малый момент, и высокий крутящий момент возникает при малых значениях. При этом разница между результатами имитационного анализа и экспериментальных исследований не превышает 3-5%.

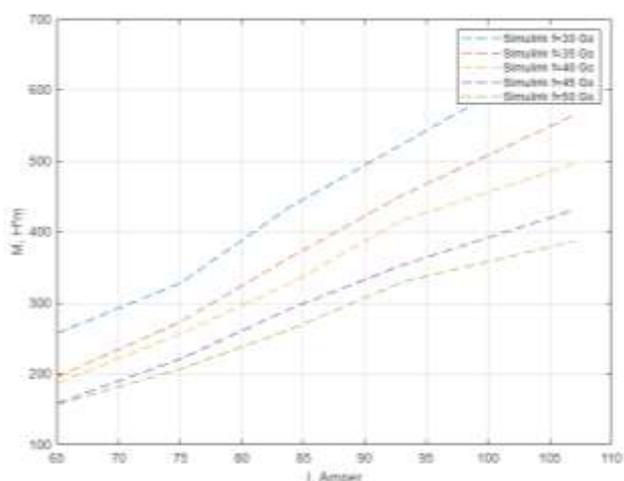


Рис. 5- График зависимости крутящего момента вала двигателя вентилятора от силы и частоты тока в среде Симулинк

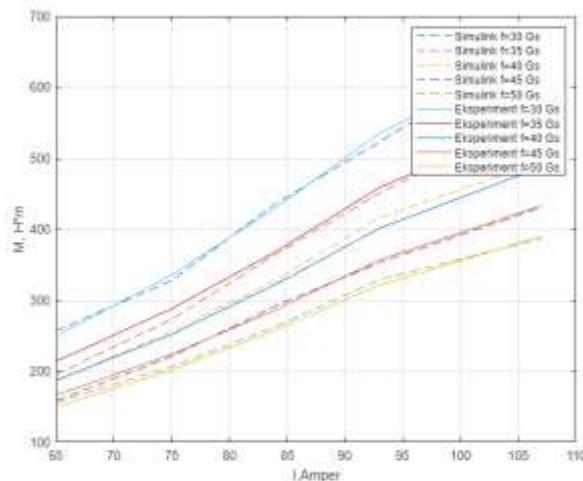


Рис.6-График сопоставления результатов анализа модели ва экспериментальных данных.

Рис.5. В среде Simulink график зависимости тока и 6. Графическое представление сравнения модельных и экспериментальных данных.

В среде Simulink использование графических объектов в визуальном виде возможно в результате запуска раздела «Редактор мнемосхем» из меню «Пуск» главного окна управления. Эти графические объекты смогут отображаться через состояние сетевых переменных. Отрисовывается и проектируется

желаемый графический режим для пользователя. Вид системы SCADA, которую предполагается создать в работе, представлен на рис.7.

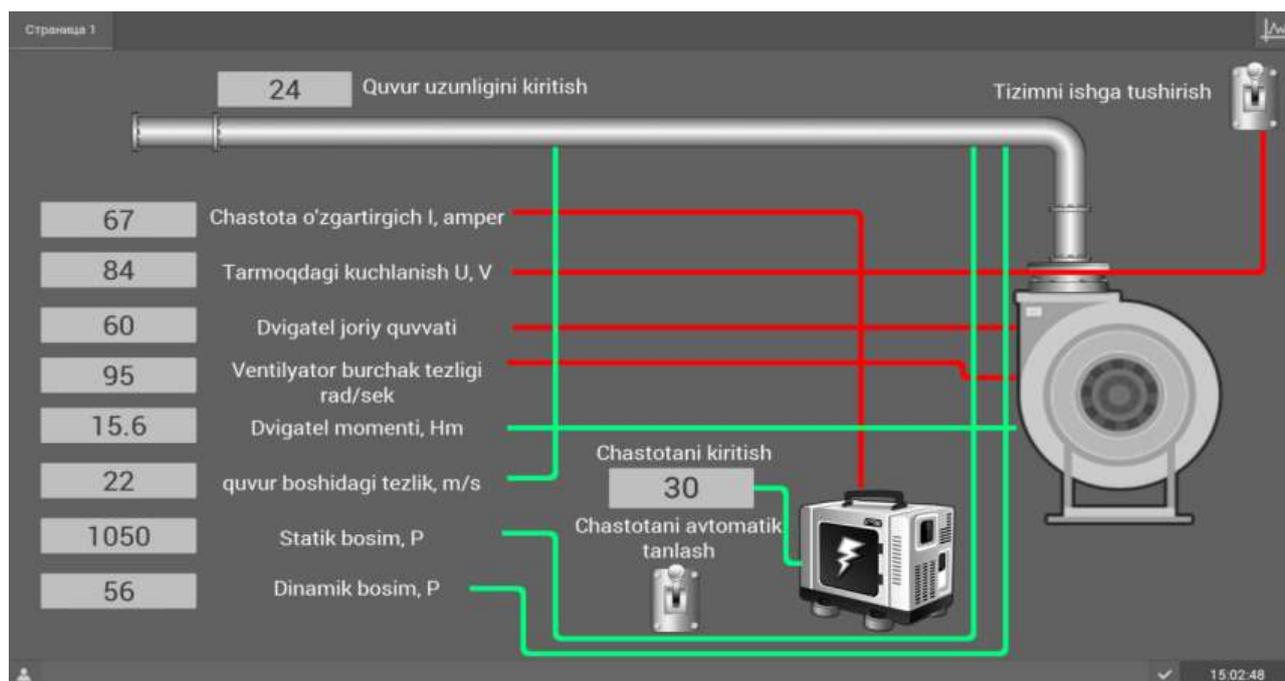


Рис. 7. Платформа SCADA для мехатронной системы управления работой пневмотранспорта хлопка.

Система Simple Scada расширяет возможности пользователя по удаленному измерению и дистанционному управлению работой приводов, а также по их мониторингу в режиме онлайн. Система SCADA, являющаяся предметом исследования, запускается активацией вкладки «Запуск системы». При активации этой вкладки преобразователь частоты подключается к сети напряжения и на основе соответствующих алгоритмов запускается асинхронный двигатель пневмотранспорта хлопка.

Длина трубы может быть разной при транспортировке хлопка пневмотранспортом. Для эффективного использования электроэнергии система SCADA регулирует преобразователь частоты в соответствии с длиной трубы. Внутри трубы датчик измерения скорости воздуха серии EE-680, микроманометр для измерения статического и динамического давления серии EFM112 передает полученные данные через анонометр на контроллер OWEN-100, структура контроллера передаваемых данных используется малыми алгоритмами у сравнивает и передает сигнал на преобразователь частоты Delta 750AB-A. Инверторный блок управляет двигателем мощностью 75 кВт и управляет им. Он измеряет мощность электродвигателя с помощью датчика PASCO672442 и подает сигнал на контроллер OWEN-100. При выходе из строя какой-либо механической части двигателя инверторная система дает контроллеру управления команду на отключение и двигатель защищен от негативных последствий.

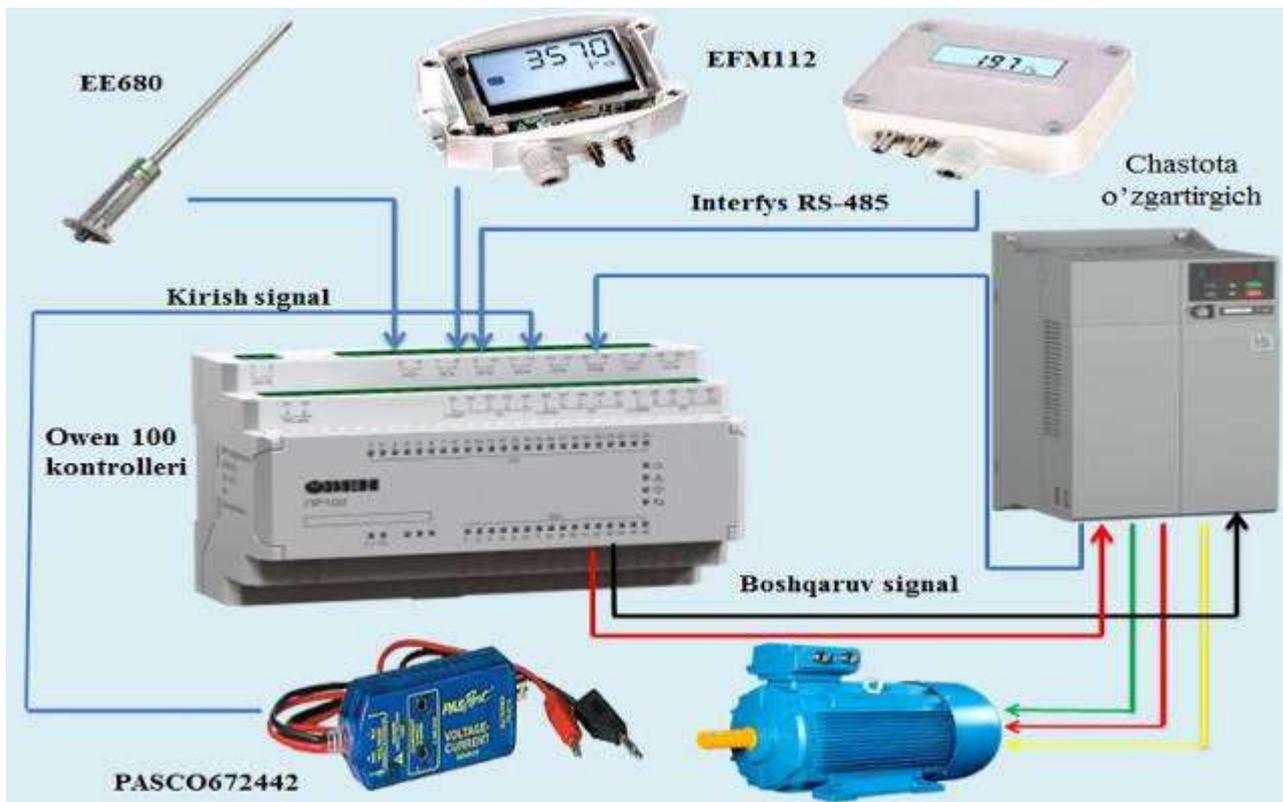


Рис. 8. Дистанционное управление пневмотранспортом хлопка с использованием платформы SCADA через мехатронную систему управления.

При транспортировке хлопка пневмотранспортом длина трубы может быть разной, что объясняется тем, что хлопковое сырье находится на разном расстоянии от сепаратора. Для эффективного использования энергии система SCADA регулирует преобразователь частоты в соответствии с длиной трубы. Как только активируется вкладка «автоматический выбор частоты», устройство преобразователя частоты начинает подавать на асинхронный двигатель требуемую величину тока и его измененную частоту.

Время подачи и останова осуществляется регулировкой параметров устройства преобразователя частоты. Вкладка «Частотный ввод» предназначена для установки пользователем значения частоты тока в выходном сигнале преобразователя частоты. Вкладка «Входная длина трубы» служит для определения нужного значения и обеспечения исполнительного устройства специальными процедурами расчета частоты преобразователя частоты. Другие этикетки служат для идентификации некоторых механических и электрических параметров преобразователя частоты и асинхронного двигателя.

Пневмотранспорт хлопка реализован в пакете Simulink, входящем в состав программной среды Matlab для математического моделирования асинхронного электродвигателя. Simulink — графическая среда моделирования, позволяющая создавать динамические модели, в том числе дискретные, непрерывные и гибридные, нелинейные и непрерывные системы, с использованием блок-схем в виде направленной графики. Интерактивная среда Simulink позволяет использовать готовые библиотеки блоков для моделирования электродинамики, механических и гидравлических систем.

Таблица 1

Технические параметры трехфазного электростартера

Электродвигатель 75 кВт, 1500 об/мин		Значение
Группа технических параметров	Наименование технических параметров	
Выходные параметры	Мощность Р, кВт	75
	Условная скорость вращения статора, об/мин	1500
	Фактическая скорость вала	1460
Параметры мощности	Тип мощности, Гц	Трехфазная, 50
	Номинальный ток, А	139/81
	Пусковой ток стартера, А	6.8
	Номинальное напряжение, В	380
Паспортные данные двигателя	Принцип действия	Асинхронный
	Коэффициент мощности, $\cos\varphi$	0.87
	Эффективность, %	93.6
	Количество полюсов	4
	Масса меди в мотке, кг	40-45
	Момент инерции, кг*м ²	0.35
	Вес	450-490

Она также применяет продвинутой модельно-ориентированный подход к разработке систем управления, средств цифровой связи и устройств реального времени. Данная графическая среда позволяет с достаточной точностью создать модель асинхронного электропривода, управляемого преобразователем частоты.

Время подачи и останова осуществляется регулировкой параметров устройства преобразователя частоты. Вкладка «Частотный ввод» предназначена для установки пользователем значения частоты тока в выходном сигнале преобразователя частоты. Вкладка «Входная длина трубы» служит для определения нужного значения и обеспечения исполнительного устройства специальными процедурами расчета частоты преобразователя частоты. Другие этикетки служат для идентификации некоторых механических и электрических параметров преобразователя частоты и асинхронного привода.

Мехатронная система SCADA управления вентилятором пневмотранспорта хлопка с преобразователем частоты разработана в среде Simulink управления скоростью, скалярным и векторным управлением асинхронным приводом пневмотранспорта хлопка с преобразователем частоты и установлена в научной лаборатории кафедры ТТДИТ НамМТИ. Изображение экспериментального оборудования представлено на рис. 9. Опытная установка введена в эксплуатацию, выявлены и устранены эксплуатационные недостатки. Для полноценной работы мехатронной системы преобразователь частоты был подключен к источнику питания вентилятора пневмотранспортного

Табл.2

Результаты экспериментов (25 Гц)
(Переходник 1,25 см.Диаметр трубы 200мм)

Положение вентилятора		Сила тока (А)	Напряжение (В)	Мощность кВт	Частота Гц	Статич. давление (Па)	Динам. давление (Па)	Скорость м/с
Патрубка открыт		1,16	198	0,230	25	180	-	-
Патрубка закрыт		1,3	198	0,260	25	115	65	-
Длина трубы, м.	Зона измерения трубы м	1.34	197	0,264	25	100	20/25	7/8.5
1.25	0.60							
2.50	0.60	1.29	197	0,254	25	100	30/35	7/8.5
3.75	0.60	1.30	197	0,256	25	110	30/35	8/8.5
5.00	0.60	1.29	197	0,254	25	120	35/40	8/9
6.25	0.60	1.29	197	0,254	25	120	35/40	8/9
7.50	0.60	1.28	198	0,253	25	130	40/43	8/9
8.75	0.60	1.30	198	0,257	25	130	45/50	8/9
10.00	0.60	1.27	197	0,250	25	130	45/50	8.5/9.5
11.25	0.60	1.27	197	0,250	25	135	50/55	8.5/9.5
12.50	0.60	1.26	197	0,248	25	140	60/65	9/9.5
13.75	0.60	1.28	198	0,253	25	140	60/65	9/10
15.00	0.60	1.26	197	0,248	25	150	75/80	9/10

оборудования через инверторное устройство с программным обеспечением, разработанным на базе SCADA-платформы. Результаты эксперимента представлены в таблицах 2 и 3 из которых видно, что ток, напряжение и потребляемая мощность в системе существенно не изменяются.

Только ток и потребляемая мощность меньше по сравнению со случаем, когда вентилятор не открыт, во всех остальных случаях они практически не изменяются. Результаты показывают некоторые парадоксальные ситуации. В частности, давление воздуха, достигаемое при закрытом патрубке вентилятора, является паспортным давлением вентилятора, то есть номинальным давлением, которое он может создать.

Однако это не максимальное давление, которое может обеспечить вентилятор. Максимального давления он достигает, когда открывается его глотка, то есть после того, как начинает втягиваться воздух. Согласно результатам, потребляемая мощность двигателя увеличилась с 0,230 до 0,260 кВт при открытом воздуховоде и до 0,264 кВт при подключении трубы 1,25 м.

Соединение последовательных труб приводит к снижению потребляемой мощности. Когда длина трубы достигает 15 м, потребляемая мощность снижается до 0,248 кВт. При этом создаваемое в трубе давление воздуха составляет статическое 100 Па на 1,25 м, динамическое 25 Па на 15 м, увеличивающееся до 150 и 80 Па соответственно. По логике, то есть по законам аэродинамики, по мере увеличения длины трубы потребляемая мощность системы должна увеличиваться, а создаваемое в трубе давление должно уменьшаться. Однако измерения показывают обратное.

Табл.3.

(Переходник 1,25 см.Диаметр трубы 200мм)
Результаты экспериментов (50 Гц)

Положение вентилятора		Сила тока (А)	Напряжение (В)	Мощность кВт	Частота Гц	Статич. давление (Па)	Динам давление (Па)	Скорость м/с
						Инвертор		
Патрубок открыт		1,14	370	0,421	50	700	-	-
Патрубок закрыт		2,9	364	1,100	50	530	430	-
Длина трубы, м.	Зона измерения трубы м	3.17	380	1204	50	390	90/100	15/16.5
	1.25							
2.50	0.60	3.04	380	1155	50	430	160/170	16/17
3.75	0.60	3.02	380	1147	50	450	140/150	16/17
5.00	0.60	2.97	380	1128	50	450	130/140	15.5/17
6.25	0.60	2.97	380	1128	50	470	150/155	16/17
7.50	0.60	2.93	380	1113	50	490	160/175	17/18
8.75	0.60	2.90	380	1100	50	490	170/180	16.5/18
10.00	0.60	2.85	380	1083	50	500	195/200	17/18
11.25	0.60	2.82	380	1071	50	520	200/210	16/18
12.50	0.60	2.79	380	1060	50	525	230/240	16/18
13.75	0.60	2.75	380	1045	50	555	260/270	17/18.5
15.00	0.60	1,14	370	0,421	50	570	270/280	21/23

По нашему мнению, при перемещении самого воздуха по трубам малого диаметра нагрузка на вентилятор не увеличивается с увеличением длины трубы из-за сильной турбулентности воздушного потока, причем на коротких расстояниях для его перемещения требуется много энергии. По мере увеличения длины трубы уменьшается турбулентность воздушного потока и уменьшается энергия, необходимая для его перемещения, при этом появляется возможность создания высокого давления воздуха при относительно малых энергозатратах.



Рис. 9. Общий вид экспериментальной установки.

В четвертой главе диссертации на тему **«Производственные испытания механизма управления параметрами вентилятор пневмотранспорта хлопка»** пневмотранспортное оборудование, представлены

результаты производственных испытаний устройства контроля и управления параметрами пневмотранспортной установки. Целью этого является определение того, совместимы ли инновационные технические решения с

реальными условиями производства, насколько они могут работать в гармонии с существующими технологическими процессами и насколько хорошо они могут обеспечить ожидаемую эффективность влияния оборудования на качественные показатели хлопка и изучалась его продукция.

Проведенные тематические исследования показали правильность, практичность и работоспособность предложенных технических решений. Также в ходе исследований были выявлены и устранены некоторые конструктивные и технологические недостатки рекомендуемых элементов.

Производственные испытания проводились на Папском хлопкоочистительном предприятии Наманганской области. Схема предлагаемой серийной модели пневмотранспортного оборудования представлена на рис. 10, а ее общий вид - на рис. 11.

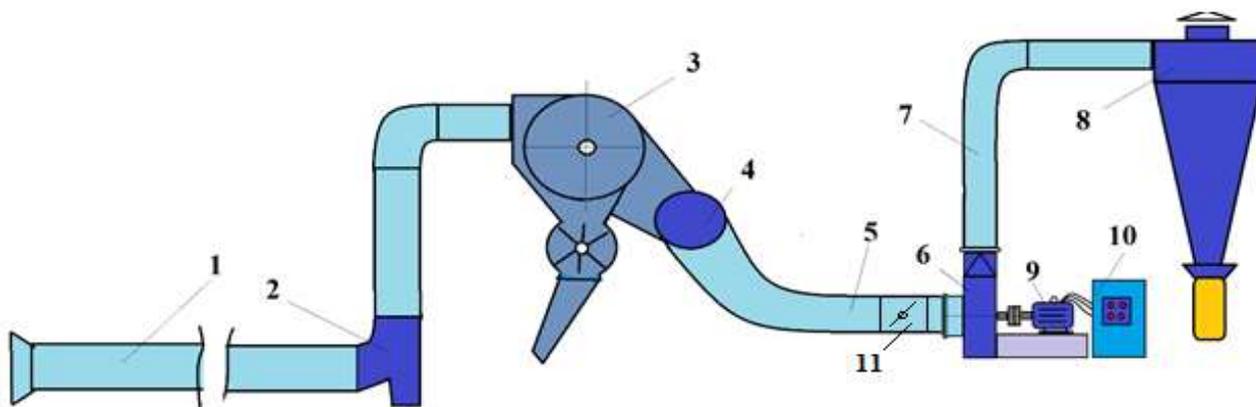


Рис. 10. Схема предлагаемого пневматического производственного образца

На рисунке 1 – основная труба, 2 – каменная ловушка; 3 – сепаратор; 4-й коллектор; 5 и 7 воздуховоды; 6 – вентилятор; 8 – циклон; 9- электродвигатель; 10 – инвертор; 11- дроссель.



Рис. 11. Общий вид серийного экземпляра пневмотранспортного оборудования с мехатронной системой инверторного управления.

Принцип работы устройства следующий: вентилятор пневмотранспортного оборудования подключается к источнику питания через

инвертор. Через 15-20 секунд лопасти вентилятора начинают вращаться на полную мощность. После этого дроссель открывается, и из патрубка всасывается воздух. Затем к цепи подключается сепаратор. После того, как в начале трубы возникнет поток воздуха, передача хлопка в пневмотрубу возможна при показателе статического давления на микроманометре.

Микроманометр будет установлен у горловины трубы и его показатель достигнет 400-450 Па (скорость воздуха 20-22 м/с) запускается бунторазборочная машина и начинается подача хлопка.

Разборщик хлопкового бунта снимает хлопок из бунта и сбрасывает его на пневматический питатель или вспомогательный ленточный конвейер. На его ленте появляется подвижный слой хлопка. При намотке ленты на ведущий барабан хлопок выбрасывается из него и попадает в горловину горизонтальной воздушной трубы. Здесь частицы хлопка подвергаются воздействию вакуума внутри воздушной трубы, присоединяются к воздушному потоку и начинают двигаться как аэросмесь. Пройдя определенное расстояние в воздушной трубе, воздушная смесь через диффузор поступает в камеру камнеуловителя и очищается от тяжелых примесей. Смесь хлопка и воздуха продолжает движение, выходит из камнеуловителя через патрубок и по воздуховоду поступает в камеру сепаратора. Из него хлопок выходит через вакуумный клапан, а воздух выходит в атмосферу через систему обеспыливания.

На основании результатов научных исследований, проведенных по повышению эффективности использования электроэнергии, внедрению и разработке новой мехатронной системы управления параметрами потока в пневмотранспорте хлопка путем установки мехатронной системы с инвертором и программным обеспечением на вентиляторные электроприводы на предприятиях первичной переработки хлопка, разработана рациональная система регулирования статического давления и скорости потока.

Мехатронная система с рациональным управлением параметрами потока в трубе установлена на стационарном пневмотранспортном оборудовании, транспортирующем хлопок со складов в производственные цеха на предприятии «Хлопкоочистительная фабрика», входящей в состав «АРТ СОФТ ТЕКС КЛАСТЕР». ООО.

Установка нового устройства на оборудование пневмотранспорта хлопка позволяет снизить массовую долю примесей и дефектных соединений в волокне с 2,92 % в действующей технологии до 2,31 % в оборудовании с новыми элементами за счет снижения скорости транспортировки хлопка на короткие расстояния. Такое положение позволяет повысить показатель качества хлопкового волокна на один класс, т.е. с первого сорта хороший до первого высшего сорта. Кроме того, если на пневмотранспортном оборудовании установить мехатронную систему с инвертором, вентилятор ВЦ-12М потребляет 35-40 кВт энергии в час при транспортировке хлопка на небольшие расстояния, то есть появляется возможность сэкономить электроэнергию 18%.

Обработав результаты заводских испытаний, компания построила график выбора мощности, необходимой для вентилятора, в зависимости от диаметра трубы и расстояния транспортировки (рис. 12).

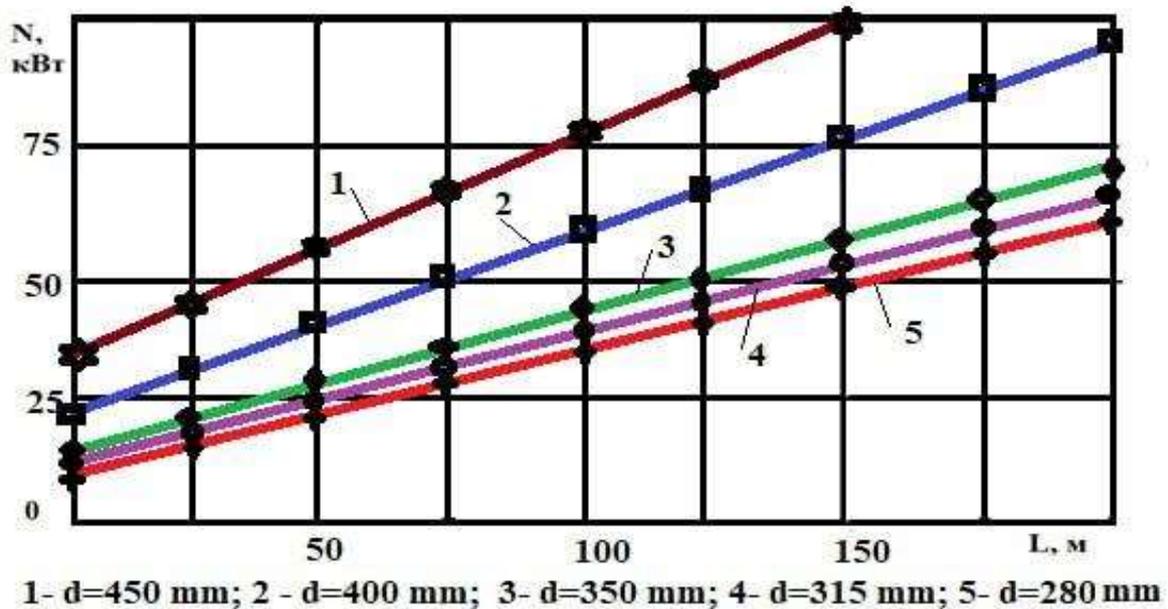


Рис. 12. Вентилятор в зависимости от диаметра трубы, расстояния транспортировки выбрать необходимую мощность для.

По графику можно подобрать необходимое значение мощности для оборудования исходя из диаметра трубы, используемой на предприятии, удаленности хлопкоуборочной машины, и адаптировать систему под эту мощность с помощью инвертора. Это дает возможность с минимальными энергозатратами перевести хлопок из джинов в производство.

Результаты опытно-промышленных испытаний, проведенных на предприятии ООО «АРТ СОФТ ТЕКС КЛАСТЕР» «Хлопкоочистительное предприятие», представлены в таблице 4.

Объем внедрения новой инверторной мехатронной системы со специальным программным обеспечением для электроприводов вентиляторов составляет 1 комплектную мехатронную систему, а гарантированная экономическая эффективность от ее внедрения составляет 25% от общего объема внедрения.

Рекомендовано использовать результаты научно-исследовательских работ по установке инверторной мехатронной системы со специальным программным обеспечением на электроприводы вентиляторов существующего пневмотранспортного оборудования в технологическом процессе переработки хлопка.

Чистый экономический эффект от внедрения мехатронной системы, рационально управляющей параметрами воздушного потока в трубопроводе пневмотранспорта хлопка, составляет 355 634 500 сумов, а экономический эффект, соответствующий 1 тонне произведенного хлопкового волокна, составляет 38 240 сумов.

Таблица 4

Результаты производственных испытаний

№	№ Наименование показателя Опции	Единица измерения	Варианты	
			База	Новый
1	Количество пневмотранспортного оборудования на заводе	шт	3	3
2	Производительность пневмотранспортного оборудования (средняя)	т/час	15	15
3	Производственный режим работы хлопкозавода (3 смены, 148 часов в неделю) (3 смены, 148 час в неделю, $\Phi BK = 0,85$)	час	2208	2208
4	Коэффициент спроса	-	0,7	0,7
5	Годовой выход волона	тонна	9300	9300
6	Стоимость 1 кВт электроэнергии	сум	450	450
7	Энергия, потребляемая пневмотранспортным оборудованием:	кВт/час	82.5	67,5
8	Стоимость подготовки и монтажа	Тыс сум		39
9	Сумма пороков и сорных примесей в произведенном волокне	%	2.92	2.31

ВЫВОДЫ

1. Закономерности и практические результаты, определенные в проведенных до сих пор научно-исследовательских работах, послужили в определенной мере развитию науки и практики обработки хлопка и его транспортировки на пневмотранспортах, однако, характер некоторых явлений, происходящих в переработке и транспортировки хлопка еще не раскрыты полностью, некоторые технологические машины и оборудование, в том числе пневмотранспортное оборудование, еще не до конца отработаны.

2. Выведены уравнения зависимости мощности, потребляемой вентилятором при работе, от параметров вентилятора и воздействующего на него воздушного потока, и по их анализу теоретически обосновано, что изменение дальности транспортирования продукта приводит к изменению мощности, потребляемой вентилятором.

3. На основе анализа имитационной модели скалярного и векторного систем управления параметрами работы вентиляторов, разработана мехатронная система SCADA для управления работой вентилятора пневмотранспорта хлопка с преобразователем частоты и регулирования скорости асинхронного двигателя, в среде Simulink с частотным регулированием.

4. По результатам проведенных опытов, установлено, что, при движении самого воздуха в трубах малого диаметра при коротких расстояниях турбулентность воздушного потока будет высокой, поэтому, для перемещения воздуха требуется много энергии, причем, высокое давление воздуха не может быть обеспечено. А, по мере увеличения длины трубы турбулентность воздушного потока уменьшается, а энергия, необходимая для его перемещения, уменьшается, а давление воздуха увеличивается.

5. В результате проведенных исследований на Папском хлопкоочистительном заводе, принадлежащем ООО «АРТ СОФТ ТЕКС КЛАСТЕР», была разработана и установлена мехатронная система с инвертором, рационально управляющая параметрами потока пневмотранспорта.

6. Установка инверторного устройства в пневмотранспортном вентиляторе позволяет снизить активную и реактивную мощность энергии в момент пуска двигателя (пусковой момент) при транспортировании хлопка на пневмотранспорте, сохранить двигатель в случае непредвиденных нагрузок и предотвратить возгорание.

7. Чистый экономический эффект от внедрения мехатронной системы, рационально управляющей параметрами воздушного потока в трубопроводе пневмотранспорта хлопка, составляет 355 634 500 сум, а экономический эффект, соответствующий 1 тонне произведенного хлопкового волокна, составляет 38 240 сум.

**A SCIENTIFIC COUNCIL №PhD.03/30.12.2019.T.66.01 THAT GIVE
SCIENTIFIC DEGREE AT NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING
AND TECHNOLOGY**

NAMANGAN INSTITUTE OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY

KHOLBAEV DONIYOR

**EVELOPMENT OF A MECHATRONICS SYSTEM TO CONTROL THE
PARAMETERS OF THE COTTON PNEUMATIC TRANSPORT FAN**

05.02.03 – Technological machines. Robots, mechatronics and robotics systems

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

Namangan – 2023

The theme of doctoral (PhD) dissertation is registered at Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistana under number B2021.1.PhD/T2292

The dissertation carried out at Namangan institute of engineering and technology.

The abstract of dissertations is posted three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) on the website of Scientific Council at the address www.nammti.uz and at the website of Ziyonet information and educational portal www.ziyonet.uz.

Scientific director:

Mamahonov Azam

Doctor of technical sciences, dosent

Official opponents:

Anvar Djurayevich

Doctor of technical sciences, professor

Anvar Makhkamov

DSc, associate professor

Leading organization:

Andijan Machine-Building Institute

The defense of the dissertation will be held at 11⁰⁰ on «24» June 2023 year at the scientific council meeting No. PhD.03/30.12.2019.T.66.01 at the Namangan institute of engineering and technology (at the address: 160100. Namangan city, Kasansay Str. 7, administrative building, small conference hall, tell: (+ 99869) 228-76-68, 225-10-07, a fax: (+99869) 228-76-75, e-mail: niei_nfo@edi.uz).

The dissertation is available at the Information-resource center of the Namangan institute of engineering and technology (registration number 528).

Address: 160100. Namangan city, Kasansay Str. 7 tel: (+99869) 228-76-68; Fax: (+99869)228-76-68, e-mail: niei_nfo@edi.uz).

The abstract from the thesis is distributed «14» June 2023
(Mailing protocol No.115 on 24 June 2023).



[Handwritten signature]

R. Muradov
Deputy chairman of the scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
technical sciences, professor

[Handwritten signature]

H. Bobojanov
Scientific secretary of the scientific council
for the award of academic degrees, doctor of
technical sciences, docent

[Handwritten signature]

K. Kholikov
Scientific secretary of the scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
technical sciences, professor

INTRODUCTION (ABSTRACT OF PHD THESIS)

The purpose of the research is to maintain the initial indicators of the quality of cotton products and reduce the energy intensity of the process through the development of a mechatronics system that controls the operating mode of pneumatic transport.

The objects of research. The object of the study was the process of transporting cotton by pneumatic transport and control devices for the mode of operation of cotton pneumatic transport at cotton ginning enterprises.

The subject of the study is the mode of operation of cotton pneumatic transport and the design and technological parameters of its controls.

The scientific novelty of the research is as follows:

taking into account the change in the parameters of the flow of cotton pneumatic transport depending on the nominal parameters of the fan and the size of the pipeline, the patterns of change in static and dynamic pressure in the pneumatic transport system along the length of the pipeline were determined;

the minimum static pressures and air velocities required to transport cotton at the required capacity at the head of the air transport pipeline were determined by examining the efficiencies available at various pressures and velocities;

according to the results of an experimental study of the fan electric drive, the regularities of the dependence of the static pressure and air speed created at the beginning of the pipe at different transportation distances on the frequency of the current supplied by the inverter device to the electric drive of the fan, the influence of the current frequency on pressure and air speed were established;

depending on the distance of transportation of the product, a method has been developed to ensure a rational mode of operation of pneumatic conveying equipment, based on a change in mutual proportion of the position of the throttle and the frequency of the current supplied by the inverter device to the fan drive;

based on the results of studies of the effect of current frequency on the parameters of the air flow with cotton, a mechatronics system and its software have been developed for the rational control of cotton pneumatic transport at cotton ginning enterprises.

Implementation of the research results. Based on the results obtained on the development of a method and device for regulating the parameters of the cotton-air flow at a pneumatic conveying unit:

mechatronic system for regulating the parameters of cotton-air ", owned by ART SOFT TEX CLUSTER LLC (Uzpakhtasanoat JSC). dated December 23, 2022 No. 02-22/903). As a result, it was possible to increase the range of cotton pneumatic transport by 50-60 m while reducing power consumption;

rational parameters of pneumatic conveying equipment for the transportation of cotton by air have been introduced into production at the enterprises of Uzpakhtasanoat JSC, including at the Cotton Cleaning POP enterprise, owned by ART SOFT TEX CLUSTER LLC (Uzpakhtasanoat JSC). dated December 23, 2022, № 02-22 / ref. No. 903). As a result, a reduction in the energy intensity of cotton pneumatic transport has been achieved.

The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a list of references and appendices. The length of the dissertation is 116 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I chast; I part)

1. D.J.Xolbayev, A.A.Mamaxonov, O.Sarimsakov. Experimental testing of the air control device with the help of a ventilator to keep the operating mode in the transport of cotton pneumatic transport. Science and innovation international scientific journal. 2022. № 3. p. 221-228. (05.00.00. IF:8.2)
2. D.J.Xolbayev, A.A.Mamaxonov, O.Sarimsakov. Study of the possibility of reducing electricity consumption by control of air ventilator parameters in pneumatic transportation of cotton European Scholar Journal (ESJ) Available Vol. 3, №3, March 2022. p.126-129. (05.00.00. IF:7.235)
3. D.J.Xolbayev, A.A.Mamaxonov, O.Sarimsakov. "Paxta pnevmotransporti quvurida havo zichligi va tezligining o'zgarishini nazariy yo'l bilan tekshirish". Mashinasozlik ilmiy-texnika jurnali maxsus son. №1, 2021 y. 221-225 b. (30.12.2021 y. 310/10-con qaror)
4. D.J.Xolbayev, A.A.Mamaxonov, O.Sarimsakov. Paxta pnevmotransporti uskunasi savdo tezligining quvur ko'ndalang kesimi bo'yicha taqsimlanishi NamDU ilmiy axborotnomasi jurnali, maxsus son. 2021 y. 38-44 b. (03.00.00 №17)
5. D.J.Xolbayev "Paxta xomashyosini uzatish va pnevmotransportida tashishning samaradorligi" Mashinasozlik ilmiy-texnika jurnali. №6 (Maxsus son), 2022 y, 485-499 b. (30.12.2021 y. 310/10-con qaror)
6. D.J.Xolbayev, A.A.Mamaxonov, O.Sarimsakov. Preparation of an experimental version of air fan parameter control device in cotton pneuma transport Scientific and technical journal of NamIET NamMTI ilmiy-texnika jurnali. Volume 7, Issue 2, 2022 p. 233-238. (05.00.00 №33)
7. D.J.Xolbayev, A.A.Mamaxonov, O.Sarimsakov. Energy consumption problems on pneumatic transport of raw cotton Scientific and technical journal of NamIET NamMTI ilmiy-texnika jurnali. Volume 7, Issue 2, 2022. p.228-233. (05.00.00 №33)

2-bo'lim (2-razdel, part 2)

8. D.J.Xolbayev. Paxta pnevmotransporti ish rejimini invertor qurilmasi yordamida bir me'yorda boshqarish orqali sinovdan o'tkazish. "Research focus" Xalqaro ilmiy jurnal 2022 y 3-son.162-166 b.
9. D.J.Xolbayev. Paxta pnevmotransporti uskunasi savdo tezligining quvur ko'ndalang kesimi bo'yicha taqsimlanishini drossellar yordamida boshqarish. "Research focus" Xalqaro ilmiy jurnal 2022 y. 3-son.16-20 b.
10. Xolbayev D.J. Paxtani xavo transporti yordamida tashish jarayonini takomillashtirish orqali elektr energiyani tejamkorlikka erishish. Development and innovatsion scientific online journal. 2023 y. 202-210 b.

11. D.J. Xolbayev Pnevмотransport quvurlari yordamida invertor qurilmasini boshqaruvchi mexatronik tizimni joriy etish. "Ilm-fan muammolari yosh talqinchilar talqinida". 3-son Respublika ilmiy konfrensiyasi 2-qism. 2022 y. 314-320 b.
12. D.J.Xolbayev, A.A.Mamaxonov, O.Sarimsakov. Paxtani pnevмотransport quvuriga uzatish va quvur bo'ylab harakatini o'rganish Namangan muhandislik-texnologiya instituti "Paxta to'qimachilik klasterlarida xomashyoni chuqur qayta ishlash asosida mahsulot ishlab chiqarish samaradorligini oshirishning iqtisodiy, innovatsion texnologik muammolari va xalqaro tajriba" xalqaro ilmiy anjumani 2-tom. 2022 y. 27-28 may.
13. D.J. Xolbayev, X. Ismoilov va A.Sotvoldiyev. Paxta pnevмотransporti uskunarining iqtisodiy samaradorligini oshirish usullari. "Energetika istiqbollari va muammolarga zamonaviy echimlar" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami. 2022 y. 28-29-oktyabr. 396-398 b.
14. D.J. Xolbayev, I.Musayev. Paxta pnevмотransporti uskunasi havo tezligini boshqarish "Energetika istiqbollari va muammolarga zamonaviy echimlar" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari to'plami. 2022 y. 28-29-oktyabr. 400-402 b.
15. Xolbayev D.J. Paxta pnevмотransport qurilmasini boshqaruvchi mexatronik tizimini sinovdan o'tkazish. "Ilm-fan muammolari yosh talqinchilar talqinida". 4-son Respublika ilmiy konfrensiyasi 2-qism.2022 y. 318-323 b.
16. Sarimsakov O. SH., Xolbayev D.J., X Ismoilov Paxta pnevмотransport quvuri masofalarini o'zgartirishi quvurdagi xavo tezligiga, static va dinamik bosimga ta'siri.Ilm-fan ta'limda innovatsion yondashuvlar muammolar taklif va echimlar. Respublika ilmiy konfrensiyasi. 2023 y. 226-232 b.
17. D.J.kholbaev Production introduction of the installation using the proposed scada software. Hosted online from Toronto, Canada. Date: 5th March, 2023 Website: econferenceseries.com p.101-108
18. D.J.kholbaev Effect of pneumotransport pipe length on static and dynamic pressure. Hosted online from Moscow, Russia Date: 11th March, 2023 Website: econferenceseries.com p. 9-14
19. D.J. Xolbayev, A.A.Mamaxonov Paxta pnevмотransporti ventilyator parametrini boshqarishning mexatronik tizimini boshqarish № DGU 16596. 2022 y. 02 Iyun.

Avtoreferat “Namangan muhandislik-texnologiya instituti ilmiy-texnika jurnali”
tahrifatida tahriridan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari mosligi
tekshirildi (12.06.2023 yil).

Bosishga ruhsat etildi. 12.06.23 yil.
Bichimi 60x84 1/16, “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulida bosildi.
Shartli bosma tobog‘i 3,5 Adadi:50. Buyurtma № 425
NamMTI bosmaxonasida chop etildi.
Namangan shaxri, Kosonsoy ko‘cha, 7-uy.

