

**ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.09.2020.T.124.01  
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**FARG‘ONA DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

**TOJIBOYEV SHERALI IMOMALI O‘G‘LI**

**PAXTA TERISH MASHINALARI BILAN AGREGATLANGAN TRAKTOR  
DVIGATELLARINING SOVUTISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH**

05.08.06 – G‘ildirakli va gusenitsali mashinalari va ularni ishlatish

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi

**AVTOREFERATI**

**Andijon– 2025**

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

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

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

**Tojiboyev Sherali Imomali o'g'li**

Пахта terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimini takomillashtirish.....5

**Тожибоев Шерали Имомали угли**

Совершенствование системы охлаждения двигателей тракторов агрегатированных с хлопкоуборочными машинами.....24

**Tojiboyev Sherali Imomali o'g'li**

Improvement of the cooling system of tractor engines aggregated with cotton pickers.....45

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works.....50

**ANDIJON DAVLAT TEXNIKA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.09.2020.T.124.01  
RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

FARG‘ONA DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI

TOJIBOYEV SHERALI IMOMALI O‘G‘LI

**PAXTA TERISH MASHINALARI BILAN AGREGATLANGAN TRAKTOR  
DVIGATELLARINING SOVUTISH TIZIMINI TAKOMIL LASHTIRISH**

05.08.06 – G‘ildirakli va gusenitsali mashinalari va ularni ishlatish

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi

**AVTOREFERATI**

Andijon– 2025

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy Attestatsiya komissiyasida B2022.4.PhD/T2133 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiya Farg'ona davlat texnika universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.astiedu.uz](http://www.astiedu.uz)) va «ZiyoNet» Axborot-ta'lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Shermuxamedov Abdulaziz Adilxakovich,**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Bayboboyev Nabijon G'ulomovich,**  
texnika fanlari doktori, professor,  
**Tadjibayev Abdunabi Abdurahmonovich,**  
texnika fanlari nomzodi, professor

**Yetakchi tashkilot:**

**Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat  
texnika universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Andijon davlat texnika instituti huzuridagi PhD.03/30.09.2020.T.124.01 raqamli ilmiy kengashning 2025-yil «05» 09 soat 14<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: Andijon shahri, Boburshoh ko'chasi, 39-uy. Tel.:(99874)223-47-148 /faks (0-374) 223-43-67; e-mail: [info@astiedu.uz](mailto:info@astiedu.uz)).

Dissertatsiya bilan Andijon davlat texnika institutining Axborot resurs markazida tanishish mumkin (2 -raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: Andijon shahri, Boburshoh ko'chasi, 39-uy. Tel.:(99891) 612-30-06; /faks (0-374) 223-43-67; e-mail: [asti-arm@umail.uz](mailto:asti-arm@umail.uz)).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil 20.08 kuni tarqatildi.  
(2025 yil 20.08 dagi № 2 -raqamli reestr bayonnomasi).



**U.M. Turdaliyev**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash raisi,  
texnika fanlari doktori, professor

**Sh.X.Yo'ldashev**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

**K.K.Yuldashev**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi  
ilmiy seminar raisi,  
texnika fanlari doktori

## **KIRISH (FALSAFA DOKTORI (PHD) DISSERTATSIYASI ANNOTATSIYASI).**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahon tajribasida mashinasozlik va avtomobilsozlik mahsulotlarining sifatini va chidamliligini oshirish uchun ularni ishlab chiqarish jarayonida qismlarini tayyorlashda energiya-resurstejamkor texnologiya va texnika vositalarini qo'llashga jiddiy e'tibor berilmoqda. Butunjahon qishloq xo'jaligi mashinalari sanoati ishlab chiqarish ma'lumotlar bazasi ma'lumotlariga ko'ra, dunyo bo'ylab taxminan 3,05 million dona qishloq xo'jaligi texnikasi ishlab chiqarilgan., ularning taxminan 41,4% traktor va paxta terish mashinalaridir, ishlab chiqarilgan traktor va paxta terish mashinalarni butlovchi qismlarini ishlab chiqarishda samarador usul va texnologiyalarni amaliyotga joriy etishni taqozo etadi<sup>1</sup>. Shu jihatdan traktor va paxta terish mashinalari ichki yonuv dvigatellari bilan jihozlangan avtotraktor vositalarini texnik holatini yaxshilash hamda xizmat muddatini oshirish uchun ish sifatini yuqori hamda energiya-resurstejamkor texnika vositalari va qurilmalaridan foydalanishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda traktor va paxta terish mashinalari ishlab chiqarish sanoati sohasida qo'llaniladigan dvigatel sovutish tizimlarining xizmat muddatini oshirish ustida keng ko'lamli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda, dvigatel sovutish tizimlari qismlarini ishlab chiqarishda resurstejamkor texnologiyalarni qo'llash va ularning ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish, ichki yonuv dvigatellarining sovutish tizimidagi issiqlik almashinuv jarayonlarini modellashtirish tadqiqotlardan biri hisoblanadi. Bunda dvigatel sovutish tizimiga ta'sir qiluvchi tashqi omillar ta'sirini aniqlash usuli va ularning sovutish tizimi parametrlariga ta'sir darajasini miqdoriy baholash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

Respublikamiz agrosanoatida mehnat sarfini kamaytirish, mashinalar ish sifatini oshirish, ilg'or texnologiyalar, resurslarni tejash va usullar asosida texnikalarning talab darajadagi ish sifatini ta'minlash yo'llarini ishlab chiqish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2020-2026 yillarda respublika hududlarida paxta hosili terimini mexanizatsiyalash darajasini oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi jumladan "..., paxta hosilini mexanizatsiya yordamida yig'ishtirib olishni ta'minlash o'z ichiga paxta dalasining agrofonini mexanizatsiyalashgan terimga tayyorlash bilan bog'liq bir nechta murakkab masalalarni, jumladan, zamonaviy va yuqori samarali paxta terish mashinalarini ishlab chiqarish..."<sup>2</sup> vazifalari belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda PTM sovutish tizimi parametrlarini oldindan va sinash davomida baholash usullarini takomillashtirish, ish ko'rsatkichlarini baholashning kompyuter dasturlarini ishlab chiqish va joriy etish orqali ishlatish samaradorligini oshirish hamda mashinalarni sinashga ketadigan sarf xarajatlarni kamaytirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

---

<sup>1</sup> <https://www.disser.uz>

<sup>2</sup>2020 yil 14 yanvardagi Vazirlar Mahkamasining 21-sonli "Respublika hududlarida paxta hosili terimini mexanizatsiyalash darajasini oshirish chora tadbirlari to'g'risida"gi qarori

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi farmoni, 2021-yil 1-fevraldagi PQ-4969-sonli “Qishloq xo‘jaligi mashinasozligi tarmog‘ida sog‘lom raqobat muhitini yaratishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa meyoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II.“Energetika, energiya va resurs-tejamkorlik” ustuvor yo‘nalishiga mos ravishda bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Traktor va paxta terish mashinalari dvigatellarining sovutish tizimi konstruksiyasini takomillashtirish hamda ish qobiliyatlarini belgilovchi asosiy parametrlarini hisoblash ishlarini qulaylashtirish va aniqligini oshirish borasida xorij va mamlakatimiz olimlar tomonidan qator ishlar olib borilgan.

Jumladan, MDH va xorijiy mamlakatlardan V.Z.Babicheva, A.K.Gavrilova, R.M.Petrichenko, V.V.Burkov, Y.A.Kulikov, G.A.Kurmashev, R.T.Xakimov, O.N.Didmanidze, A.I.Yakubovich, G.M.Kuxarenok, V.Ye.Tarasenko, V.V.Efros, John Walter, P. K. Trivedi, N. B. Vasava, Gogineni Prudhvi, Gada Vinay, G.Suresh Babu, M.A.Fayazbakhsh, G.J.Kim, A.M.Jacobi, Masoumeh Jafari, T.Korpinen, A.V.Nadkar, A.A.Gureyev, M.A.Grigorev, R.Z.Kavtaradze, A.K.Kostin, M.I.Levin, F.L.Livensev, N.M.Lukov, A.V.Nikolenko, R.M.Petrichenko, M.R. Petrichenko hamda mamlakatimiz olimlaridan O.V.Lebedev, Q.A.Sharipov, A.A.Shermuxamedov, T.I.Asqarxodjayevlar tomonidan olib borilgan ishlarni alohida e‘tirof qilish mumkin.

Hozirgi vaqtda tadqiqotlar natijasida traktor va paxta terish mashinalari ishlab chiqarish sanoatida muayyan darajada ijobiy natijalarga erishilgan holda qo‘llanilib kelinayotgan bo‘lsada, ammo traktor va paxta terish mashinalarini ishlab chiqarilgandan keyingi ekspluatatsiya jarayonida yuzaga keladigan nosozliklarni bartaraf qilish, ichki yonuv dvigatellarining sovutish tizimiga salbiy ta‘sir ko‘satuvchi tashqi omillar jarayonini optimallashtirish, sovutish tizimi parametrlariga ta‘sir darajasini miqdoriy baholash bo‘yicha tadqiqotlar yetarlicha o‘tkazilmagan. Shuningdek, bu tadqiqotlarda sovutish tizimlarining ratsional parametrlarini tanlash va tanlangan sxemalarni tahlil qilish, ko‘pincha, grafoanalitik usullar bilan bajarilgan. Sovutish tizimining ratsional parametrlarini EHM dan foydalanib, kompleks hisoblash usuli ishlab chiqilmaganligini ko‘rsatdi.

**Tadqiqodning maqsadi.** Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimini takomillashtirish orqali ish samaradorligini oshirishdan iborat.

#### **Tadqiqotning vazifalari:**

hozirgi kunda ishlab chiqarilayotgan traktor dvigatellarining harorat-dinamik ko‘rsatkichlarini tahlil etish asosida dvigatel sovutish tizimidagi issiqlikni modellashtirish hamda sovutish tizimiga ta‘sir etuvchi omillarni tahlil qilish;

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimi, jumladan qo‘shimcha tozalovchi qurilma tizimi parametrlarini nazariy tadqiq qilish;

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimi, jumladan qo‘shimcha tozalovchi qurilma tizimi parametrlarini eksperimental tadqiq qilish;

nazariy va eksperimental tadqiqot natijalarini solishtirma tahlil qilish;

tadqiqot natijalarini joriy etish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish va ularni joriy etishning iqtisodiy samarasini baholashdan iborat.

**Tadqiqotning predmeti** - paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimida tashqi omillar ta‘sirida issiqlik o‘zgarishi jarayoni tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimi parametrlarini asoslashda nazariy mexanika, gidrodinamika, matematik tahlil va matematik statistika qoidalari, statik va dinamik parametrlarini sonli hisoblash usullari, eksperimentlarni rejalashtirish va natijalarni qayta ishlashning matematik usullari, ekspluatatsion xususiyatlarni aniqlashning me‘yoriy hujjatlaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellari sovutish tizimiga ta‘sir etuvchi omillarga bog‘liq ravishda o‘zgarish bog‘lanishlari asosida sovutish tizimi uchun takomillashtirilgan sxema va uning tajriba namuna konstruksiyasi joriy qilingan hamda paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktorning ekspluatatsiya jarayonidagi samaradorligi ta‘minlangan.

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatelinining sovutish tizimini kompleks hisoblash uslubi orqali atrof-muhit harorati va ifloslanishi, dvigatelning ish rejimi, uning butun massasi haroratining o‘zgarishi, radiatorning old yuzasidagi panjaralarning havo o‘tkazuvchanligi pasayishi kabi omillar ta‘sirida sovutish tizimining ish jarayonida haroratning o‘zgarishi dinamikasi aniqlangan;

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimiga ta‘sir etuvchi omillar (atrof-muhit harorati va ifloslanishi, dvigatelning ish rejimi, uning butun massasi haroratining o‘zgarishi, radiatorning old yuzasidagi panjaralarning havo o‘tkazuvchanligi pasayishi)ga bog‘liq ravishda sovutish tizimiga o‘rnatilgan qo‘shimcha tozalovchi qurilmaning sxemasi va elementlarini hisoblash uslubi ishlab chiqilgan;

sovutish tizimiga o‘rnatilgan qo‘shimcha tozalovchi qurilma tizimining parametr (ressiver, forsunka, truboprovod, kollektor)larini hisoblash uslubi ishlab chiqilgan va asoslangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktorlarning ekspluatatsiya jarayonida samaradorligini pasaytirishiga sabab bo‘ladigan atrof-muhit harorati va ifloslanishi, dvigatelning ish rejimi (ya‘ni silindr devorlaridan sovutish suyuqligiga yetkazib beriladigan issiqlikning o‘zgarishi), dvigatelning butun massasi

haroratining o'zgarishi, radiatorga kirishidagi havo haroratining o'zgarishi, radiatorning old yuzasini to'r yoki to'rlar bilan qoplash, atrof panjaralari havo massasini o'tish qismlarini yopishi, havo yo'li orqali havo oqimining pasayishi va radiatorga kirish joyida havo haroratining oshishi kabi omillarning tavsiflarini aniqlash imkoniyati yaratilgan;

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatelining sovutish tizimini kompleks hisoblash uslubi turli omillar ta'sirida sovutish tizimining ish jarayonida haroratning o'zgarishi dinamikasini aniqlash imkoniyati yaratilgan;

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatelining sovutish tizimiga qo'shimcha tozalovchi qurilmani o'rnatish orqali uning samaradorligini oshirish imkoniyati yaratilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** izlanishlarning zamonaviy uslub va o'lchash vositalaridan foydalangan holda o'tkazilganligi, paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimining konstruktiv, statik, kinematik parametrlari va ish rejimlarini nazariy jihatdan asoslash nazariy mexanika, gidravlika va matematik modellashtirish qoidalari asosida amalga oshirilganligi, tajribalar natijalariga matematik statistika uslublari bilan ishlov berilganligi, paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimi dinamik hisoblash uchun ishlab chiqilgan EHM dasturini amaliyotga joriy etilganligi, nazariy va eksperimental tadqiqotlarning o'zaro mosligi, dala sinovlari o'tkazilib, amaliyotga joriy qilinganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarning ilmiy ahamiyati paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatelining sovutish tizimlari parametrlarini aniqlash imkonini beradigan matematik modellar, analitik bog'lanishlar va hisobiy usullardan barcha turdagi dvigatellarning sovutish tizimi parametrlarini asoslashda qo'llanilishi mumkinligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarning amaliy ahamiyati ishlab chiqilgan paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimi tajriba-sinov nusxalarini ishlab chiqishda loyihalash sifati va samaradorligini oshirish, tajriba-konstruktorlik va zavod sinovlarini o'tkazish xarajatlarini qisqartirish, ekspluatatsiya sharoitida yonilg'i-moylash materiallari sarfini kamaytirish va ish unumdorligini oshirishga olib keladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimini takomillashtirish bo'yicha olingan natijalar asosida:

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimiga o'rnatilgan qo'shimcha tozalovchi qurilmaning sxemasi, elementlarini hisoblash uslubi va parametrlari asosida ishlab chiqilgan tajriba namunasi Namangan viloyati Pop tumanining "Chig'anoq sohili" va "Pop-Olmos gavhari" fermer xo'jaliklarida xo'jalik sinovlaridan o'tkazilgan (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligining Qishloq xo'jaligida bilim va innovatsiyalar milliy markazining 2024 yil 29 maydagi 05/04-04-238-son ma'lumotnomasi, dalolatnomalar, Pop tuman qishloq xo'jaligi bo'limining 52-son ma'lumotnomasi);

Natijada paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktorning ish unumdoligini 25%ga oshirishga erishilgan;

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimini kompleks hisoblash uslubi orqali turli omillar ya'ni atrof-muhit harorati va ifloslanishi, dvigatelning ish rejimi, uning butun massasi haroratining o'zgarishi, radiatorning old yuzasidagi panjaralarning havo o'tkazuvchanligi pasayishi ta'sirida dvigatel sovutish tizimining ish jarayonida haroratning o'zgarish dinamikasi joriy qilingan. (O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligining Qishloq xo'jaligida bilim va innovatsiyalar milliy markazining 2024 yil 29 maydagi 05/04-04-238-son ma'lumotnomasi, Farg'ona viloyati Marg'ilon shahridagi "Marg'ilon mexanika zavodi" MCHJ ning 2022 yil 9 fevraldagi 21-son ma'lumotnomasi). Natijada, sovutish tizimi uchun qurilmaning tajriba nusxalarini ishlab chiqish imkoniyati yaratilgan.

paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatelinining sovutish tizimini kompleks hisoblash uslubi asosida sovutish tizimidagi parametrlarni ratsional tanlash hisobiga issiqlik taqsimlanishi va tarqalishi jarayonlarini aniqlashtirish imkoniyati yaratilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari, jumladan 3 ta xalqaro va 7 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 16 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 7 ta maqola, jumladan, 5 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 101 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish** qismida o‘tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqot maqsadi va vazifalari, obykti va predmeti aniqlangan, respublika fan va texnologiyalari taraqqiyotining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon etilgan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining ishonchliligi va amaliyotga joriy etilganligi, ilmiy ishning aprobatsiya natijalari, e‘lon qilingan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Mavzu bo‘yicha ilmiy texnik adabiyotlarning tahlili, muammoni shakllantirish, tadqiqot ishining maqsadi va vazifalari”** deb nomlangan birinchi bobida hozirgi vaqtda yurtimiz va jahon mamlakatlarida ishlab chiqarilayotgan paxta terish mashinalari, paxta terish mashinalar bilan agregatlangan traktorlar va ular dvigatellarining sovutish tizimi ish jarayoniga oid ilmiy-tadqiqot ishlari tahlil qilingan va zarurati ko‘satib berilgan hamda tadqiqotning maqsad va vazifalari shakllantirilgan.

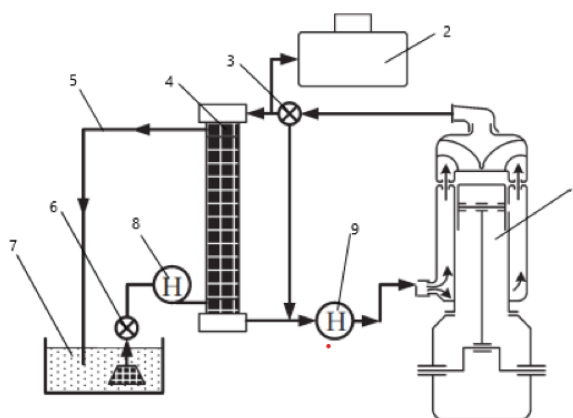
Traktor dvigatellarining sovutish tizimi hamda uning elementlarini mustahkamlik, ishonchlilik va ekspluatatsion xususiyatlari, konstruksiyasini takomillashtirish hamda harorat-dinamik ko‘rsatkichlarini yaxshilash borasida mamlakatimiz va xorijiy olimlari tomonidan qator ishlar olib borilgan va hozirda ham bu ishlar davom etmoqda.

Jumladan, mamlakatimiz olimlaridan O.V.Lebedev, M.Sh.Alimov, A.A.Shermuxamedov, T.I.Asqarxodjayevlar MDH va xorijiy mamlakatlardan A.K. Gavrilova, R.M.Petrichenko, V.V.Burkov, Y.A.Kurmashev, R.T.Xakimov, O.N.Didmanidze, A.I.Yakubovich, G.M.Kuxarenok, V.Y.Tarasko, A.N.Ostrovsev, L.A.Chernyayev, T.B.Stankevich, T.A.Gavrilov, B.A.Grigoryev, V.P.Gribanov, J.Y.Chang, H.L.Kevin, M.L.Nasrabadi, D.P.Finn, A.A.Gureyev, M.A.Grigorev, J.P.Yadav, R.S.Bharat, N.M.Lukov, A.V.Nikolenko, R.M.Petrichenko, N.A.Bolshakov va boshqalar tomonidan mavzuga oid tadqiqotlar olib borilgan.

DSTning ratsional parametrlarini tanlashda va ishlab chiqilgan kinematik sxemalarni tahlil qilishda mavjud hisob usullarining tahlili ularning aksariyati analitik usullarda bajarilganligini ko‘rsatadi. DSTning alohida qismlari uchun matematik modellar tuzilgan va analitik usullarda yechilgan, lekin DSTning ratsional parametrlarini ish jarayonini hisobga olgan holda EHM dan foydalanib, kompleks hisoblash usuli ishlab chiqilmagan.

Markaziy Osiyo mintaqasida ishlash paytida suyuqlik radiatorlari va ularning elementlarining holatini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, yuqori harorat va changli havodagi avtotraktorlar juda past resursga, ishonchlilikka va yomon ishlash xususiyatlariga ega. Yuqori harorat va changli havo sharoitida transport vositalari sovutish tizimlarining ishlash muddati 2 baravarga qisqartirilishi, energiya ko‘rsatkichlari 22-25 foizga yomonlashishi aniqlangan.

Dvigatel sovutish tizimining umumiy sxemasi 1-rasmda ko‘rsatilgan.



1-rasm. Dvigatel sovutish tizimining umumiy sxemasi.

1-rasmida dvigatellar sovutish tizimi suyuqlikni ratsional haroratni saqlash imkonini beruchi bir nechta elementlardan tashkil topgan. Dvigatel 1 ishga tushishi bilan ishqalanuvchi detallar dvigatel devorlariga issiqlikni uzata boshlaydi. Dastavval dvigatelning devorlari orqali suyuqlik harakatlanib dvigatelni qisqa muddut ichida ratsional haroratgacha qizib olishiga termostat 3 orqali nazorat qilinadi. Ma’lum bir haroratga yetganda ( $80^{\circ}\text{C}$ ) termostat ochila boshlaydi. Termostat suyuqlikni radiator 4 ga yo’naltiradi. Radiatordan o’tgan suyuqlik trubkalar 5 orqali idish 7 ga yo’naltiriladi va ventil 7 ochilganda nasoslar 8 va 9 ishga tushib dvigatelga qaytadan yo’naltiriladi. Nasos dvigatel tirsakli valiga bog’langan bo’lib, dvigatel tirsakli vali tez aylansa radiator suyuqligi ham shuncha tez harakatlanadi.

Ichki yonuv dvigatelini sovutish tizimi - bu har xil ish rejimlari va sharoitlarida dvigatelning optimal haroratini o’rnatish uchun isitiladigan, dvigatel qismlaridan atmosferaga issiqlikni olib tashlashni ta’minlaydigan qurilmalar to’plamidir.

Ishchi aralashmaning yonishi paytida silindrdagi harorat  $2000^{\circ}\text{C}$  yoki undan yuqori darajaga yetadi. Sovutish tizimi dvigatelning optimal issiqlik holatini  $80-90^{\circ}\text{C}$  oralig’ida saqlash uchun mo’ljallangan.

Dvigatelning tejamkorligi va ishonchligi ko’p jihatdan sovutish tizimining normal ishlashiga bog’liq.

Dvigatel haddan tashqari qizib ketganda, uning quvvati pasayadi, yoqilg’i sarfi ortadi, moylash materiallari yonib ketadi, bu qismlarning ishqalanish yuzalarining ortishi, quvur qobiqlarining yorilishi, erishiga, quvur oralig’ining sirtini yo’q qilishga, qoldiq nuqsonlar tiqilib qolishiga va boshqa muammolarga olib keladi.

Dissertatsiyaning “**Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimi, jumladan tozalovchi qurilma parametrlarini nazariy tadqiqoti**” deb nomlangan ikkinchi bobida dvigatellar sovutish tizimidagi issiqlik almashinish jarayonini matematik modeli ishlab chiqilgan.

Harorat termodinamikaning eng chuqur tushunchalaridan biri bo’lganligi sababli, sovutish tizimida sodir bo’ladigan issiqlik jarayoni quyidagi tenglama bilan tavsiflanishi mumkin

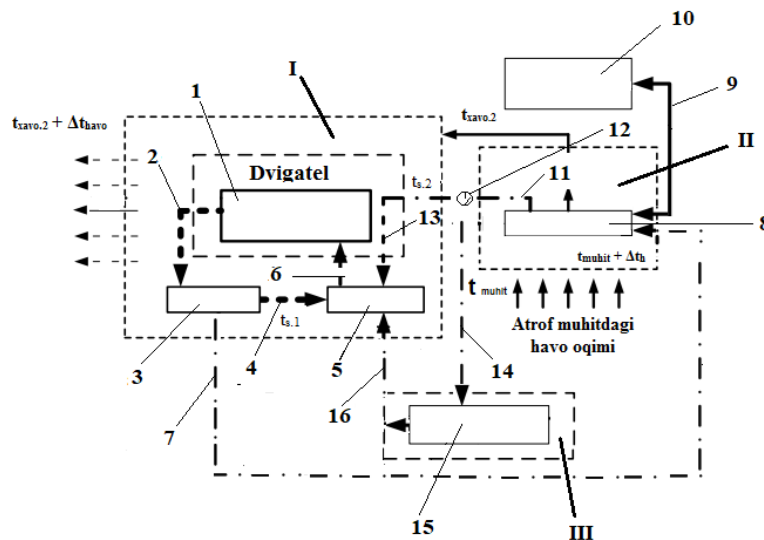
$$m \times di = dq_B + dq_{atrof - muhit} - dq_{rad} \quad (1)$$

bu yerda  $di$  - tizim entalpiyasining o'zgarishi,  $i$  - entalpiya,  $m$  - tizim massasi,  $dq_B$  - tizimdagi ichki issiqlikni tarqalishi,  $dq_{atrof-muhit}$  - tizimning atrof-muhitga uzatiladigan issiqligi,  $dq_{rad}$  - suyuqlik radiatorida issiqlikni tarqalishi.

Yuqoridagi tenglamani har bir hadini  $C_p = const$  va  $di = C_p dT$  holat uchun quyidagicha yozamiz:

$$\begin{cases} m \times di = m_s \times c_s \times dT_s + m_a \times c_a \times dT_a \\ dq_B = Q_B \times dt \\ dq_{atrof-muhit} = k \times F \times (T_{atrof-muhit} - T_s) \times dt \\ dq_{rad} = Q_{rad} \times dt \end{cases} \quad (2)$$

bu yerda  $m_s, m_a$  - suyuqlik va agregat massalari;  $c_s, c_a$  - suyuqlik va agregatlarning issiqlik sig'imi;  $dT_s, dT_a$  - suyuqlik va agregatlarning haroratini joriy qiymatlari;  $T_s, T_{atrof-muhit}$  - suyuqlik va atrof-muhit haroratining joriy qiymatlari;  $F$  - tizimning tashqi issiqlik uzatilishining yuza maydoni;  $k$  - atrof-muhitga o'rtacha hisoblangan issiqlik uzatish koeffitsiyenti;  $Q_B$  - tizimdagi issiqlik manbai quvvatining joriy qiymati;  $Q_{rad}$  - suyuqlik radiatorida issiqlik tarqalishi quvvatining joriy qiymati.



2-rasm. Sovutish tizimining issiqlik balansi sxemasi

Sovutish tizimini shartli ravishda uch bo'limga ajratishimiz mumkin, 1-bo'lim sovutish devorlari 1, ichki trubkalar 2,4,6, termostat 3 va suv nasosi 5 dan iborat. 2-bo'lim shlanglar 7,9,11,13, radiator 8, kengayish baki 10 va oqim almashtirgich 12 dan iborat. 3-bo'lim esa shlanglar 14,16 va kabina radiatori 15 dan iborat.

Yuqoridagi keltirilgan uchta bo'lim uchun quyidagi tenglamalar tizimini yozamiz:

$$\begin{cases} i_1 \frac{dT_1}{dt} + (kF_I + \theta_2)T_1 + \theta_2 T_2 + \theta_3 T_3 = Q_{B1} \\ i_2 \frac{dT_2}{dt} + \theta_2 T_1 + (kF_{II} + \theta_2)T_2 + \theta_3 T_3 = Q_{B2} \\ i_3 \frac{dT_3}{dt} + (kF_{III} + \theta_3)T_3 + \theta_3 T_2 = Q_{B3} \end{cases} \quad (3)$$

$F_I$ ,  $F_{II}$ ,  $F_{III}$  - 1, 2 va 3-bo'limlarning tashqi issiqlik uzatish yuzalarini maydonlari quyidagi ifodalar bilan belgilanadi:

$$F_I = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6,$$

$$F_{II} = F_7 + F_8 + F_9 + F_{10} + F_{11} + F_{12} + F_{13},$$

$$F_{III} = F_{14} + F_{15} + F_{16},$$

bu yerda  $F_1 \dots F_{16}$  1-16 joylashuvlari alohida elementlarning tashqi issiqlik uzatish yuzalarining maydoni;  $T_1$ ,  $T_2$  va  $T_3$  - quyidagi ifodalar bilan belgilanadigan bo'limlarning orttirma harorati:

$$T_1 = \tilde{T}_1 - T_{atrof - muhit}, T_2 = \tilde{T}_2 - T_{atrof - muhit}, T_3 = \tilde{T}_3 - T_{atrof - muhit},$$

$i_1$ ,  $i_2$  va  $i_3$  - bo'limlarning issiqlik tarkibi; u quyidagi ifodalar orqali aniqlanadi:

$$i_1 = \sum_{j=1}^P c_j m_j, i_2 = \sum_{g=1}^n c_g m_g \quad \text{va} \quad i_3 = \sum_{y=1}^k c_y m_y$$

bu yerda  $c_j$ ,  $c_g$ ,  $c_y$  - materiallarning massaviy issiqlik sig'imi;  $m_j$ ,  $m_g$ ,  $m_y$  - materiallarning massasi;  $Q_{B1}$ ,  $Q_{B2}$  va  $Q_{B3}$  - vaqt birligidagi issiqlik hosil qilish davri uchun o'rtacha ko'rsatkichlar, ular quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{B1} = p_1 \frac{Q_1}{\eta_{n.umumf.i.k}} - Q_{B2}, \quad Q_{B2} = p_2 \times Q_2, \quad Q_{B3} = p_3 \times Q_3$$

bu yerda  $p_1$  - nasosning chiqishidagi bosimi;  $Q_1$ ,  $\eta_{n.umumf.i.k}$  - haqiqiy oqim tezligi va nasosning umumiy f.i.k;  $p_2, Q_2$  - ikkinchi bo'limdagi bosim va oqim tezligi;  $p_3, Q_3$  - uchinchi bo'limdagi bosim va oqim tezligi;  $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  - har bir sikl uchun o'rtacha bo'limlar orasidagi o'ziga xos issiqlik oqimlari (harorat darajasiga qarab) ifoda bilan aniqlanadi

$$\theta_1 = Q_1 \rho_{suy} c_{suy}, \quad \theta_2 = Q_2 \rho_{suy} c_{suy}, \quad \theta_3 = Q_3 \rho_{suy} c_{suy}$$

Agar quyidagi belgilanishlar kiritsak:

$$\begin{aligned} a_{11} &= \frac{kF_1 + \theta_2}{i_1}; \quad a_{22} = \frac{kF_2 + \theta_2}{i_2}; \quad a_{13} = \frac{kF_3 + \theta_3}{i_3} \\ a_{12} &= -\frac{\theta_2}{i_2}; \quad a_{21} = -\frac{\theta_2}{i_1}; \quad a_{31} = -\frac{\theta_3}{i_1}; \quad a_{23} = -\frac{\theta_3}{i_2}; \quad a_{33} = -\frac{\theta_3}{i_3} \end{aligned} \quad (4)$$

u holda (2.16) tenglamalar sistemasini quyidagicha yozish mumkin

$$\begin{cases} \frac{dT_1}{dt} + a_{11}T_1 - a_{21}T_2 - a_{31}T_3 = \frac{Q_{B1}}{i_1} \\ \frac{dT_2}{dt} - a_{12}T_1 + a_{22}T_2 - a_{23}T_3 = \frac{Q_{B2}}{i_2} \\ \frac{dT_3}{dt} + a_{13}T_3 - a_{33}T_2 = \frac{Q_{B3}}{i_3} \end{cases} \quad (5)$$

Shunday qilib, (5) tenglamalar tizimi boshlang'ich va chegaraviy shartlar bilan birgalikda dvigatel sovutish tizimining matematik modelini tashkil etadi.

Tegishli qatorga kirishdagi harorat farqi bilan bog'liq bo'lgan issiqlik uzatish koeffitsiyentlari bir-biriga teng bo'lishini hisobga olsak, markaz ichidagi bir qator naychalar uchun  $Nu_{D_{umum}}$  ning o'lchovsiz issiqlik uzatish koeffitsiyentini

aniqlash uchun ifodani taqdim etish mumkin:

$$Nu_{D_{umum}} = \frac{1}{n-1} 0,25Pe_{D_{ekv}} \frac{D_{ekv}}{L'} \left\{ 1 - \left[ 1 - \frac{Nu_{D_{ekv}}}{0,25Pe_{D_{ekv}} \times \frac{D_{ekv}}{L'}} \right]^{n-1} \right\} \quad (6)$$

Radiator trubalarining koridor joylashuvi va radiator yadrosi trubalarining pog'onali joylashuvi bilan  $c > 1, D_{ekv.k} = \frac{4c}{\pi} (1 - \frac{\pi}{4c}) L'$  quvurlarining nisbiy uzunligi qadami bilan,  $\alpha$ -harorat o'tkazuvchanligi koeffitsiyenti, m<sup>2</sup>/s; n-chuqurlikdagi quvur qatorlari soni bilan aniqlanadi.

Radiatorning issiqlik o'tkazuvchanligini o'lchovsiz issiqlik uzatish koeffitsiyenti  $Nu_{D_{umum}}$  yordamida aniqlash uchun hisob-kitoblarni amalga oshirayotganda, V. Nusselt tomonidan taklif qilingan ifoda to'g'ri keladi:

$$Nu_{D_{umum}} = \frac{\alpha_{umum} \times D_{ekv}}{\lambda}, \quad \alpha_{umum} = \frac{Nu_{D_{umum}} \times \lambda}{D_{ekv}}$$

bu yerda  $\lambda$  - issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, Wt/m<sup>2</sup>°C.

Radiator yadrosining chuqurlikdagi barcha quvurlar qatorlari uchun  $Nu_{D_{umum}}$  koeffitsiyentining ifodasi quyidagi bog'liqlik bilan ifodalanadi.

$$Nu_{D_{umum}} = \frac{1}{n} 0,25Pe_{D_{ekv}} \frac{D_{ekv}}{L'} \left\{ 1 - \left[ 1 - \frac{Nu_{D_{ekv}}}{0,25Pe_{D_{ekv}} \times \frac{D_{ekv}}{L'}} \right]^n \right\}, \quad (7)$$

bu ifodada  $Nu_{D_{ekv}}$  radiator yadrosi quvurlarining har qanday ichki qatori uchun o'lchovsiz issiqlik uzatish koeffitsiyenti bo'lib, u  $\frac{D_{ekv}}{L}$  nisbati asosida aniqlanadi.

O'lchovsiz issiqlik uzatish koeffitsiyenti  $Nu_{D_{umum}}$  ni, keyin esa  $\alpha_{umum}$  issiqlik uzatish koeffitsiyentini aniqlash radiator sirtining issiqlik o'tkazuvchanligini hisoblash imkonini beradi, buning uchun quyidagi formuladan foydalanamiz.

$$Q_r = \alpha_{umum} \times F_r (t_F - t_{W_{o'rt}}), \quad (8)$$

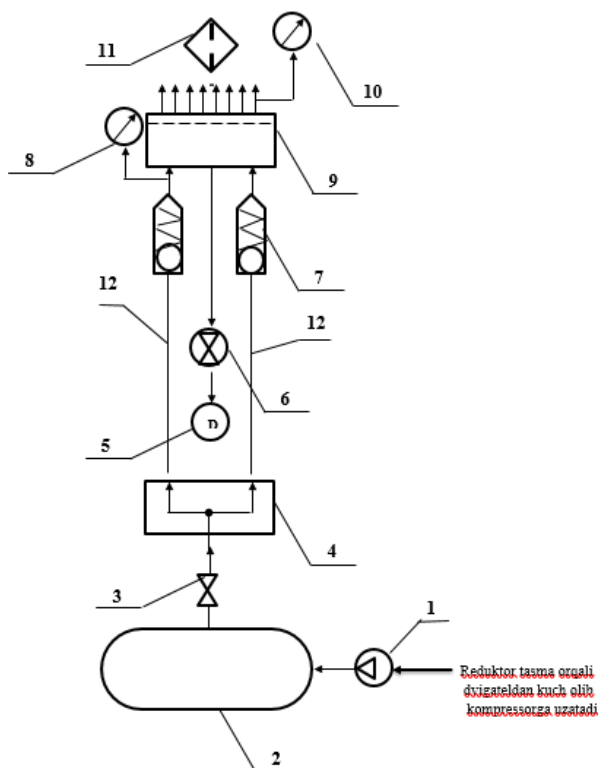
bu yerda  $F_r$  - radiator sovutish yuzasi,  $m^2$ ;  $t_{W_{o'rt}}$  - radiatorning markazi orqali aylanib yuradigan havoning o'rtacha harorati,  $^{\circ}C$ .

Bundan radiatorning kerakli sovutish yuzasi:

$$F_r = \frac{\Delta Q_r}{\alpha_{umum} \times (t_F - t_{W_{o'rt}})} \quad (9)$$

Qo'shimcha tozalovchi qurilma dvigatelning sovutish tizimida muhitni (suv, antifriz, yoki maxsus sovutuvchi suyuqliklar) toza va har doim belgilangan standartlarga muvofiq saqlash maqsadida o'rnatiladi.

Dvigatel sovutish tizimiga o'rnatilgan qo'shimcha tozalovchi qurilmaning prinsipial sxemasi 3-rasmda keltirilgan.



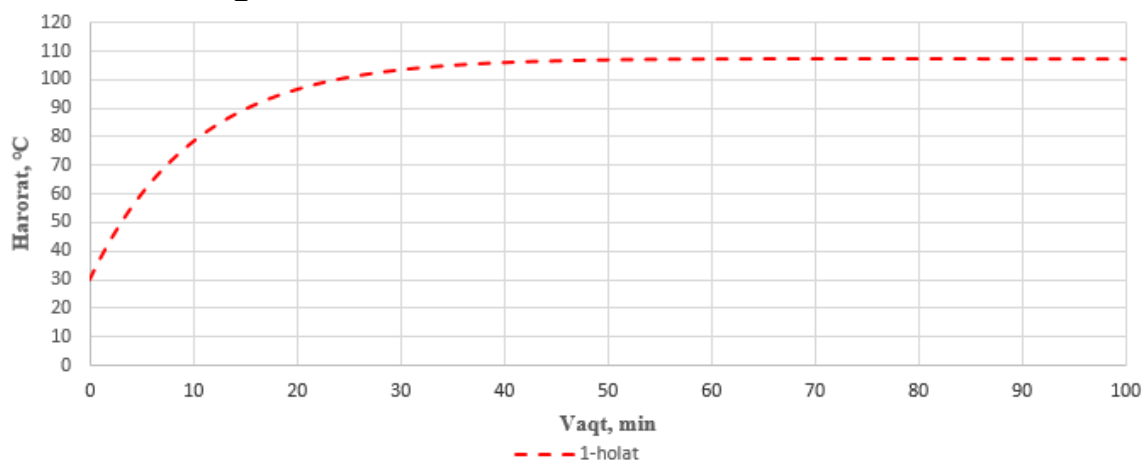
3-rasm. Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan dvigatellarining sovutish tizimiga o'rnatilgan qo'shimcha qurilmaning prinsipial sxemasi.

1- kompressor; 2- resiver; 3- ventil; 4- kollektor; 5- dvigatel; 6- ventilyator; 7- forsunka; 8,10- datchiklar; 9-radiator; 11- setka, 12-truboprovodlar

Qurilmadagi kompressor 1 ga kuch dvigatel tirsakli validan tasma orqali uzatiladi (3-rasmga qarang). Kompressor resiver 2 ga ulanadi. Resiverdagi havo bosimini truboprovodlarga o'tkazishni OCHISH yoki BERKITISH ventil 3 orqali amalga oshiriladi. Resiverdan kelayotgan havo massasini taqsimlash uchun kollektor 4 dan foydalaniladi. Kollektor havo massasini truboprovodlar 12 orqali havo purkash elementlari (forsunkalar) 7 ga yetkazib beradi. Forsunkalar bosim ostida havo oqimi orqali radiator 9 va setka 11 yuzalarini to'sib qolgan chang va mayda zarralardan tozalaydi.

Sovutish tizimining ishlash sharti quyidagi jarayonlarda o'z ichiga oladi. Sovutish tizimi atmosfera haroratidan to maksimal haroratga chiqqunicha bo'lgan oraliqdagi jarayonlar sodir bo'lish sxemasini 3 xil muhitda ko'rishimiz mumkin.

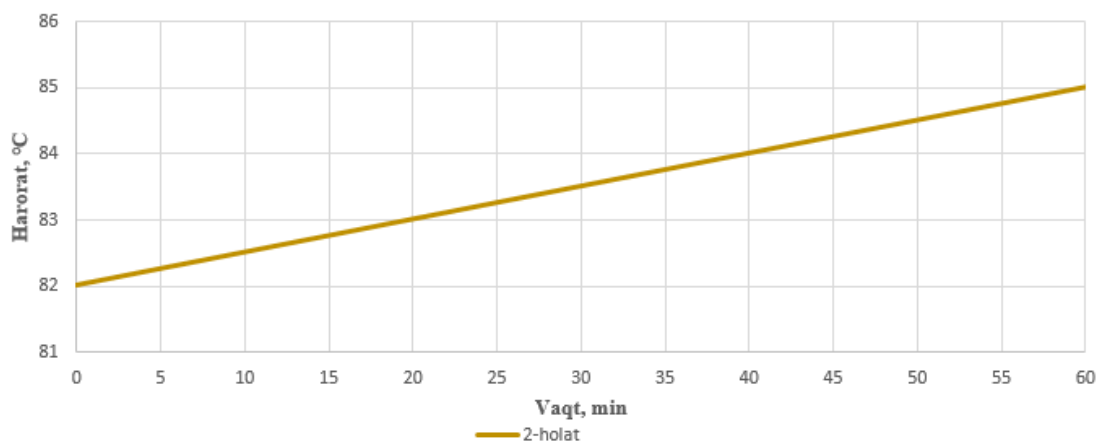
1-holat. Dastlabki bosqichda dvigatel yurgizilganda sovutish tizimi harorati atmosfera harorati bilan bir xil 30°C deb olinib, bu tizimda suyuqlik ichki aylanish doirasi bo'ylab aylana boshlaydi. Bu holatda radiatorga o'tish yo'li berk deb shart kiritiladi va quyidagi 3-rasm ko'rinishiga keladi. Suyuqlik harakati 11 minut ichida 112°C gacha keskin oshadi. So'ngra moneton o'sish shaklida 60 minutda - 125°C, 120 minutda - 140°C gacha oshadi.



3-rasm. Radiatorga o'tish yo'li berk holatdagi grafik ko'rinishi

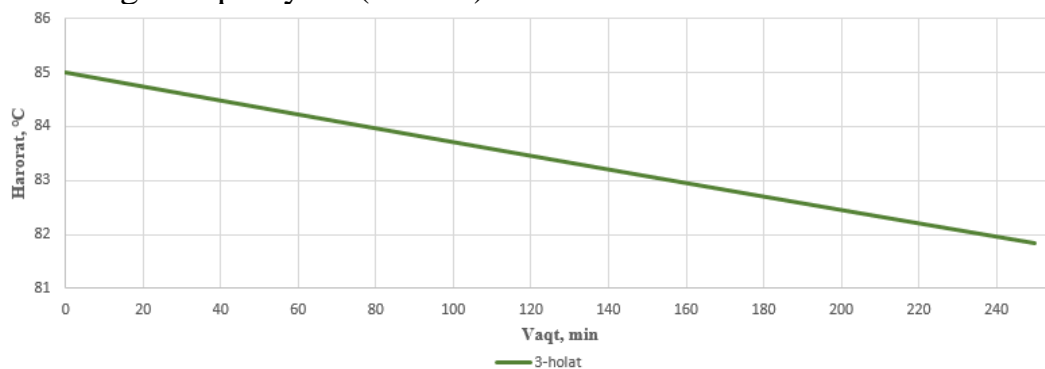
Qisqa vaqt oralig'ida sovutish suyuqligi haroratining ko'tarilishi bu dvigatelga salbiy ta'sir ko'rsatibgina qolmay butun sovutish tizimini ishdan chiqishiga olib keladi.

2-holat. Dvigatel ma'lum vaqt oralig'ida ishlashi mobaynida suyuqlikning radiator tomon oqib o'tishini nazorati termostat orqali amalga oshiriladi. Ichki aylanish doirasida harakatlangan suyuqlikning harorati ko'tarilishi natijasida harorat 80°C ga yetganda termostat ochiladi va suyuqlik radiator tomon harakatlana boshlaydi. Radiatorga kirishdagi suyuqlik harorati ratsional haroratdan yuqori bo'ladi. Bu jarayon 4-rasmda keltirilgan.



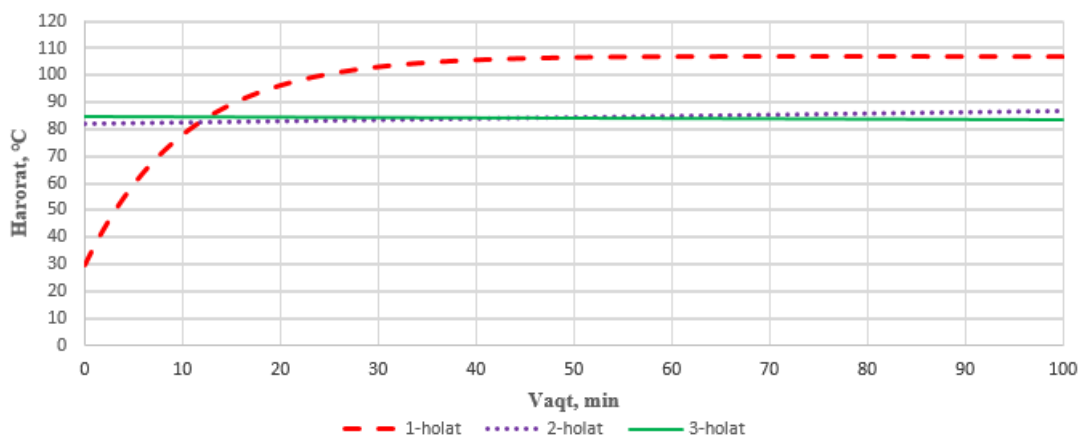
4-rasm. Radiatorga kirish nuqtasidagi suyuqlik haroratining grafik ko‘rinishi

3-holat. Radiatorning mayin naychalari orqali oqib o‘tgan suyuqlik harorati asta sekinlik bilan pasayib boradi. Natijada radiator dan keyingi suyuqlik harorati ratsional haroratgacha pasayadi (5-rasm)



5-rasm. Radiator dan chiqish nuqtasidagi suyuqlik haroratining grafik ko‘rinish

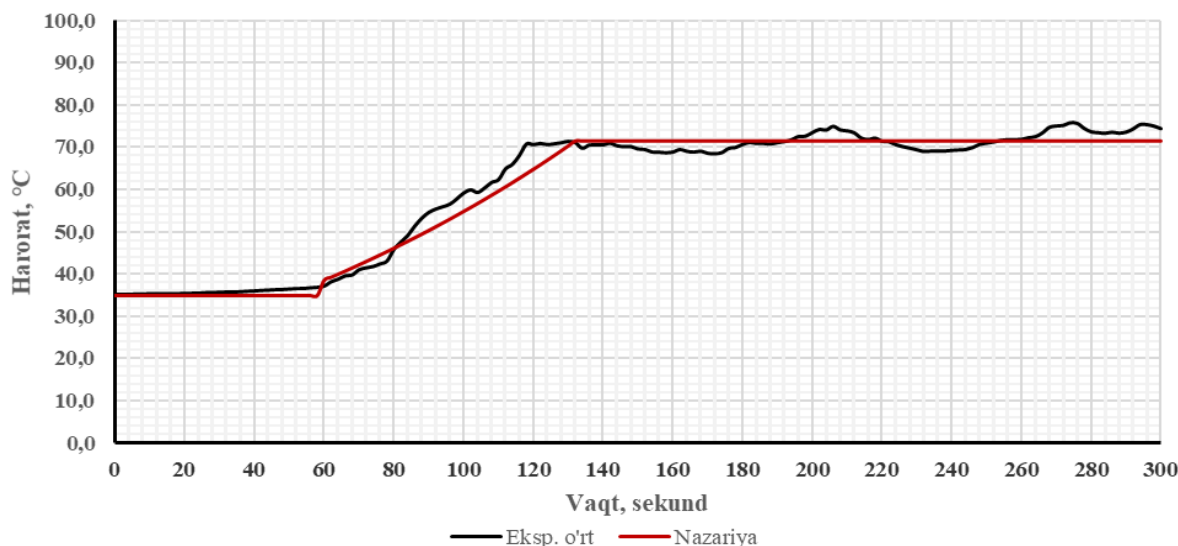
Bu holatlarni nazorat qilish uchun chegaralar kiritib olishimiz zarur. 1-holat uchun shart  $T_1 > 85^{\circ}\text{C}$  dan yuqori harorat hisoblanib, bu jarayonda radiator old setkasi maydoni mayda changlardan tozalanmagan holat uchun olinadi. Bu to‘siq radiator devorlaridagi issiqlikni zarur tarzda atmosferaga olib chiqolmaydi. Shuningdek, dvigatel devorlaridagi issiqlik zarur haroratgacha sovutilmasligi tizimda muammolarni keltirib chiqarishga sabab bo‘ladi. Bu muammoni bartaraf qilish uchun setka yuzasini tozalovchi qo‘shimcha qurilmadan foydalanishimiz kerak. Qurilma havo bosimini 5 MPa gacha hosil qila oladi va radiator setkasining yuza maydonini changlardan tozalaydi va radiator ishlashi orqali suyuqlikni  $80^{\circ}\text{C}$  haroratgacha sovutib berishni ta‘minlaydi. Bu jarayon avtomatik tarzda dvigateldagi haroratni nazorat qiluvchi datchiklar orqali amalga oshiradi. Agar dvigatel qizib ketishni boshlasa havo bosimi bilan qo‘shimcha tozalash qurilmasi ishga tushib radiator setka maydonini tozalalaydi, bu jarayon 2-3 sekund vaqt oralig‘ida sodir bo‘ladi.



6- rasm. Dvigatel sovutish tizimidagi barcha holatlar uchun umumiy grafik ko‘rinishi

Nazariy tadqiqotlar natijalarini tahlili 3 holat uchun ko‘rib chiqilib, 1-holatda suyuqlik harakati 11 minut ichida  $112^{\circ}\text{C}$  gacha keskin oshib, so‘ngra monoton o‘shish shaklida 60 minutda -  $125^{\circ}\text{C}$  ni, 120 minutda -  $140^{\circ}\text{C}$  gacha oshishi kuzatildi. 2-holatda ichki aylanish doirasida harakatlangan suyuqlikning harorati ko‘tarilishi natijasida harorat  $80^{\circ}\text{C}$  ga yetganda termostat ochilib, suyuqlik radiatorga tomon harakatlana boshlaydi va radiatorga kirishdagi suyuqlik harorati ratsional harorat ( $83^{\circ}\text{C}$ ) dan yuqori bo‘ladi. 3-holatda radiatorning mayin naychalari orqali oqib o‘tgan suyuqlik harorati asta sekinlik  $80^{\circ}\text{C}$  gacha pasayaib borishi aniqlandi.

Olingan nazariy natijalarni eksperimental natijalarga mosligini tekshirish maqsadida solishtirma tahlil amalga oshirilgan. 7-rasmda radiatoridagi harorat o‘zgarishining nazariy va eksperimental natijalari keltirilgan.



7-rasm. Radiatoridagi harorat o‘zgarishining nazariy va eksperimental (o‘rtacha arifmetik qiymatlari) natijalari.

1– eksperimental; 2 – nazariy;

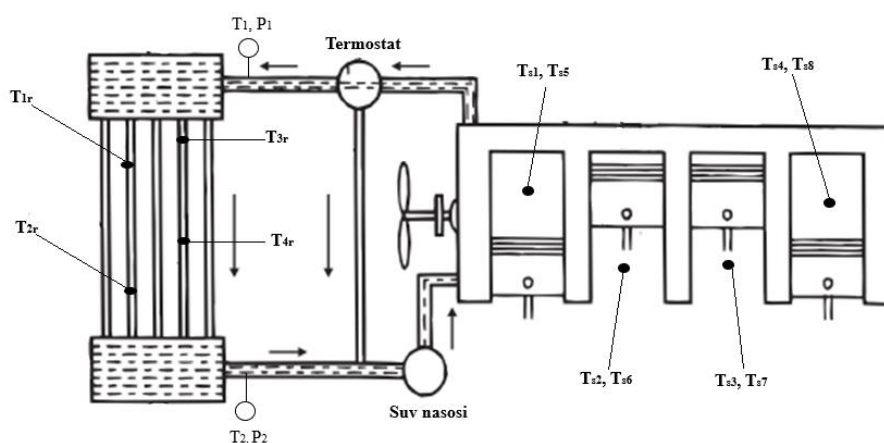
Nazariy va eksperimental natijalarning solishtirma tahlili o‘rtacha og‘ish 3,3%, maksimal og‘ish 9,9%, o‘rta kvadratik og‘ish 2,44 bo‘lishini ko‘rsatdi.

Shunday qilib, solishtirma tahlil nazariy natijalarning eksperiment natijalariga mos kelishi va ulardan sovitish tizimidagi harorat o‘zgarishi jarayonlarini tadqiq qilishda foydalanish mumkin.

Dissertatsiyaning **“Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovitish tizimi, jumladan tozalovchi qurilma parametrlarini eksperimental tadqiqoti”** deb nomlangan uchinchi bobida eksperimental tadqiqotlar dasturi, uslubi va eksperimental natijalarni qayta ishlash va tahlil natijalari keltirilgan.

Eksperimental tadqiqotlar jarayonida paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatelinig harorati, radiator yuzasida to‘planib qolgan chang va mayda zarralar, dvigatel va radiatoridagi haroratlar, dvigatel sovitish tizimiga o‘rnatilgan qo‘shimcha tozalovchi qurilma tizimining ishlashi aniqlangan.

Ushbu sinov dasturida dvigatel sovitish tizimida datchiklarni joylashish sxemasi 8-rasmda keltirilgan.

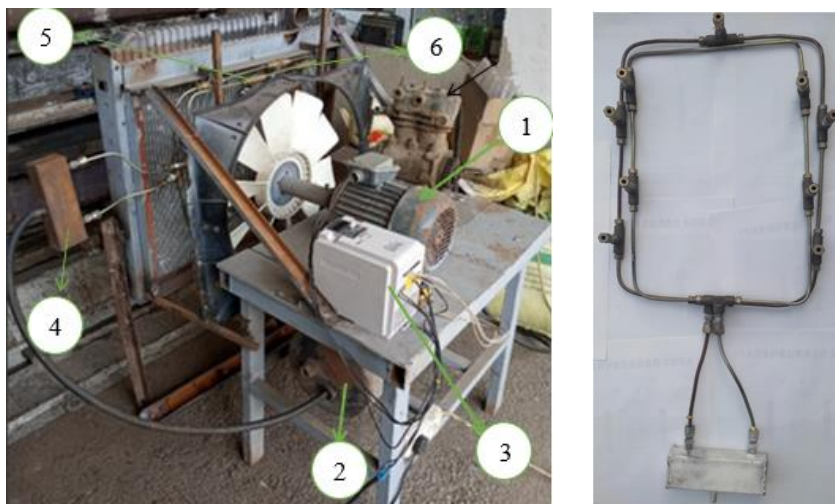


8-rasm. Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining silindrlar blokiga va uni sovitish tizimiga harorat va bosim datchiklarini o‘rnatish sxemasi.

$T_1$ ,  $T_2$  – radiatorga kirish va radiatoridan chiqish shlanglaridagi harorat;  $P_1$ ,  $P_2$  – radiatorga kirish va radiatoridan chiqish shlanglaridagi bosim;  $T_{1r}$ ,  $T_{2r}$ ,  $T_{3r}$ ,  $T_{4r}$  – mos ravishda radiatorning old tomoniga o‘rnatilgan termometr termoparalari joylashgan nuqtalar;  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{s3}$ ,  $T_{s4}$ ,  $T_{s5}$ ,  $T_{s6}$ ,  $T_{s7}$ ,  $T_{s8}$  – mos ravishda dvigatel silindrlar blokiga o‘rnatilgan termometr termoparalari joylashgan nuqtalar.

Qo‘shimcha tozalovchi qurilma tizimiga kuch kompressor 1 uchun reduktorga tirsakli valdan tasma orqali uzatiladi (3-rasmga qarang). Kompressor resiver 2 ga ulanadi. Resiverning hajmi 0,77 litr bo‘lsa yetarli. Kompressor ish qobiliyati esa  $m^3$ /soat tashkil qiladi. Qo‘shimcha tozalovchi qurilma tizimi ikki qismga ajratilgan (9-rasmga qarang). Havo purkash elementi (forsunka)ni setkadan uzoqlashish masofasi konstruktiv xususiyatdan kelib chiqib radiatorga yopishtirilgan holda: 80 mmdan, ventilyatorga yopishtirilgan holda: 100 mmmgacha o‘zgarishi, ventilyatoridagi havo tezligi 7 m/s va radiator qarshiligini yengish talabidan kelib

chiqib, setkani tozalash uchun forsunkadagi bosim 8 bar (800 kPa) bo'lganda har bir forsunkalarga taqsimlangan havo massasi radiator va setka yuzalarini to'sib qolgan chang va mayda zarralardan tozalash uchun 1 ta forsunkani tozalash yuzasi 0,0314 m<sup>2</sup> ligini hisobga olib setka yuzasi 0,273 m<sup>2</sup> yuzani tozalash uchun 9 ta forsunka kerakligini ishlab chiqilgan uslubdan ko'rish mumkin. Bunda ventilyator erkin holatda ( $n_e=1000$  ayl/min) ishlamoqda deb qabul qilinadi. Qo'shimcha tozalovchi qurilma to'liq bir marta ishlash vaqti 2-4 sekundni tashkil qiladi. Va yana qaytadan kompressor resserverga (2 minut) havoni to'ldirishligi aniqlangan.



a

b

9-rasm. Eksperiment tadqiqotlarini o'tkazish uchun ishlab chiqilgan laboratoriya qurilmasi (a) va qo'shimcha tozalovchi qurilma (b)

Laboratoriya qurilmasi (9a-rasmga qarang) tozalovchi qurilma (6) bilan jihozlangan (5) forsunka, (1) elektrodvigatel, (2) resserver, dvigatel tirsakli valni burovchi momentini hosil qiluvchi (3) inventer, havo bosimini taqsimlovchi kollektor (4) dan tashkil topgan (9-rasm)

Dissertatsiyaning “**Tadqiqot natijalarini joriy etish va iqtisodiy samarani hisoblash**” deb nomlangan to'rtinchi bobida tadqiqot natijalarini joriy etish bo'yicha tavsiyalar va natijalarni joriy etishdan olinadigan kutilayotgan iqtisodiy samarani hisoblash keltirilgan.

Tavsiya etilgan parametrlar va olingan natijalardan foydalanish loyihalash-konstruktorlik ishlarida va tajriba hamda sanoat nusxalarini ishlab chiqish samaradorligini 25% ga oshirishga, tajriba-konstruktorlik va zavod sinovlarini o'tkazish harajatlarini 15% ga kamaytirishga erishildi, shu bilan birgalikda ishlab chiqarishda mehnat unumdorligini 20% ga oshirish hisobiga bir yilda kutilayotgan iqtisodiy samara bir paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor (TZST CE-220) uchun 8,6 mln. so'm ni tashkil etishni ko'rsatdi.

## XULOSALAR

1. Mahalliy ishlab chiqarilayotgan paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimlarini tahlili, ularning samaradorligi atrof-muhit harorati va ifloslanishi, dvigatelning ish rejimi (ya'ni silindr devorlaridan sovutish suyuqligiga yetkazib beriladigan issiqlikning o'zgarishi), dvigatelning butun massasi haroratining o'zgarishi, radiatorga kirishidagi havo haroratining o'zgarishi, radiatorning old yuzasini to'r yoki to'rlar bilan qoplash, atrof panjaralari havo massasini o'tish qismlarini yopishi, havo yo'li orqali havo oqimining pasayishi va radiatorga kirish joyida havo haroratining oshishi kabi omillar sababli pasayishi, ishlash muddati 2 barobarga qisqarishi, energiya sarfi 22-25 foizga oshishini ko'rsatdi. Mazkur masalani yechimi sifatida dvigatelning sovutish tizimiga qo'shimcha tozalovchi qurilmani joriy etish tavsiya etildi.

2. Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatellarining sovutish tizimiga ta'sir etuvchi omillarga bog'liq ravishda sovutish tizimiga o'rnatilgan qo'shimcha tozalovchi qurilmaning sxemasi va elementlarini hisoblash uslubi ishlab chiqildi. Ishlab chiqilgan hisoblash uslubidan dvigatelning sovutish tizimiga o'rnatilgan qo'shimcha tozalovchi qurilmaning setka yuzasi 525x520 mm yoki 0,273 m<sup>2</sup> ligi, forsunkadan setkagacha bo'lgan masofa 80 mmdan 100 mmgacha o'zgarishi va qurilmadagi bosimning 8 bar (800 kPa), bitta forsunka qoplaydigan yuzasi 0,0314 m<sup>2</sup> ekanligini hisobga olib, umumiy yuzaga kerakli forsunkalar soni 9 ta, truboprovodlar yuzasi  $0,28 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>, qo'shimcha qurilma uchun zarur bo'lgan havo hajmi  $0,154 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>, resserverning hajmi  $0,77 \times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>, kompressorning ish qobiliyati  $5,1 \times 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/soat bo'lishi aniqlandi.

3. Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatelinining sovutish tizimini kompleks hisoblash uslubi orqali atrof-muhit harorati va ifloslanishi, dvigatelning ish rejimi, uning butun massasi haroratining o'zgarishi, radiatorning old yuzasidagi panjaralarning havo o'tkazuvchanligi pasayishi kabi omillar ta'sirida sovutish tizimidagi issiqlik almashinish jarayoni uchun matematik model va uni sonli yechish uslubi ishlab chiqildi.

4. Issiqlik almashinish jarayonini nazariy tadqiqotlari 3 holat uchun ko'rib chiqilib, 1-holatda (tizimda suyuqlik ichki aylanish doirasi bo'ylab aylanishi) suyuqlik harakati 11 minut ichida 112°C gacha keskin oshib, so'ngra monoton o'sish shaklida 60 minutda - 125°C ni, 120 minutda - 140°C gacha oshishi kuzatildi. 2-holatda (suyuqlikning dvigateldan radiator tomon oqib o'tishini) ichki aylanish doirasida harakatlangan suyuqlikning harorati ko'tarilishi natijasida harorat 80°C ga yetganda termostat ochilib, suyuqlik radiatorga tomon harakatlana boshlaydi va radiatorga kirishdagi suyuqlik harorati ratsional harorat (83°C) dan yuqori bo'ladi. 3-holatda (suyuqlik radiatorning mayin naychalari orqali oqib o'tishi) radiatorning mayin naychalari orqali oqib o'tgan suyuqlik harorati asta sekinlik 80°C gacha pasayaib borishi aniqlandi.

5. Eksperiment tadqiqotlari natijasida, radiator yuzasiga o'rnatilgan yangi qo'shimcha tozalovchi qurilma tizimi forsunkalarining setka devoridan uzoqlashish masofasi konstruktiv hususiyatlaridan kelib 100 mm bo'lishi, 1 ta forsunkadagi

bosim 8 bar (800 kPa) bo'lganda har bir forsunkadan chiqayotgan havo massasi 0,0314 m<sup>2</sup> yuzani tozalash imonini berishi, barcha forsunkalar ishga tushganda esa 0,273 m<sup>2</sup> umumiy yuza tozalanishi, bu jarayonga ketgan vaqt 2 s ni tashkil qilishi, resiver zaruriy hajmi 0,77 m<sup>3</sup> bo'lishi. Olingan natijalarni statistik qayta ishlash orqali o'rtacha arifmetik qiymat  $\bar{x}$ , o'rtacha kvadratik chetlashish  $\bar{\sigma}$ , maksimal chetlashish  $\sigma_{max}$ , dispersiya  $\sigma^2$ , variatsiya koeffitsiyenti  $V$ , o'rtacha arifmetik qiymat xatoligi  $\sigma_{\bar{x}}$  va o'rtacha tanlovning nisbiy xatoliklari  $\sigma_{\bar{x}}\%$  aniqlashtirildi.

6. Nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalarining solishtirma tahlili quyidagilarni ko'rsatdi:

- tashqi atmosferadagi harorat 30°C, dvigatel yuklanish paytidagi dastlabki harorat 69,6°C, maksimal haroratga erishish uchun 1100 sekund davomida o'rtacha arifmetik qiymatga nisbatan o'rta kvadratik yoki standart og'ishi 1 dan 9,5 gacha, variatsiya koeffitsiyenti 1,2 % dan 9,2 % gacha, maksimal og'ish 0,8 % dan 11,9 % gacha, o'rtacha qiymatning mumkin bo'lgan og'ishi – 0,1 dan 4,7 gacha, nisbiy o'rtacha qiymatni baholashdagi xatolik 0,2 % dan 4,9 % gacha;

- tashqi atmosferadagi harorat 26°C, dvigatel yuklanish paytidagi dastlabki harorat 70,5°C, maksimal haroratga erishish uchun 1104 sekund davomida o'rtacha arifmetik qiymatga nisbatan standart og'ishi 0,6 dan 10,8 gacha, variatsiya koeffitsiyenti 0,8 % dan 11,4 % gacha, maksimal og'ish 0,3 % dan 11,6 % gacha, o'rtacha qiymatning mumkin bo'lgan og'ishi – 0,3 dan 6,3 gacha, nisbiy o'rtacha qiymatni baholashdagi xatolik 0,5 % dan 6,6 % gacha;

- tashqi atmosferadagi harorat 30°C, radiatoridagi harorat 31,3°C, maksimal haroratga erishish uchun 400 sekund davomida o'rtacha arifmetik qiymatga nisbatan standart og'ish 0,4 dan 4,4 gacha, variatsiya koeffitsiyenti 0,7 % dan 7,7 % gacha, maksimal og'ish 0,5 % dan 5,1 % gacha, o'rtacha qiymatning mumkin bo'lgan og'ishi – 0,3 dan 2,6 gacha, nisbiy o'rtacha qiymatni baholashdagi xatolik 0,4 % dan 6,7 % gacha o'zgarishini ko'rsatdi.

7. Nazariy va eksperimental olingan qiymatlarning o'rtacha arifmetik qiymatlarining solishtirma tahlilida o'rtacha og'ish 3,3%, maksimal og'ish 9,9%, o'rta kvadratik og'ish 2,44 bo'lishini ko'rsatdi.

8. Ilmiy natijalardan foydalanish orqali paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor dvigatelin ST loyihalash-konstruktorlik ishlarida va tajriba hamda sanoat nusxalarini ishlab chiqish samaradorligini 25% ga oshirishga, tajriba-konstruktorlik va zavod sinovlarini o'tkazish xarajatlarini 15% ga kamaytirishga erishildi, shu bilan birgalikda ishlab chiqarishda mehnat unumdorligini 20% ga oshirish hisobiga bir yilda kutilayotgan iqtisodiy samara bir paxta terish mashinasi bilan bilan agregatlangan traktor (TZST CE-220) uchun 8,6 mln.so'm tejab qolishga erishiladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.09.2020.Т.124.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ АНДИЖАНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ФЕРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ТОЖИБОВ ШЕРАЛИ ИМОМАЛИ УГЛИ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ТРАКТОРОВ АГРЕГАТИРОВАННЫХ С ХЛОПКОУБОРОЧНЫМИ  
МАШИНАМИ**

**05.08.06 — Колесные и гусеничные машины и их использование**

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

**Андижан – 2025**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Министерстве Высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за В2022.4.PhD/Г2133.

Диссертация выполнена в Ферганском государственном техническом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб – сайта ([www.astiedu.uz](http://www.astiedu.uz)) и в информационно – образовательном «Ziyounet» по адресу [www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz)

Научный руководитель:

Шермухамедов Абдулазиз Адилхаквич  
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Байбобоев Набижан Гуломович,  
доктор технических наук, профессор  
Таджибаев Абдунаби Абдурахмонович,  
кандидат технических наук, профессор

Ведущая организация:

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится « 05 » 09 2025 года в 14<sup>00</sup> часов на заседании Научного совета PhD.03/30.09.2020.T.124.1 при Андижанский государственный технический институт по адресу: 170119, г. Андижан, просп. Бобура, 39. Тел: (99874) 223-47-18; факс: (99874) 223-43-67; e-mail: [info@astiedu.uz](mailto:info@astiedu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Андижанский государственный технический института (зарегистрировано за № 2 Адрес 170119, г. Андижан, просп. Бобура, 56. Тел: (99891) 612-30-06; факс: (99874) 223-43-67; e-mail: [asti-arm@umail.uz](mailto:asti-arm@umail.uz)

Автореферат диссертации разослан « 20 » 08 2025 года.  
(реестр протокола рассылки № 2 от « 20 » 08 2025 года).



У.М. Турдиалиев  
Председатель научного совета по присуждению  
учёных степеней, доктор технических наук, профессор

Ш.Х. Йўлдошев  
Ученый секретарь научного совета по присуждению  
учёных степеней, кандидат технических наук, доцент.

К.К. Юлдашев  
Председатель научного семинара при научном  
совете по присуждению учёных степеней,  
доктор технических наук.

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и необходимость темы диссертации.** В мировой практике серьезное внимание уделяется применению энерго- и ресурсосберегающих технологий и технических средств при изготовлении деталей в процессе производства для повышения качества и долговечности продукции машиностроения и автомобилестроения. Согласно данным Всемирной базы данных производства сельскохозяйственной техники, в мире произведено около 3,05 млн единиц сельскохозяйственной техники, из которых примерно 41,4% составляют тракторы и хлопкоуборочные машины. Это требует внедрения эффективных методов и технологий в производство комплектующих для выпускаемых тракторов и хлопкоуборочных машин<sup>1</sup>. В связи с этим особое внимание уделяется использованию высококачественных и энерго-ресурсосберегающих технических средств и устройств для улучшения технического состояния и увеличения срока службы автотракторной техники, оснащенной двигателями внутреннего сгорания, в частности тракторов и хлопкоуборочных машин.

В мире проводятся широкомасштабные научно-исследовательские работы по увеличению срока службы систем охлаждения двигателей, применяемых в отрасли производства тракторов и хлопкоуборочных машин. В этом направлении одним из исследований является применение ресурсосберегающих технологий при производстве деталей систем охлаждения двигателей и оптимизация их производственных процессов, а также моделирование процессов теплообмена в системе охлаждения двигателей внутреннего сгорания. При этом одной из актуальных задач является разработка метода определения влияния внешних факторов на систему охлаждения двигателя и количественная оценка степени их воздействия на параметры системы охлаждения.

В агропромышленном комплексе республики осуществляются широкомасштабные мероприятия по снижению трудозатрат, повышению качества работы машин, разработке путей обеспечения требуемого уровня качества работы техники на основе передовых технологий, ресурсосберегающих методов. В рамках мер по повышению уровня механизации сбора урожая хлопка в регионах республики в 2020-2026 годах, в частности, определены задачи "..., обеспечения механизированной уборки урожая хлопка, включающие в себя несколько сложных вопросов, связанных с подготовкой агрофона хлопкового поля к механизированной уборке, в том числе производство современных и высокоэффективных хлопкоуборочных машин..."<sup>2</sup>. При выполнении этих задач одной из важных является совершенствование методов предварительной оценки и оценки во время испытаний параметров системы охлаждения ПТМ, повышение

---

<sup>1</sup> <https://www.disser.uz>

<sup>2</sup> Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан, от 14.01.2020 г. № 21 "О мерах по повышению уровня механизации сбора урожая хлопчатника в регионах республики "

эффективности эксплуатации за счет разработки и внедрения компьютерных программ оценки показателей работы, а также снижение затрат на испытание машин.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, установленных Указом Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №-60 “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы”, Постановлением Президента Республики Узбекистан от 1 февраля 2021 года №-4969 “О дополнительных мерах по созданию здоровой конкурентной среды в отрасли сельскохозяйственного машиностроения”, а также другими нормативно-правовыми документами, относящимися к данной деятельности.

**Актуальность исследования для приоритетных направлений развития науки и техники в Республике.** Исследования диссертационной работы соответствуют приоритетному направлению развития науки и техники Республики II “энергетика, энергия и ресурсосбережение, транспорт и приборостроение”.

**Степень изученности проблемы.** Зарубежными и отечественными учеными проведен ряд работ по совершенствованию конструкции системы охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, а также по упрощению и повышению точности расчетов основных параметров, определяющих их работоспособность.

В частности, можно особо отметить работы, проведенные учеными из стран СНГ и зарубежных стран, таких как В.З.Бабичева, А.К.Гаврилова, Р.М.Петриченко, В.В.Бурков, Ю.А.Куликов, Г.А.Курмашев, Р.Т.Хакимов, О.Н.Дидманидзе, А.И.Якубович, Г.М.Кухаренок, В.Е.Тарасенко, В.В.Эфрос, John Walter, P. K.Trivedi, N.V.Vasava, P.Gogineni, Gada Vinay, G. Suresh Babu, M.A.Fayazbakhsh, G.J.Kim, A.M. Jacobi, Masoumeh Jafari, T.Korpinen, A.V.Nadkar, А.А.Гуреев, М.А.Григорьев, Р.З.Кавтарадзе, А.К.Костин, М.И.Левин, Ф.Л.Ливенцев, Н.М.Луков, А.В.Николенко, Р.М.Петриченко, М.Р.Петриченко, а также отечественных ученых О.В.Лебедева, К.А.Шарипова, А.А.Шермухамедова, Т.И.Аскарходжаева.

В настоящее время, несмотря на определенные положительные результаты в производстве тракторов и хлопкоуборочных машин, достигнутые в ходе исследований, недостаточно изучены вопросы устранения неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации этой техники после выпуска, оптимизации влияния внешних факторов, негативно воздействующих на систему охлаждения двигателей внутреннего сгорания, а также количественной оценки степени влияния на параметры системы охлаждения. Кроме того, в этих исследованиях выбор рациональных параметров систем охлаждения и анализ выбранных схем часто проводились

графоаналитическими методами. Выявлено, что комплексный метод расчета рациональных параметров системы охлаждения с использованием ЭВМ не разработан.

**Целью исследования** является повышение эффективности работы тракторных двигателей, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, посредством совершенствования системы охлаждения.

**Задачи исследования:**

на основе анализа температурно-динамических характеристик современных тракторных двигателей провести моделирование тепловых процессов в системе охлаждения двигателя и анализ факторов, влияющих на её эффективность.;

теоретическое исследование параметров системы охлаждения тракторных двигателей, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, включая систему дополнительной очистки;

экспериментальное исследование параметров системы охлаждения тракторных двигателей, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, включая систему дополнительной очистки;

сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований;

разработка рекомендаций по внедрению результатов исследования и оценка экономической эффективности их внедрения.

**Объектом исследования** является система охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами.

**Предметом исследования** является процесс теплообмена под воздействием внешних факторов в системе охлаждения двигателей тракторов, агрегатируемых с хлопкоуборочными машинами.

**Методы исследования.** В процессе исследований для обоснования параметров системы охлаждения двигателей тракторов, агрегатируемых с хлопкоуборочными машинами, использовались положения теоретической механики, гидродинамики, правил математического анализа и математической статистики, методы численного расчета статических и динамических параметров, математические методы планирования эксперимента и обработки результатов, нормативные документы по определению эксплуатационных характеристик.

**Научная новизна** исследования заключается в следующем:

учитывая динамические взаимосвязи факторов, влияющих на системы охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, была разработана и внедрена оптимизированная схема системы

охлаждения и её экспериментальный прототип, что обеспечило повышение эксплуатационной эффективности тракторов в полевых условиях;

с помощью метода комплексного расчета системы охлаждения двигателя трактора, агрегатированного с хлопкоуборочными машинами, выявлена динамика изменения температуры в процессе работы системы охлаждения под влиянием таких факторов, как температура и загрязненность окружающей среды, режим работы двигателя, изменение температуры всей его массы, снижение воздухопроницаемости решеток на передней поверхности радиатора;

усовершенствована схема и методика расчета элементов дополнительного очистительного устройства, установленного в системе охлаждения, в зависимости от факторов, влияющих на систему охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами;

разработан и обоснован метод расчёта параметров системы дополнительного очистительного устройства (ресивера, форсунки, трубопровода, коллектора), установленного в системе охлаждения.

**Практические результаты** исследования заключаются в следующем:

создана возможность определения характеристик таких факторов, как температура и загрязнение окружающей среды, режим работы двигателя (т.е. изменение тепла, передаваемого от стенок цилиндра к охлаждающей жидкости), изменение температуры всей массы двигателя, изменение температуры воздуха на входе в радиатор, покрытие передней поверхности радиатора сеткой или сетками, перекрытие переходных частей воздушной массы окружающими решетками, снижение потока воздуха по воздуховоду и повышение температуры воздуха на входе в радиатор, что приводит к снижению эффективности тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами в процессе эксплуатации;

метод комплексного расчета системы охлаждения двигателя трактора, агрегатированного с хлопкоуборочными машинами, позволяет определить динамику изменения температуры в процессе работы системы охлаждения под воздействием различных факторов;

создана возможность повышения его эффективности путем установки дополнительного очистительного устройства в систему охлаждения двигателя трактора, агрегатированного с хлопкоуборочными машинами.

**Достоверность результатов** исследования обосновывается проведением исследований с использованием современных методов и средств измерений, теоретическим обоснованием конструктивных, статических, кинематических параметров и режимов работы системы охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными

машинами, на основе правил теоретической механики, гидравлики и математического моделирования, обработкой результатов экспериментов методами математической статистики, внедрением в практику разработанной программы ЭВМ для динамического расчета системы охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, совместимостью теоретических и экспериментальных исследований, проведением полевых испытаний и внедрением в практику.

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

Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что математические модели, аналитические зависимости и расчетные методы, позволяющие определить параметры системы охлаждения тракторного двигателя, агрегатированного с хлопкоуборочными машинами, могут быть использованы при обосновании параметров системы охлаждения всех типов двигателей.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанная система охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, приводит к повышению качества и эффективности проектирования при разработке опытных образцов, сокращению затрат на проведение опытно-конструкторских и заводских испытаний, снижению расхода горюче-смазочных материалов в условиях эксплуатации и повышению производительности труда.

**Внедрение результатов исследования.** На основе полученных результатов по совершенствованию системы охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами:

опытный образец, разработанный на основе схемы, методики расчета элементов и параметров дополнительного очистительного устройства, установленного в системе охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, прошел хозяйственные испытания в фермерских хозяйствах “Chig‘anoq sohili” и “Pop-Olmos gavhari” Папского района Наманганской области (справка Национального центра знаний и инноваций в сельском хозяйстве Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан № 05/04-04-238 от 29 мая 2024 года, акты, справка №52 отдела сельского хозяйства Папского района). В результате была достигнута 25 процентная прибавка в производительности трактора, агрегатированного с хлопкоуборочной машиной.

На основе комплексного метода расчёта системы охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, внедрена динамика изменения температуры в процессе работы системы охлаждения под воздействием различных факторов — таких как температура

и загрязнённость окружающей среды, режим работы двигателя, изменение температуры его общей массы, а также снижение воздухопроницаемости решёток передней поверхности радиатора (Справка Национального центра знаний и инноваций в сельском хозяйстве Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан № 05/04-04-238 от 29 мая 2024 года, справка ООО «Маргиланский механический завод», г. Маргилан, Ферганская область № 21 от 9 февраля 2022 года). В результате появилась возможность разработать опытные образцы устройства для системы охлаждения;

на основе комплексного метода расчёта системы охлаждения двигателя трактора, агрегатированного с хлопкоуборочной машиной, за счёт рационального выбора параметров системы охлаждения обеспечена возможность уточнения процессов распределения и рассеивания тепла.

**Апробация результатов исследования.** Результаты данного исследования были обсуждены на 3 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано всего 16 научных работ, из них 7 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций доктора философии (PhD), в том числе 5 в республиканских и 2 в зарубежных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 101 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и необходимость проведенного исследования, определяются цель и задачи, объект и предмет исследования, показывается соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрывается теоретическая и практическая значимость полученных результатов, обосновывается достоверность результатов исследования и их внедрение в практику, приводятся сведения об апробации научной работы, опубликованных трудах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной “Анализ научно-технической литературы по теме, формулировка проблемы, цель и задачи исследовательской работы”, проведен анализ научно-исследовательских работ, касающихся рабочего процесса системы охлаждения хлопкоуборочных машин, тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, и их двигателей, производимых в настоящее время в нашей стране и за рубежом. Обоснована необходимость исследования, а также сформулированы его цели и задачи.

Отечественными и зарубежными учеными проведен ряд работ по повышению прочности, надежности и эксплуатационных характеристик системы охлаждения тракторных двигателей и ее элементов, а также их конструктивных и температурно-динамических показателей, которые продолжаются и в настоящее время.

В частности, исследования по данной теме проводились отечественными учеными О.В.Лебедевым, М.Ш.Алимовым, А.А.Шермухамедовым, Т.И.Аскарходжаевым, а также учеными из стран СНГ и зарубежья: А.К.Гавриловой, Р.М.Петриченко, В.В.Бурковым, Ю.А.Курмашевым, Р.Т.Хакимовым, О.Н.Дидманидзе, А.И.Якубовичем, Г.М.Кухаренком, В.Е.Тарасенко, А.Н.Островцевым, Л.А.Черняевым, Т.Б.Станкевич, Т.А.Гавриловым, Б.А.Григорьевым, В.П.Грибановым, J.Y.Chang, Kevin Hoag, L., Nasrabad M., Finn D. P., А.А.Гуреевым, М.А.Григорьевым, J.P.Yadav, Bharat Raj Singh, Н.М.Луковым, А.В.Николенко, Р.М.Петриченко, Н.А.Большаковым и другими.

Анализ существующих методов расчета выбора рациональных параметров ДСТ и анализ разработанных кинематических схем показывает, что большинство из них выполняется с использованием аналитических методов. Построены и решены математические модели отдельных частей ДСТ с использованием аналитических методов, однако комплексная методика расчета рациональных параметров ДСТ с использованием ЭВМ с учетом последовательности выполняемых работ не разработана.

Анализ состояния жидкостных радиаторов и их элементов при эксплуатации в условиях Среднеазиатского региона показывает, что тракторы в условиях высоких температур и запыленности воздуха имеют

очень низкий ресурс, надежность и плохие эксплуатационные характеристики. Установлено, что в условиях высоких температур и запыленности воздуха срок службы систем охлаждения транспортных средств сокращается в 2 раза, а энергетические показатели ухудшаются на 22–25 процентов.

Общая схема системы охлаждения двигателя представлена на рисунке 1.

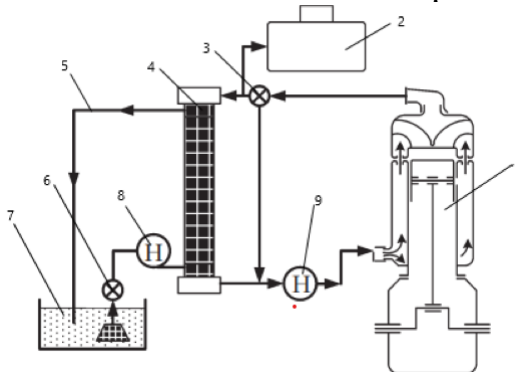


Рисунок 1. Общая схема системы охлаждения двигателя.

На рисунке 1 система охлаждения двигателя состоит из нескольких элементов, которые позволяют жидкости поддерживать рациональную температуру. Как только двигатель 1 запускается, трущиеся детали начинают передавать тепло стенкам двигателя. Сначала жидкость движется через стенки двигателя, что регулируется термостатом 3, чтобы за короткое время нагреть двигатель до разумной температуры. При достижении определенной температуры ( $80^{\circ}\text{C}$ ) термостат начинает открываться. Термостат направляет жидкость в радиатор 4. Жидкость, проходящая через радиатор, направляется по трубкам 5 в бак 7, а при открытии клапана 7 включаются насосы 8 и 9 и направляются обратно в двигатель. Насос соединен с коленчатым валом двигателя, и чем быстрее вращается коленчатый вал двигателя, тем быстрее движется жидкость в радиаторе.

Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания представляет собой совокупность устройств, обеспечивающих отвод тепла от нагретых деталей двигателя в атмосферу для установления оптимальной температуры двигателя в различных режимах и условиях его работы.

При сгорании рабочей смеси температура в цилиндре достигает  $2000^{\circ}\text{C}$  и выше. Система охлаждения рассчитана на поддержание оптимального теплового состояния двигателя в диапазоне  $80\text{--}90^{\circ}\text{C}$ .

Эффективность и надежность двигателя во многом зависят от нормальной работы системы охлаждения.

При перегреве двигателя снижается его мощность, увеличивается расход топлива, выгорают смазочные материалы, что приводит к увеличению поверхностей трения деталей, растрескиванию и оплавлению оболочек труб, разрушению поверхности зазоров труб, засорению остаточных дефектов и другим проблемам.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «Теоретическое исследование параметров системы охлаждения тракторных двигателей, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, включая параметры

очистного устройства” разработана математическая модель процесса теплообмена в системе охлаждения двигателей.

Поскольку температура является одним из самых глубоких понятий термодинамики, тепловой процесс, происходящий в холодильной системе, можно описать следующим уравнением:

$$m \times di = dq_B + dq_{\text{среда}} - dq_{\text{рад}}$$

здесь  $di$  - изменение энтальпии системы,  $i$  - энтальпия,  $m$  - масса системы,  $dq_B$  - внутреннее рассеивание тепла в системе,  $dq_{\text{среда}}$  - тепло, передаваемое из системы в окружающую среду,  $dq_{\text{рад}}$  - рассеивание тепла в жидкостном радиаторе.

Для каждого члена  $C_p = \text{const}$  и  $di = C_p dT$  случая приведенного выше уравнения мы можем записать его следующим образом:

$$\begin{cases} m \times di = m_s \times c_s \times dT_s + m_a \times c_a \times dT_a \\ dq_B = Q_B \times dt \\ dq_{\text{среда}} = k \times F \times (T_{\text{среда}} - T_s) \times dt \\ dq_{\text{рад}} = Q_{\text{рад}} \times dt \end{cases} \quad (2)$$

здесь  $m_s, m_a$  - жидкостные и агрегатные массы;  $c_s, c_a$  - теплоёмкость жидкостей и агрегатов;  $dT_s, dT_a$  - текущие значения температуры жидкостей и агрегатов;  $T_s, T_{\text{среда}}$  - текущие значения температуры жидкости и окружающей среды;  $F$  - площадь поверхности внешнего теплообмена системы;  $k$  - асредневзвешенный коэффициент теплопередачи в окружающую среду;  $Q_B$  - текущее значение мощности источника тепла в системе;  $Q_{\text{рад}}$  - текущее значение мощности теплопроводности в жидкостном радиаторе.

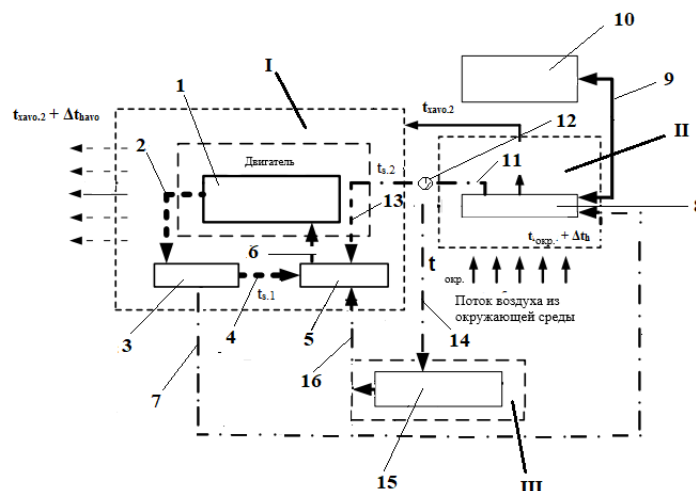


Рисунок 2. Схема теплового баланса системы охлаждения.

Систему охлаждения можно условно разделить на три секции. Первая секция состоит из охлаждающих стенок 1, внутренних трубок 2, 4, 6, термостата 3 и водяного насоса 5. Вторая секция состоит из шлангов 7, 9, 11, 13, радиатора 8, расширительного бака 10 и переключателя потока 12. Третья секция состоит из шлангов 14, 16 и радиатора кабины 15.

Для трех приведенных выше секции запишем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} i_1 \frac{dT_1}{dt} + (kF_I + \theta_2)T_1 + \theta_2 T_2 + \theta_3 T_3 = Q_{B1} \\ i_2 \frac{dT_2}{dt} + \theta_2 T_1 + (kF_{II} + \theta_2)T_2 + \theta_3 T_3 = Q_{B2} \\ i_3 \frac{dT_3}{dt} + (kF_{III} + \theta_3)T_3 + \theta_3 T_2 = Q_{B3} \end{cases} \quad (3)$$

$F_I, F_{II}, F_{III}$  - Площади внешних поверхностей теплопередачи секций 1, 2 и 3 определяются следующими выражениями:

$$F_I = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6,$$

$$F_{II} = F_7 + F_8 + F_9 + F_{10} + F_{11} + F_{12} + F_{13},$$

$$F_{III} = F_{14} + F_{15} + F_{16},$$

здесь  $F_1 \dots F_{16}$  1-16 площадь внешних тепловых поверхностей отдельных элементов с расположением;  $T_1, T_2$  va  $T_3$  – приращение температуры секций, определяемое следующими выражениями:

$$T_1 = \tilde{T}_1 - T_{atrop - muhit}, T_2 = \tilde{T}_2 - T_{atrop - muhit}, T_3 = \tilde{T}_3 - T_{atrop - muhit},$$

$i_1, i_2$  и  $i_3$  - тепловое содержание секции; оно определяется следующими выражениями:

$$i_1 = \sum_{j=1}^P c_j m_j, i_2 = \sum_{g=1}^n c_g m_g \quad \text{va} \quad i_3 = \sum_{y=1}^k c_y m_y$$

здесь  $c_j, c_g, c_y$  - массовая теплоёмкость материалов;  $m_j, m_g, m_y$  - масса материалов;  $Q_{B1}, Q_{B2}$  va  $Q_{B3}$  - средние показатели за период теплопродукции в единицу времени, определяемые следующим образом:

$$Q_{B1} = p_1 \frac{Q_1}{\eta_{общекп.д.}} - Q_{B2}, Q_{B2} = p_2 \times Q_2, Q_{B3} = p_3 \times Q_3$$

здесь  $p_1$  - давление на выходе насоса;  $Q_1, \eta_{общекп.д.}$  - фактическая скорость потока и общий КПД насоса;  $p_2, Q_2$  - давление и скорость потока во втором секции;  $p_3, Q_3$  - давление и скорость потока во третьем секции;

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$  - средние удельные тепловые потоки между секциями для каждого цикла (в зависимости от уровня температуры) определяются выражением:

$$\theta_1 = Q_1 \rho_{жид} c_{жид}, \theta_2 = Q_2 \rho_{жид} c_{жид}, \theta_3 = Q_3 \rho_{жид} c_{жид}.$$

Если мы введем следующие обозначения:

$$a_{11} = \frac{kF_1 + \theta_2}{i_1}; a_{22} = \frac{kF_2 + \theta_2}{i_2}; a_{13} = \frac{kF_3 + \theta_3}{i_3} \quad (4)$$

$$a_{12} = -\frac{\theta_2}{i_2}; a_{21} = -\frac{\theta_2}{i_1}; a_{31} = -\frac{\theta_3}{i_1}; a_{23} = -\frac{\theta_3}{i_2}; a_{33} = -\frac{\theta_3}{i_3}$$

в таком случае систему уравнений (2.16) можно записать следующим образом:

$$\begin{cases} \frac{dT_1}{dt} + a_{11}T_1 - a_{21}T_2 - a_{31}T_3 = \frac{Q_{B1}}{i_1} \\ \frac{dT_2}{dt} - a_{12}T_1 + a_{22}T_2 - a_{23}T_3 = \frac{Q_{B2}}{i_2} \\ \frac{dT_3}{dt} + a_{13}T_1 - a_{33}T_2 = \frac{Q_{B3}}{i_3} \end{cases} \quad (5)$$

Таким образом, система уравнений (5) вместе с начальными и граничными условиями составляет математическую модель системы охлаждения двигателя.

Учитывая, что коэффициенты теплопередачи, связанные с разностью температур на входе в соответствующий ряд, равны друг другу, можно представить выражение для определения безразмерного коэффициента теплопередачи  $Nu_D$  для ряда трубок внутри центра:

$$Nu_D_{общее} = \frac{1}{n-1} 0,25 Pe_{D_{ekv}} \frac{D_{ekv}}{L'} \left\{ 1 - \left[ 1 - \frac{Nu_D_{ekv}}{0,25 Pe_{D_{ekv}} \times \frac{D_{ekv}}{L'}} \right]^{n-1} \right\} \quad (6)$$

При коридорном расположении труб радиатора и ступенчатом расположении труб ядра радиатора относительная длина труб  $c > 1, D_{ekv.k} = \frac{4c}{\pi} (1 - \frac{\pi}{4c}) L'$  определяется шагом,  $\alpha$  - коэффициентом температуропроводности, м<sup>2</sup>/с; n - количеством рядов труб по глубине.

При выполнении расчетов для определения теплопроводности радиатора с помощью безразмерного коэффициента теплопередачи  $Nu_{D_{итит}}$  применяется выражение, предложенное В. Нуссельтом:

$$Nu_{D_{\text{общее}}} = \frac{\alpha_{\text{общее}} \times D_{\text{ekv}}}{\lambda}, \quad \alpha_{\text{итит}} = \frac{Nu_{D_{\text{общее}}} \times \lambda}{D_{\text{ekv}}}$$

здесь  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности, Вт / м<sup>2</sup>°С.

Выражение коэффициента  $Nu_{D_{\text{общее}}}$  для всех рядов труб в глубине ядра радиатора определяется следующей зависимостью

$$Nu_{D_{\text{общее}}} = \frac{1}{n} 0,25 Pe_{D_{\text{ekv}}} \frac{D_{\text{ekv}}}{L'} \left\{ 1 - \left[ 1 - \frac{Nu_{D_{\text{ekv}}}}{0,25 Pe_{D_{\text{ekv}}} \times \frac{D_{\text{ekv}}}{L'}} \right]^n \right\}, \quad (7)$$

здесь  $Nu_{D_{\text{ekv}}}$  безразмерный коэффициент теплопередачи для любого внутреннего ряда труб ядра радиатора, которая определяется на основе отношения  $\frac{D_{\text{ekv}}}{L'}$ .

Определение безразмерного коэффициента теплопередачи  $Nu_{D_{\text{общее}}}$ , а затем коэффициента теплопередачи  $\alpha_{\text{общее}}$  позволяет рассчитать теплопроводность поверхности радиатора, для чего используется следующая формула.

$$Q_r = \alpha_{\text{общее}} \times F_r (t_F - t_{W_{\text{срд.}}}), \quad (8)$$

здесь  $F_r$  - поверхность охлаждения радиатора, м<sup>2</sup>;  $t_{W_{\text{срд.}}}$  - средняя температура воздуха, циркулирующего через центр радиатора, °С.

Отсюда требуемая поверхность охлаждения радиатора:

$$F_r = \frac{\Delta Q_r}{\alpha_{\text{общее}} \times (t_F - t_{W_{\text{срд.}}})} \quad (9)$$

Дополнительное очистное устройство устанавливается в системе охлаждения двигателя с целью поддержания рабочей среды (вода, антифриз или специальные охлаждающие жидкости) в чистом состоянии и в соответствии с установленными стандартами. Принципиальная схема дополнительного очистного устройства, установленного в системе охлаждения двигателя, представлена на рисунке 3.

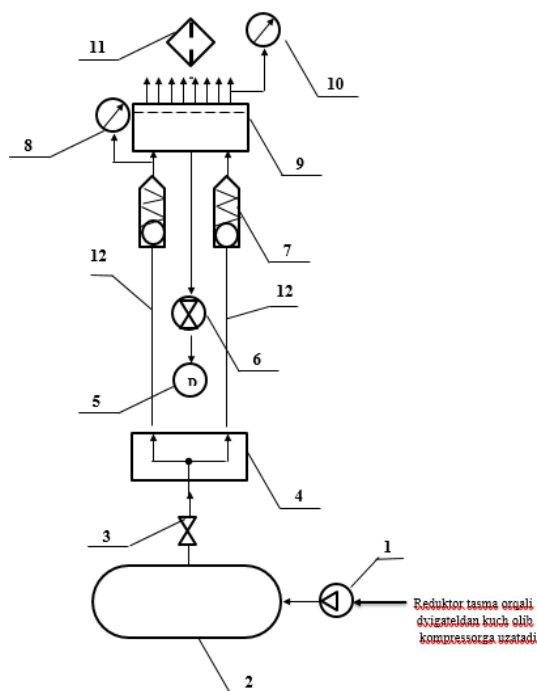


Рисунок 3. Принципиальная схема дополнительного устройства, установленного в системе охлаждения двигателей, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами.

1 - компрессор; 2 - ресивер; 3 - вентиль; 4 - коллектор; 5 - двигатель; 6 - вентилятор; 7 - форсунка; 8,10 - датчики; 9 - радиатор; 11 - сетка; 12 - трубопроводы.

Мощность на компрессор 1 передается через ремень от коленчатого вала двигателя (см. рисунок 3). Компрессор подключается к ресиверу 2. Открытие или закрытие вентиля 3 используется для передачи давления воздуха из ресивера в трубопроводы. Для распределения воздушной массы, поступающей из ресивера, используется коллектор 4. Коллектор подает воздушную массу через трубопроводы 12 к элементам распыления воздуха (форсункам) 7. Форсунки очищают поверхности радиатора 9 и сетки 11 от накопившейся пыли и мелких частиц с помощью воздушного потока под давлением.

Условия работы системы охлаждения включают следующие процессы. Схему протекания промежуточных процессов системы охлаждения от температуры атмосферы до достижения максимальной температуры можно увидеть в 3 различных средах.

Ситуация 1. На начальном этапе при запуске двигателя температура системы охлаждения принимается равной температуре атмосферы 30°C, и в этой системе жидкость начинает циркулировать по внутреннему циклу. В этом случае вводится условие, что проход к радиатору закрыт и принимает вид следующего рисунка 3. Движение жидкости резко возрастает до 112°C за 11 минут. Затем в виде нарастания монетон поднимается до 125°C за 60 минут и 140°C за 120 минут.

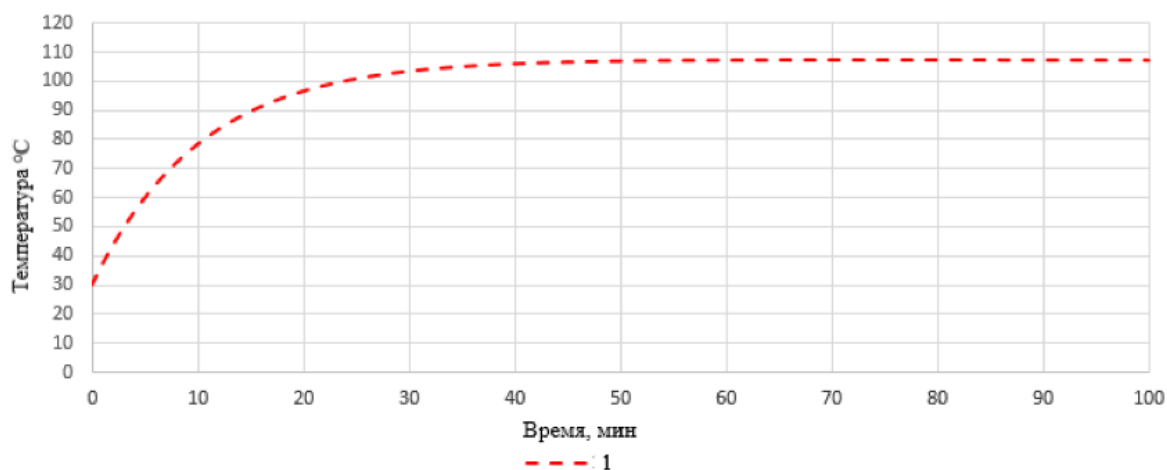


Рисунок 3. Графическое изображение замкнутого хода радиатора

Кратковременное повышение температуры охлаждающей жидкости не только негативно влияет на двигатель, но и приводит к выходу из строя всей системы охлаждения.

Ситуация 2. Контроль потока жидкости к радиатору в течение определенного интервала времени работы двигателя осуществляется с помощью термостата. В результате повышения температуры жидкости, движущейся во внутреннем цикле, когда температура достигает 80°C, термостат открывается, и жидкость начинает двигаться к радиатору. Температура жидкости на входе в радиатор будет выше рациональной температуры. Этот процесс показан на рисунке 4.

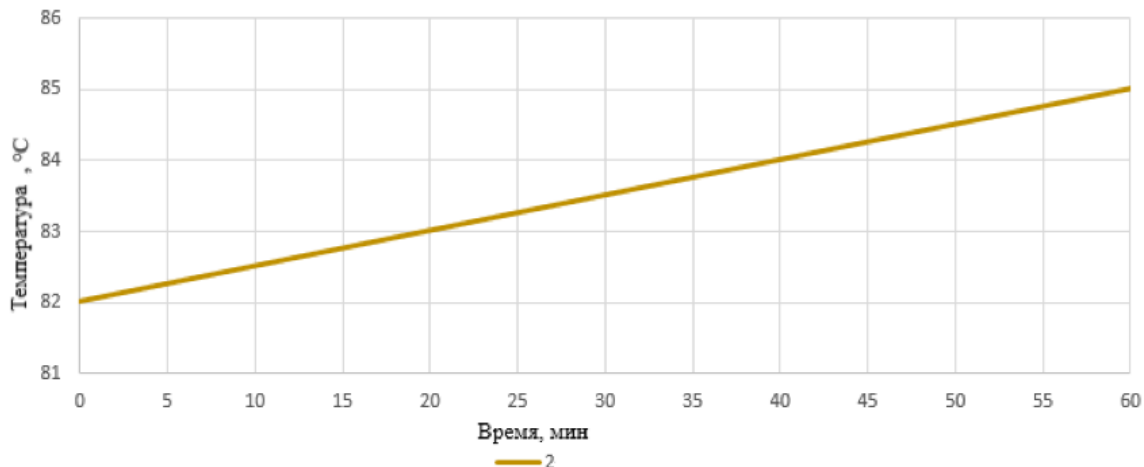


Рисунок 4. Графическое представление температуры жидкости в точке входа радиатора

Ситуация 3. Температура жидкости, протекающей через мягкие трубки радиатора, постепенно понижается. В результате температура жидкости после радиатора снижается до рациональной температуры (рис. 5).

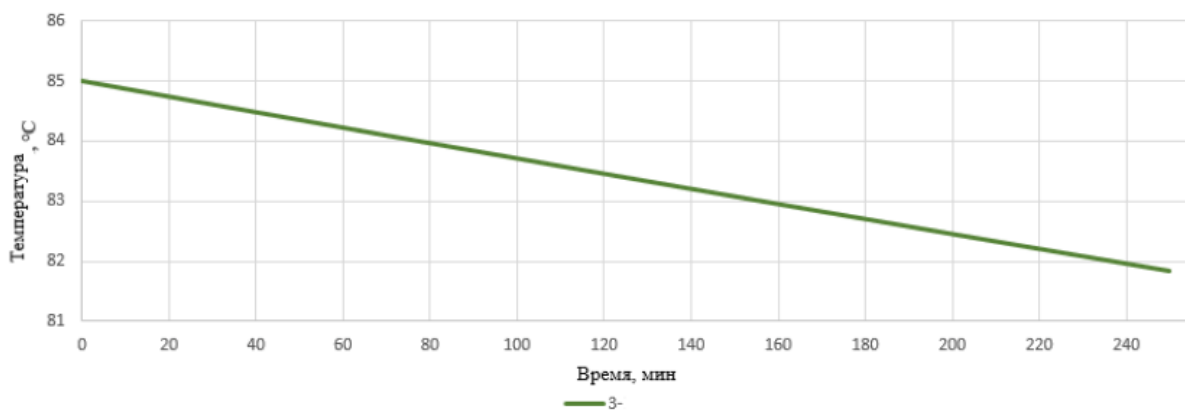


Рисунок 5. Графическое представление температуры жидкости в точке выхода радиатора

Для контроля этих ситуаций необходимо установить ограничения. Условием для первого случая является температура выше  $T_1 > 85^\circ\text{C}$ , при этом рассматривается состояние, когда площадь передней решетки радиатора не очищена от мелкой пыли. Такое препятствие не позволяет должным образом отводить тепло от стенок радиатора в атмосферу. Кроме того, если стенки двигателя не охлаждаются до необходимой температуры, это приводит к проблемам в системе. Для устранения этой проблемы необходимо использовать дополнительное устройство для очистки поверхности решетки. Устройство способно создавать давление воздуха до 5 МПа, очищает поверхность решетки радиатора от пыли и обеспечивает охлаждение жидкости до  $80^\circ\text{C}$  за счет работы радиатора. Этот процесс осуществляется автоматически с помощью датчиков, контролирующих температуру в двигателе. Если двигатель начинает перегреваться, активируется дополнительное очистное устройство, работающее под давлением воздуха, которое очищает площадь решетки радиатора. Этот процесс занимает 2-3 секунды.

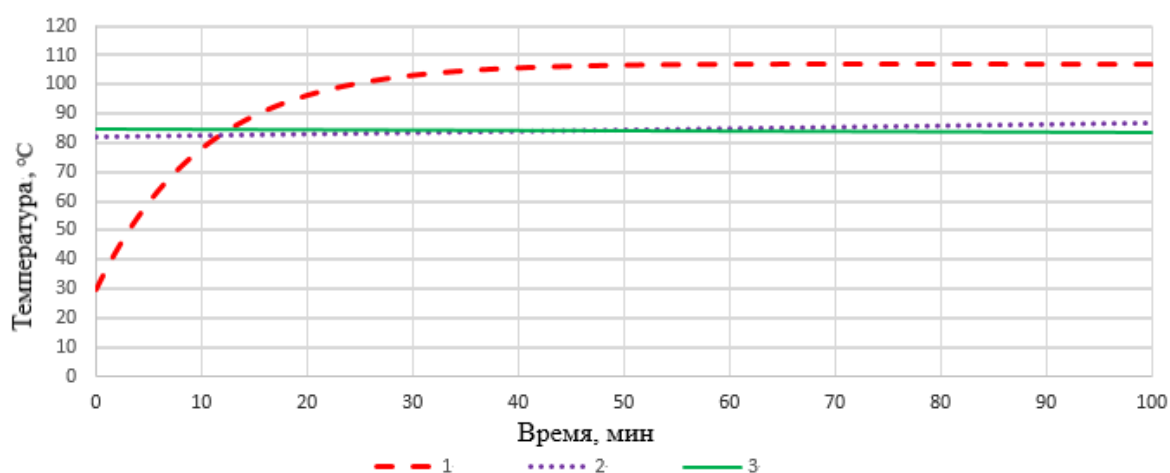


Рисунок 6. Общий графический вид для всех случаев в системе охлаждения двигателя

Анализ результатов теоретических исследований был проведен для 3 случаев. В 1-м случае температура жидкости резко повысилась до  $112^\circ\text{C}$  за

11 минут, затем монотонно возрастала, достигнув 125°C через 60 минут и 140°C через 120 минут. Во 2-м случае, когда температура жидкости, циркулирующей во внутреннем контуре, достигает 80°C, термостат открывается, и жидкость начинает поступать в радиатор. При этом температура жидкости на входе в радиатор превышает рациональную температуру (83°C). В 3-м случае было установлено, что температура жидкости, протекающей через тонкие трубки радиатора, постепенно снижается до 80°C.

С целью проверки соответствия полученных теоретических результатов экспериментальным данным был проведен сравнительный анализ. На рисунке 7 представлены теоретические и экспериментальные результаты изменения температуры в радиаторе.

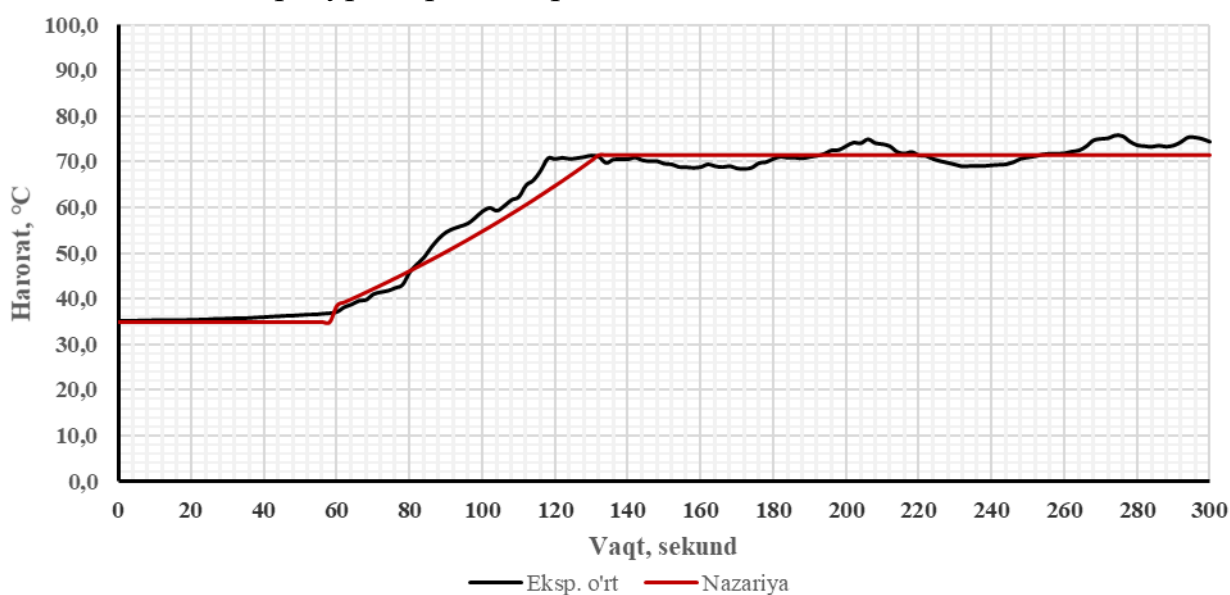


Рисунок 7. Теоретические и экспериментальные (средние арифметические) результаты изменения температуры в радиаторе

1 – экспериментальные; 2 – теоретические;

Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных результатов показал, что среднее отклонение составляет 3,3%, максимальное отклонение - 9,9%, среднеквадратичное отклонение - 2,44.

Таким образом, сравнительный анализ показывает, что теоретические результаты соответствуют экспериментальным результатам и могут быть использованы при исследовании процессов изменения температуры в системе охлаждения.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Экспериментальное исследование параметров системы охлаждения тракторных двигателей, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами, включая параметры очистного устройства», представлены программа экспериментальных исследований, методика, а также обработка и анализ экспериментальных результатов.

В процессе экспериментальных исследований определены температура двигателя трактора, агрегатированного с хлопкоуборочной машиной, количество накопившейся пыли и мелких частиц на поверхности радиатора, температуры двигателя и радиатора, а также работа дополнительного очистного устройства, установленного в системе охлаждения двигателя. Схема расположения датчиков в системе охлаждения двигателя в рамках данной программы испытаний приведена на рисунке 8.

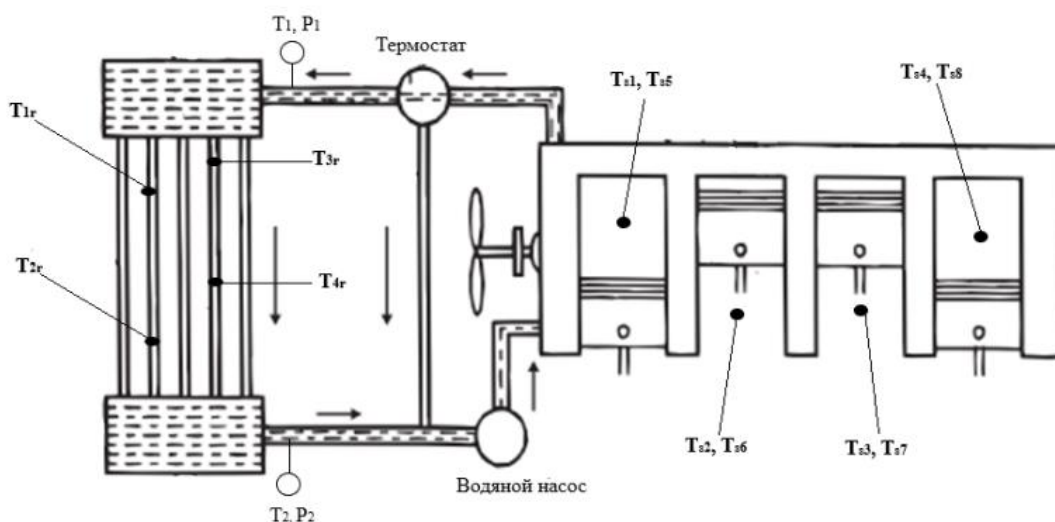


Рисунок 8. Схема установки датчиков температуры и давления в блок цилиндров и систему охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами.

T1, T2 - температура в шлангах на входе в радиатор и на выходе из радиатора; P1, P2 - давление в шлангах на входе в радиатор и на выходе из радиатора; T1r, T2r, T3r, T4r - соответственно точки расположения термопар термометров, установленных на передней стороне радиатора; Tc1, Tc2, Tc3, Tc4, Tc5, Tc6, Tc7, Tc8 - соответственно точки расположения термопар термометров, установленных на блоке цилиндров двигателя.

Мощность на дополнительное очистное устройство передается через ремень от редуктора с шарнирного вала к компрессору 1 (см. рисунок 3). Компрессор подключается к ресиверу 2. Объем ресивера 0,77 литра считается достаточным. Производительность компрессора составляет м<sup>3</sup>/час. Дополнительное очистное устройство разделено на две части (см. рисунок 9). Расстояние от элемента распыления воздуха (форсунки) до сетки варьируется в зависимости от конструктивных особенностей: при креплении к радиатору – 80 мм, при креплении к вентилятору – до 100 мм. Скорость воздуха у вентилятора составляет 7 м/с, и с учетом сопротивления радиатора, давление воздуха на форсунке при очистке сетки равно 8 бар (800 кПа). Распределение воздушной массы на каждую форсунку позволяет очистить поверхность радиатора и сетки от накопившейся пыли и мелких частиц. Площадь очистки одной форсунки составляет 0,0314 м<sup>2</sup>, а для очистки поверхности сетки площадью 0,273 м<sup>2</sup> необходимо 9 форсунок, что соответствует разработанной

методике. При этом вентилятор работает в свободном режиме ( $n_e=1000$  об/мин). Время полного цикла работы дополнительного очистного устройства составляет 2-4 секунды. После чего компрессор наполняет ресивер воздухом в течение 2 минут. Таблица 1

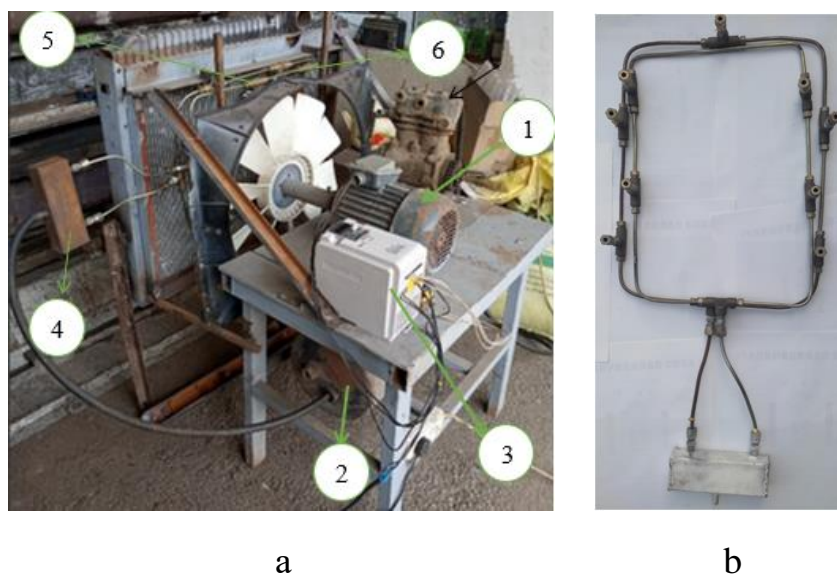


Рисунок 9. Лабораторная установка (а) и дополнительное очистное устройство (б), разработанные для проведения экспериментальных исследований.

Лабораторная установка (см. рисунок 9а) состоит из: форсунки (5), оснащённой очистным устройством (6); электродвигателя (1); ресивера (2); инвертора (3), создающего крутящий момент на коленчатом валу двигателя; и коллектора (4), распределяющего давление воздуха (см. рисунок 9).

В четвертой главе диссертации “**Внедрение результатов исследования и расчет экономического эффекта**” представлены рекомендации по внедрению результатов исследования и расчет ожидаемого экономического эффекта от их внедрения.

Применение рекомендованных параметров и полученных результатов позволило повысить эффективность проектно-конструкторских работ и разработки опытных и промышленных образцов на 25%, сократить затраты на проведение опытно-конструкторских и заводских испытаний на 15%, при этом ожидаемый годовой экономический эффект за счет повышения производительности труда в производстве на 20% составил 8,6 млн. сумов для одного трактора, агрегатированного с хлопкоуборочными машинами (TZST CE-220).

## ВЫВОДЫ

1. Анализ систем охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с отечественными хлопкоуборочными машинами, показал снижение их эффективности по следующим причинам: температура окружающей среды и загрязнение, режим работы двигателя (т.е. изменение теплоотдачи от стенок цилиндра к охлаждающей жидкости), изменение температуры всей массы двигателя, изменение температуры воздуха на входе в радиатор, покрытие передней поверхности радиатора сеткой или решетками, перекрытие воздушных каналов окружающими решетками, снижение потока воздуха через воздухопровод и повышение температуры воздуха на входе в радиатор. Это приводит к сокращению срока службы в 2 раза и увеличению энергопотребления на 22-25 процентов. В качестве решения данной проблемы рекомендовано внедрение дополнительного очистительного устройства в систему охлаждения двигателя

2. Разработана схема и методика расчета элементов дополнительного очистительного устройства, установленного в системе охлаждения, в зависимости от факторов, влияющих на систему охлаждения двигателей тракторов, агрегатированных с хлопкоуборочными машинами. На основе разработанной методики расчета установлено, что площадь сетки дополнительного очистительного устройства, установленного в системе охлаждения двигателя, составляет 525x520 мм или 0,273 м<sup>2</sup>, расстояние от форсунки до сетки варьируется от 80 мм до 100 мм, давление в устройстве составляет 8 бар (800 кПа), площадь, покрываемая одной форсункой, составляет 0,0314 м<sup>2</sup>. С учетом этих параметров определено, что необходимое количество форсунок на общую поверхность составляет 9, площадь трубопроводов - 0,28×10<sup>-4</sup> м<sup>2</sup>, объем воздуха, необходимый для дополнительного устройства - 0,154×10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>, объем ресивера - 0,77×10<sup>-3</sup> м<sup>3</sup>, производительность компрессора - 5,1×10<sup>-6</sup> м<sup>3</sup>/час.

3. Методом комплексного расчета системы охлаждения двигателя трактора, агрегатированного с хлопкоуборочными машинами, разработаны математическая модель процесса теплообмена в системе охлаждения и метод ее численного решения. Модель учитывает влияние таких факторов, как температура окружающей среды и ее загрязненность, режим работы двигателя, изменение температуры всей его массы, снижение воздухопроницаемости решеток на передней поверхности радиатора.

4. Теоретические исследования процесса теплообмена были рассмотрены для 3 случаев. В 1-м случае (циркуляция жидкости по внутреннему контуру системы) наблюдалось резкое повышение температуры жидкости до 112°C за 11 минут, затем монотонное увеличение до 125°C за 60 минут и до 140°C за 120 минут. Во 2-м случае (перетекание жидкости от двигателя к радиатору) в результате повышения температуры жидкости, циркулирующей во внутреннем контуре, при достижении 80°C открывается термостат, жидкость начинает двигаться к радиатору, и температура жидкости на входе в радиатор превышает рациональную температуру (83°C).

В 3-м случае (прохождение жидкости через тонкие трубки радиатора) было установлено, что температура жидкости, протекающей через тонкие трубки радиатора, постепенно снижается до 80°C.

5. В результате экспериментальных исследований установлено, что расстояние от сетчатой стенки форсунок новой системы дополнительного очистительного устройства, установленного на поверхности радиатора, исходя из конструктивных особенностей, составляет 100 мм. При давлении в одной форсунке 8 бар (800 кПа) масса воздуха, выходящего из каждой форсунки, обеспечивает очистку поверхности площадью 0,0314 м<sup>2</sup>, а при запуске всех форсунок очищается общая поверхность площадью 0,273 м<sup>2</sup>. Время, затраченное на этот процесс, составляет 2 с, необходимый объем ресивера -  $0,77 \times 10^{-3}$  м<sup>3</sup>.

6. Сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований показал следующее:

- при температуре внешней атмосферы 30°C и начальной температуре двигателя под нагрузкой 69,6°C, для достижения максимальной температуры в течение 1100 секунд среднеквадратическое или стандартное отклонение от среднего арифметического значения составляет от 1 до 9,5, коэффициент вариации от 1,2% до 9,2%, максимальное отклонение от 0,8% до 11,9%, возможное отклонение среднего значения - от 0,1 до 4,7, относительная погрешность при оценке среднего значения от 0,2% до 4,9%;

- при температуре внешней атмосферы 30°C и температуре в радиаторе 31,3°C, для достижения максимальной температуры в течение 400 секунд стандартное отклонение от среднего арифметического значения изменяется от 0,4 до 4,4, коэффициент вариации от 0,7% до 7,7%, максимальное отклонение от 0,5% до 5,1%, возможное отклонение среднего значения - от 0,3 до 2,6, относительная погрешность при оценке среднего значения изменяется от 0,4% до 6,7%.

7. Сравнительный анализ средних арифметических значений, полученных теоретически и экспериментально, показал, что среднее отклонение составляет 3,3%, максимальное отклонение - 9,9%, а среднеквадратическое отклонение - 2,44.

8. Использование научных результатов позволило повысить эффективность проектно-конструкторских работ и разработки опытных и промышленных образцов тракторного двигателя СТ, агрегатированного с хлопкоуборочными машинами, на 25%, снизить затраты на проведение опытно-конструкторских и заводских испытаний на 15%. При этом за счет повышения производительности труда на 20% ожидаемый экономический эффект за один год составляет экономию 8,6 млн. сумов на один трактор (TZST CE-220), агрегатированный с хлопкоуборочной машиной.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.15/31.08.2022.T.73.05 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE ANDIJAN STATE TECHNICAL  
INSTITUTE**

---

**FERGANA STATE TECHNICAL UNIVERSITY**

**TOJIBOYEV SHERALI IMOMALI O'G'LI**

**IMPROVEMENT OF THE COOLING SYSTEM OF TRACTOR ENGINES  
AGGREGATED WITH COTTON PICKERS**

**05.08.06 - Wheeled and tracked machines and their operation**

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

**Andijon– 2025**

The theme of doctor the philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number № B2022.4.PhD/T2133.

The dissertation has been prepared at the Fergana State Technical University.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website [www.andmi.uz](http://www.andmi.uz) and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz).

Scientific consultant:

Shermuxamedov Abdulaziz Adilxakovich  
doctor of technical sciences, Professor

Official opponents:

Bayboboyev Nabijon G'ulomovich,  
doctor of technical sciences, Professor  
Tadjibayev Abdunabi Abdurahmonovich,  
Candidate of Technical Sciences, Professor

Leading organization:

Tashkent State Technical University named  
after Islam Karimov

The defense will take place "05" 09 2025 at 14<sup>00</sup> at the meeting of scientific council PhD.03/30.09.2020.T.124.01 at Andijan state technical institute located at 39, Boburshox street, Andijan, 170119. Tel: (99874) 223-47-18; fax: (99874) 223-43-67; e-mail: [info@astiedu.uz](mailto:info@astiedu.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information and Resource Center of Andijan state technical institute (registration number 2). (Address: 170119, st. Boburshox 56, Andijan Tel: (99891) 612-30-06; fax: (99874) 223-43-67); e-mail: [asti-arm@umail.uz](mailto:asti-arm@umail.uz).

Abstract of dissertation sent out on "20" 08 2025.  
(mailing report № 2 on "20" 08 2025).



U.M. Turdialiyev  
Chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees, doctor of  
technical sciences, professor

Sh.X.Yo'ldoshev  
Scientific secretary of  
Scientific council  
awarding scientific degrees, c.t.s., docent

K.K. Yuldashev  
Chairman of the academic seminar under  
the scientific council awarding scientific  
degeer

## **Introduction (abstract to the dissertation of Doctor of Philosophy (PhD))**

**The aim** of the study is to increase the efficiency of tractor engines aggregated with cotton harvesting machines by improving the cooling system.

### **Research objectives:**

Based on the analysis of temperature-dynamic characteristics of modern tractor engines, model the heat transfer processes in the engine cooling system and analyze the factors influencing its efficiency.

Theoretical investigation of the cooling system parameters of tractor engines aggregated with cotton-picking machines, including the auxiliary cleaning device system.

Experimental investigation of the cooling system parameters of tractor engines aggregated with cotton-picking machines, including the auxiliary cleaning device system.

Comparative analysis of the results of theoretical and experimental studies.

Development of recommendations for the implementation of the research results and assessment of the economic efficiency of their implementation.

**The object** of the study is the cooling system of tractor engines aggregated with cotton harvesting machines.

### **Scientific novelty of the research is as follows:**

taking into account the dynamic interrelations of factors affecting the cooling systems of tractor engines aggregated with cotton harvesting machines, an optimized cooling system layout and its experimental prototype were developed and implemented, which resulted in improved operational efficiency of tractors under field conditions;

using the method of complex calculation of the cooling system of a tractor engine aggregated with cotton pickers, the dynamics of temperature changes during the operation of the cooling system under the influence of such factors as temperature and pollution of the environment, engine operating mode, changes in the temperature of its entire mass, and a decrease in the air permeability of the grilles on the front surface of the radiator have been identified;

the scheme and methodology for calculating the elements of an additional cleaning device installed in the cooling system have been improved, depending on the factors affecting the cooling system of tractor engines aggregated with cotton pickers;

a method for calculating the parameters of an additional purification system (receiver, nozzle, pipeline, and manifold) installed in the cooling system has been developed and substantiated.

### **The practical results of the study is as follows:**

the ability to determine the characteristics of such factors as temperature and pollution of the environment, engine operating mode (i.e. change in heat transferred from the cylinder walls to the coolant), change in the temperature of the entire mass of the engine, change in the air temperature at the radiator inlet, covering the front surface of the radiator with a mesh or meshes, blocking the

transition parts of the air mass with surrounding grilles, reducing the air flow through the air duct and increasing the air temperature at the radiator inlet, which leads to a decrease in the efficiency of tractors aggregated with cotton pickers during operation, has been created;

the method of complex calculation of the engine cooling system of a tractor aggregated with cotton pickers allows determining the dynamics of temperature change during the operation of the cooling system under the influence of various factors;

the ability to increase its efficiency by installing an additional cleaning device in the engine cooling system of a tractor aggregated with cotton pickers has been created.

#### **Scientific and practical significance of the research results.**

The scientific significance of the research results is explained by the fact that mathematical models, analytical relationships and calculation methods that allow determining the parameters of the cooling system of a tractor engine aggregated with cotton pickers can be used to justify the parameters of the cooling system of all types of engines.

The practical significance of the research results is that the developed cooling system of tractor engines aggregated with cotton pickers leads to an increase in the quality and efficiency of design when developing prototypes, a reduction in the costs of experimental design and factory tests, a decrease in the consumption of fuels and lubricants under operating conditions and an increase in labor productivity.

**Approbation of the research results.** The results of this study were discussed at 3 international and 7 national scientific and practical conferences.

#### **Publication of research results.**

A total of 16 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, including 7 articles in scientific journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of dissertations of a Doctor of Philosophy (PhD), including 5 in national and 2 in foreign journals.

**The structure and scope of the dissertation.** The content of the dissertation consists of an introduction, 4 chapters, general conclusions, a list of used literature and applications, a total of 101 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**  
**I-БЎЛИМ, I-РАЗДЕЛ, 1-PART**

1. Shermuhamedov A.A., Astanov B.J., Tojiboyev Sh.I. (AFE 2023) International Scientific Conference Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East 29 July 2023 pp. 486-495
2. Shermuhamedov A.A., Axunov J.A., Tojiboyev Sh.I. Dvigatel sovutish tizimidagi issiqlik jarayonlarining matematik tavsifi // Ilmiy texnik jurnal FarPI. – Farg‘ona, 2023, – Maxsus son №11 – С. 181-184. (05.00.00; №20).
3. Xametov Z.M., Tojiboyev Sh.I. Qishloq xo‘jaligi mashinalarida suyuqlik yordamida sovutish tizimining hisobi // Ilmiy texnik jurnal FarPI. – Farg‘ona, 2023, –№1 – С. 25-31. (05.00.00; №20).
4. Tojiboyev Sh.I. Paxta terish mashinalari dvigatellari sovutish tizimining tadqiqot natijalari // Ilmiy texnik jurnal FarPI. – Farg‘ona, 2023, – Maxsus son №9 – С. 54-59. (05.00.00; №20).
5. Tojiboyev Sh.I. Determination of the main indicators of the engine cooling system // European Journal of Emerging Technology and Discoveries ISSN (E): 2938-3617 Volume 1, Issue 3, June, 2023 pp. 60-64 (Research )
6. Tojiboyev Sh.I. Paxta terish mashinalari (TZST CE-220) uchun radiator tanlashning statik hisobi // Ilmiy texnik jurnal FarPI. – Farg‘ona, 2022, – Maxsus son №16 – С. 165-168. (05.00.00; №20).
7. Tashev D.V., Tojiboyev Sh.I. Пахта териш машиналари билан агрегатланган трактор двигателининг иссиқлик ҳисоби // Ilmiy texnik jurnal FarPI. – Farg‘ona, 2024, – Maxsus son №20 – С. 215-218. (05.00.00; №20).
8. Tojiboyev Sh.I. CE-220 paxta terish mashinasining sovutish ventilyatori aerodinamikasi tahlili // Yosh ilmiy tadqiqotchilari, I xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. Toshkent davlat transport universiteti. 1-2 aprel 2022-yil, Toshkent 800-803-betlar

## II-БЎЛИМ, II –РАЗДЕЛ, II-PART

1. Shermuhamedov A.A., Tojiboyev Sh.I., Paxta terish mashinalari bilan agregatlangan traktor (TZST CE-220) dvigatellarining sovutish tizimidagi suyuqlik haroratini hisoblash uchun dastur // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma № DGU 23826 13.03.2023

2. Shermuhamedov A.A., Annkulova G.K., Astanov B.J., Tojiboyev Sh.I., Meliyev X.O. Gidravlik tizimni termodinamik hisoblash uchun kompyuter dasturi // Elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro‘yxatdan o‘tkazilganligi to‘g‘risidagi guvohnoma № DGU 19226 05.10.2022

3. Tashev D.V., Tojiboyev Sh.I. Avtomobil radiatorining ekspluatatsion xususiyatlari tahlili // “Ilm-fan, ta’lim va ishlab chiqarishning innovatsion rivojlanishdagi zamonaviy muammolar” Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya 2020-yil 845-848 betlar

4. Tojiboyev Sh.I., Tojibayev F.O. Iqlim sharoitining avtomobil radiatori samaradorligiga ta’siri // Actual problems of modern science and innovation in the central Asian region “Journal of technical science and innovation Ltd.” 26 september 2020 Jizzax pp 644-647

5. Tojiboyev Sh.I., Nosirjonov Sh.I. Тракторлар совутиш тизимининг эксплуатацион синовлари таҳлили // Международный научно образовательный электронный журнал “Образование и наука в XXI веке” Выпуск №17 (Том 3) август, 2021 ISSN:2658-7998 с. 501-504

6. Tojiboyev Sh.I. Sovutish tizimi turini tanlash // Mamlakatimizda zamonaviy avtomobillarga texnik xizmat ko‘rsatish uzluksizligini ta’minlash va ularning dolzarb muammolarining samarador yechimlari. Respublika ilmiy–amaliy anjumani, 26-27-noyabr 2021-yil Farg‘ona 114-116-betlar

7. Tojiboyev Sh.I. Qishloq xo‘jaligi mashinalari (traktor) uchun suyuqlik nasosini tanlash // International scientific and theoretical conference. December 17 2021 Australia p. 6-8

8. Tojiboyev Sh.I. Qishloq xo‘jaligi mashinalari dvigatel sovutish tizimining ekspluatatsion sinovlari tahlili // Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi Xalqaro miqyosidagi ilmiy va ilmiy-texnik konferensiya 14-dekabr 2023-yil Namangan. 879-881 betlar