

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.15/31.08.2022.T.73.07 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

KULMANOV BAHODIR TOSHBOLTAYEVICH

**DIZEL BOSHQARUV PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH
ORQALI MANYOVR TEPLOVOZLARNING SAMARADORLIGI VA
ISHONCHLILIGINI OSHIRISH**

**05.08.05 – Temir yo'llarning harakatlanuvchi tarkibi, poyezdlarni tortish
va elektrlashtirish**

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

Toshkent – 2025

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

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

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

Kulmanov Bahodir Toshboltayevich

Dizel boshqaruv parametrlarini optimallashtirish orqali manyovr
teplovlarning samaradorligi va ishonchliligini oshirish..... 3

Кулманов Баходир Тошболтаевич

Повышение экономичности и надёжности маневровых тепловозов путём
оптимизации регулировочных параметров дизеля..... 21

Kulmanov Bahodir Toshboltayevich

Increase of efficiency and reliability of diesel shunting locomotives by
optimisation of diesel engine adjustment parameters..... 39

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 43

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.15/31.08.2022.T.73.07 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

KULMANOV BAHODIR TOSHBOLTAYEVICH

**DIZEL BOSHQARUV PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH
ORQALI MANYOVR TEPLOVOZLARNING SAMARADORLIGI VA
ISHONCHLILIGINI OSHIRISH**

**05.08.05 – Temir yo‘llarning harakatlanuvchi tarkibi, poyezdlarni tortish
va elektrlashtirish**

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

Toshkent – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4956 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya Toshkent davlat transport universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy Kengash veb-sahifasida (www.tstu.uz) va "Ziyonet" Axborot ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Xamidov Otabek Rustamovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Grishenko Aleksandr Vasilevich
texnika fanlari doktori, professor

Pirmatov Nurali Berdiyrovich
texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Jizzax politexnika instituti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi DSc.15/31.08.2022.T.73.07 raqamli Ilmiy Kengashning 2025-yil 15-aprel soat 10⁰⁰ daqi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'lhilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-00-01; faks: (99871) 293-57-54; e-mail: rektorat@tdtu.uz)

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (233-raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100167, Toshkent sh., Temiryo'lhilar ko'chasi, 1-uy. Tel.: (99871) 299-05-66.

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil 27 mart kuni tarqatildi.
(2025-yil 27 martdagi 026 raqamli reyestr bayonnomasi).



R.V. Raximov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

Ya.O. Ruzmetov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., professor

R.M. Mirsaatov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoda temir yo‘l transportida teplovozlarning ichki yonuv dvigatellarining mavjud konstruksiyalarini takomillashtirish va yangilarini yaratishga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Ushbu muammolarni hal qilish dunyoning ixtisoslashgan ilmiy, konstruktorlik va ishlab chiqarish tashkilotlarida rivojlanishning asosiy yo‘nalishlaridan biridir. Hozirgi vaqtda rivojlangan mamlakatlarda ilmiy-tadqiqot va ilmiy markazlar turli xil yuklash rejimlari va tezlik oraliqlarida poyezdlar harakati xavfsizligini oshirish, lokomotivlarga texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirish va lokomotivlarning ta‘mirlararo vaqtini oshirish bilan bog‘liq bir qator masalalarni hal qilmoqdalar. Mavjud lokomotivlarning yetishmasligi va temir yo‘l uchastkalarining quvvati pastligi bilan yuk aylanmasini oshirish uchun lokomotivlar parkini takomillashtirish va innovatsion yechimlar taklif qilish, xususan, teplovozlarning kuch qurilmalari hisoblangan, dizel dvigatellarning ish faoliyatini yaxshilashga qaratilgan dastur va uslubiyotlarni joriy etish bo‘yicha yangi tadqiqot yo‘nalishlarini ishlab chiqish zarur. Shu bilan birga, magistral va manyovr teplovozlari parkining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilash va ulardan samarali foydalanish usullaridan biri bu kuch qurilmalarining ish rejimlaridan kelib chiqqan holda rostlanuvchi parametrlarini optimallashtirish bo‘yicha keng ko‘lamli chora tadbirlarni o‘tkazish.

Jahonda teplovoz ichki yonuv dvigatellarining zamonaviy konstruksiyalarini ishlab chiqish va takomillashtirish bo‘yicha turli ilmiy-texnik va texnologik ishlar olib borilmoqda, mavjud ichki yonuv dvigatellaridan samarali foydalanishni tadqiq etish bo‘yicha kompleks chora-tadbirlar bajarilmoqda. Bu yo‘nalishda, xususan, lokomotiv xo‘jaligiga tegishli manyovr teplovozlarning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilash katta e‘tiborga loyiqdir. Shu sababli, manyovr teplovozlari kuch qurilmalarining ekspluatatsiyadagi ish rejimlaridan kelib chiqqan holda optimal parametrlarini tanlash temir yo‘l transporti oldida turgan muhim vazifalardan biri bo‘lib, uning natijasida dizel dvigatellarida ishlatiladigan dizel yoqilg‘isini sotib olish uchun ajratiladigan budjet valyuta mablag‘lari tejaydi va teplovozlarning ishonchliligi va ekologik ko‘rsatkichlarini yaxshilashga olib keladi.

Respublikamizda transportning turli sohalarini yanada rivojlantirish, xususan, temir yo‘l lokomotivlari parkiga texnik xizmat ko‘rsatish va ulardan samarali foydalanishni tashkil etish, shuningdek uni texnik-iqtisodiy xususiyatlari takomillashtirilgan lokomotivlar bilan to‘ldirish maqsadida bir qator chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida¹ va O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-329-son qarorida² “... barcha transport turlarini uzviy bog‘lagan holda yagona transport tizimini rivojlantirish ..., ... transport va logistika xizmatlari bozori va infratuzilmasini rivojlantirish ..., ... transport tizimida “yashil koridorlar” hamda

¹O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli Farmoni

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil 10 oktyabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi temir yo‘l transporti sohasini tubdan isloh qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-329-sonli qarori

tranzit imkoniyatlarini kengaytirish ...”, hamda “...yo‘lovchi va yuk tashish xarajatlarini kamaytirish..., ... temir yo‘l infratuzilmasini rivojlantirish, lokomotiv va vagonlar parkini yangilash ...” kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirish uchun, xususan, manyovr teplovozi ichki yonuv dvigatellari yoqilg‘ini sepish burchagi va gaz-taqsimlash fazalarini tadqiq etish muhim yo‘nalishlardan biri bo‘lib, ularning optimal qiymatlarini aniqlash ushbu dizel dvigatellarning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilash imkoniyatini beradi va ularning ishonchliligini oshirishni asoslaydi.

O‘zbekiston Respublikasining 2021 yil 9 avgustdagi “Transport to‘g‘risida” gi O‘RQ-706-sonli va 1999 yil 15 apreldagi “Temir yo‘l transporti to‘g‘risida” gi 766-I-sonli Qonunlari, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” gi PF-60-sonli va 2019 yil 1 fevraldagi “Transport sohasida davlat boshqaruvi tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi PF-5647-sonli Farmonlari, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 4 maydagi “Transport sohasida kadrlar tayyorlash tizimini tubdan takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi PQ-4703-sonli va 2023 yil 10 oktabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi temir yo‘l transporti sohasini tubdan isloh qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi PQ-329-sonli Qarorlari hamda ushbu faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga mazkur dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalarini rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi. Mazkur tadqiqot O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalarini rivojlantirishning II. “Energetika, energiya va resurs tejamkorlik”, ITD-3 – “Energetika, energiya, resurs tejamkorlik, transport, mashina va asbobsozlik” ustuvor yo‘nalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Ko‘pgina ishlab chiqarish korxonalari va yetakchi ilmiy-tadqiqot institutlari oliy ta‘lim muassasalari, jumladan Westinghouse (AQSh), Oerlikon (Shveysariya), Knorr-Bremse (Germaniya), Faiveley (Fransiya), Temir yo‘l transporti ilmiy-tekshirish instituti (Rossiya), Harakatlanuvchi tarkib ilmiy-tadqiqot va konstruktorlik-texnologiya instituti (Rossiya), Sankt-Peterburg davlat temir yo‘l universiteti (Rossiya), Omsk davlat temir yo‘l universiteti (Rossiya), Samara davlat temir yo‘l universiteti (Rossiya), Belorussiya davlat transport universiteti, Toshkent davlat transport universiteti (O‘zbekiston) va boshqa o‘quv, tadqiqot va ilmiy markazlari tomonidan teplovoz dizellarining tejamkorligi va ishonchliligini oshirishga qaratilgan ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Transport dizellarining tejamkorligi va ishonchliligini oshirish hamda dizel yoqilg‘isini tejashning zamonaviy usul va vositalarini ishlab chiqishga A.I. Volodin, A.Z. Xomich, A.E. Simson, G.A. Fofanov, Y.Y. Kossov, V.V. Furman, V.A. Chetvergov, V.I. Kiselev, V.V. Strekopitov, V.V. Grachev, A.V. Grishchenko, F.Yu. Bazilevskiy, A.V. Zaxvatov, A.Yu. Konkov, K.M. Popov, V.A. Mironov, V.N. Balabin, I.A. Kuznetsova, S. Menson, B. Boli, Dj. Ueyner, D.A. Goxfeld, A.N. Savoskin, I.I. Lobanov va boshqa olimlar o‘z tadqiqotlari bilan katta hissa qo‘shganlar.

Lokomotiv dizellarining yonilg‘i sarfi samaradorligini va ishonchliligini oshirishning asosiy yo‘nalishlaridan biri rostlash parametrlarini takomillashtirishning zamonaviy tizimlari va usullarini qo‘llash bo‘lib, bu sohada ko‘plab olimlarning ishlari bag‘ishlangan. Mamlakatimizda dizel yoqilg‘isini tejash va harakatlanuvchi tarkibning ishonchliligini oshirish bo‘yicha nazariy hisoblash usullari va eksperimental tadqiqotlarni yanada rivojlantirish va takomillashtirishga quyidagi olimlar katta hissa qo‘shganlar A.D. Glushenko, Sh.S. Fayzibayev, R. V. Raximov, Ya. O. Ruzmetov, G. A. Xromova, A.A. Shermuxamedov, B.Sh. Axmedov, O.S. Ablyalimov, B.T. Fayziyev, N.S. Zayniddinov, A.T. Djanikulov, O.T. Kasimov, M.Sh. Valiyev, X.M. Tursunov, Sh.I. Kudratov va boshqalar shug‘ullanishgan.

Mahalliy va xorijiy tajribalar tahlili, shuningdek adabiyot manbalari va muallif ishlarining o‘rganilishi shuni ko‘rsatdiki, manyovr teplovozlarning tejamkorligi va ishonchliligini oshirishga bag‘ishlangan ko‘plab tadqiqotlar olib borilganligiga qaramay, dizel qurilmalarining sozlash parametrlarining ularning iqtisodiy, ekologik va ekspluatatsion xususiyatlariga ta‘siri masalalari yetarlicha o‘rganilmagan. Bu esa, dizelning boshqaruv parametrlarini sozlash orqali manyovr teplovlari kuch qurilmalarining samaradorligi, ishonchliligi va ekologik xavfsizligini oshirishga qaratilgan ilmiy asoslangan yondashuvlar va texnik yechimlarni ishlab chiqish zarurati mavjudligini anglatadi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqotlari Toshkent davlat transport universitetining ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga kiritilgan 2023-yilning 23-yanvardagi “Transport sohasini rivojlantirishning dolzarb masalalari bo‘yicha fundamental, amaliy va innovatsion izlanish va tadqiqotlar olib borish, ularning natijalarini joriy etish bo‘yicha faoliyat tahlili” 5-sonli va “O‘zbekiston temir yo‘llari” AJ ning 2019-yildagi texnik darajasini oshirishning yagona kompleks rejasiga (27.12.18 y. №2374-NZ-sonli buyruq) doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi dizel qurilmalarining sozlash parametrlarini optimallashtirish orqali manyovr teplovozlarning iqtisodiy samaradorligi va ishonchliligi darajasini oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan usullar va amaliy tavsiyalarni ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

sanoat transporti korxonalarida va umumiy temir yo‘l stansiyalarida manyovr teplovlari dizel dvigatellarining ekspluatatsion ish rejimlarini tahlil qilish;

yoqilg‘i sepish burchagi va gaz taqsimlash fazalarini o‘zgartirishning ta‘sirini tahlil qilish imkoniyatini hisobga olgan holda teplovozdizelining silindrida ishchi jarayonning matematik modelini ishlab chiqish;

ish samaradorligini tavsiflovchi parametrlarni aniqlash orqali teplovozdizelining ishchi jarayoni sifatini baholash uslubini ishlab chiqish;

teplovozdizelining turbokompressorini ishlash qobiliyatini tezkor nazorat qilish uslubini ishlab chiqish;

teplovoznining dizel-generator qurilmasining yonilg'i solishtirma sarfini o'lchash uchun elektron og'irlik o'lchagichning maket namunasini ishlab chiqish, tayyorlash va sinash;

rostlash parametrlarining o'zgarishi manyovr teplovoznining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlariga ta'sirini o'rganishga qaratilgan eksperimental tadqiqotlarni o'tkazish.

Tadqiqotning obyekti sifatida TEM2 seriyali manyovr teplovoznining PD1M rusumli dizel dvigateli olingan.

Tadqiqotning predmeti sifatida dizelning rostlash parametrlarini optimallashtirish sharoitida manyovr teplovozlarning tejamkorligi va ishonchliligi olingan.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida modellashtirish, sonli, statistika, tahliliy va eksperimental tadqiqod usullaridan foydalanilgan. Nazariy tadqiqotlarda dizelning ishchi jarayonini matematik modellashtirish jarayonidagi differensial tenglamalarni yechishning sonli usullari, o'lchash ma'lumotlarini tahlillashda statistik usuli, shuningdek, Dizel-RK va Delphi dasturiy majmualari ishlatilgan. Nazariy yo'l bilan olingan natijalar bilan taqqoslash uchun dizelning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlariga yonilg'i sepish burchagini o'zgarishining ta'sirini tahlil qilish bo'yicha eksperimental tadqiqotlar D50 dizel-generator stendida laboratoriya sharoitida va TEM18DM teplovozida reostat sinovlari sharoitida o'tkazilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

issiqlik va miqdoriy balans tenglamalari yordamida yoqilg'ining solishtirma samarador sarfini inobatga olgan holda TEM2 seriyali manyovr teplovozi PD1M rusumli dizel dvigatelining iqtisodiy, texnik va ekologik ko'rsatkichlarini hisoblash imkonini beruvchi matematik model ishlab chiqilgan;

termodinamika va miqdoriy muvozanat qonunlari asosida dizelning silindr-porshen guruhi va gaz turbinali nadduv tizimlarining o'zaro birgalikdagi ishini hisoblash va muvofiqlashtirish imkonini beruvchi dasturiy ta'minot ishlab chiqilgan;

PD1M rusumli dizel dvigateli rostlash parametrlarining optimal qiymatlarini hisobga olgan holda, TEM2 seriyali manyovr teplovozlarning iqtisodiy va ishonchlilik ko'rsatkichlarini oshirish imkonini beruvchi metodika ishlab chiqilgan;

ilk bor teplovoz dizeli gaz-havo traktining texnik holatini turbokompressorga kiruvchi va chiquvchi yongan gazlarning nisbiy haroratlari farqi asosida tezkor nazorat qilishning usuli ishlab chiqilgan;

ilk bor dizel yoqilg'isining solishtirma og'irlik sarfini aniqlash va tahlil qilish imkonini beruvchi mobil qurilma ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

barcha seriyadagi teplovozlarning kuch qurilmalarida dizel yonilg'isi sarfini laboratoriya sharoitida va reostat sinovlarida tahlil qilish, generatorning solishtirma yonilg'isi sarfini, soatlik sarfini va bajargan ish hajmini aniqlash imkoniyatini beradigan ko'chma majmua ishlab chiqildi va joriy etilgan;

manyovr teplovozlarning tejamkorligi va ishonchliligini ularning kuch qurilmalari ish rejimlaridan kelib chiqqan holda oshirishga imkon beruvchi hamda tortuv harakat tarkibini kapital va joriy ta'mirlash paytida rostlash ishlarini olib

borish vaqtini qisqarishiga olib keluvchi texnologik yo'riqnoma ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi nazariy tadqiqotlarda zamonaviy dasturiy ta'minot va usullardan foydalanilganligi, tajriba sinov ishlarida kalibrlangan va sertifikatlangan o'lchov vositalaridan foydalanilganligi, "Dizel-RK" dasturiy majmuasida dizel dvigatelining ish jarayoni parametrlarini hisoblash natijalarining D50 dizel-generator qurilmasi stendida va TEM18DM seriyali teplovozda o'tkazilgan reostat sinovlari davomidagi eksperimental tadqiqotlar natijalariga mos kelishi bilan tasdiqlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati manyovr teplovozlarning ekspluatatsion ish rejimlaridan kelib chiqib, teplovozning o'rtacha ekspluatatsion samaradorligi va silindr-porshen guruhining ishonchliligini oshirishni ta'minlaydigan, dizel ish jarayonining asosiy ko'rsatkichlariga rostdash parametrlari o'zgarishining ta'sirini tahlil qilish imkonini beruvchi va gaz-turbina nadduvli kombinatsiyalangan teplovoz dizelining gaz-havo tizimi texnik holatini tezkor nazorat qilish imkonini beruvchi usullar yaratilganligi bilan belgilanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati oldingi yillarda ishlab chiqarilgan (yonilg'i uzatishni elektron boshqaruviga ega bo'lmagan) TEM2, TEM18 rusumli teplovozlari D50 (PD1M, PD4D) tipidagi hamda CHME3 rusumli teplovozlari K6S310DR tipidagi dizellarini saradorligi va ishonchliligini oshirish, teplovozlarning kuch qurilmalarining solishtirma effektiv yoqilg'i sarfini aniqlovchi ko'chma kompleks yaratilganligi va tegishli texnologik yo'riqnomalar ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Manyovr teplovozlari dizellarining tejamkorligi va ishonchliligini oshirish bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar asosida:

manyovr teplovozlari dizelining tejamkorligi va ishonchliligiga rostdash parametrlarining ta'sirini baholash bo'yicha tadqiqot natijalari hamda dizelning gaz-havo yo'li holatini tezkor nazorat qilish usuli "O'zbekiston" lokomotiv deposi sharoitida joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligining 2024-yil 3-dekabrda 4/E1627-son ma'lumotnomasi). Natijada, TEM2 rusumidagi manyovr teplovozlarning yoqilg'i sarfi bo'yicha samaradorligi, texnik ishonchliligi va ekologik xavfsizligini yaxshilash imkoniyati ortgan;

rostlanuvchi parametrlarni teplovozning samaradorligi va ishonchliligiga ta'sirini o'rganish bo'yicha ishlab chiqilgan dasturlar va metodika Qarshi lokomotiv deposida TEM2 rusumli manyovr teplovozlarni yoqilg'i sarfi bo'yicha tejamkorligini va texnik jihatdan ishonchliligini baholash bo'yicha sinov ishlarida joriy etilgan. (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligining 2024-yil 3-dekabrda 4/E1627-son ma'lumotnomasi). Natijada, TEM2 rusumidagi manyovr teplovozlarda yoqilg'i sarfini qisqartirish hisobiga kutilayotgan iqtisodiy samaradorlik 4,95 milliard so'mni tashkil etgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya ishining asosiy natijalari 4 ta ilmiy anjumanda, 3 ta xalqaro va 1 ta respublika miqyosidagi ilmiy anjumanlarda ma'ruza qilingan va muhokama etilgan. Shuningdek, dasturiy ta'minot ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi 2 ta guvohnoma olingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya ishining asosiy ilmiy natijalari 17 ta ilmiy ishda chop etilgan bo'lib, shulardan 8 tasi O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan doktorlik dissertatsiyalarining asosiy ilmiy natijalarini e'lon qilish uchun tavsiya etilgan yetakchi ilmiy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiya hajmi 99 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida ishning dolzarbligi asoslangan, masalaning holati yoritilgan, tadqiqotning maqsad va vazifalari shakllangan, obyekt va predmeti aniqlangan, O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon etilgan, ishonchlilik, nazariy va amaliy ahamiyati asoslangan, ilmiy tadqiqot natijalarini ishlab chiqarishga joriy etish, natijalarni sinab ko'rish va nashr etish hamda uning tuzilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

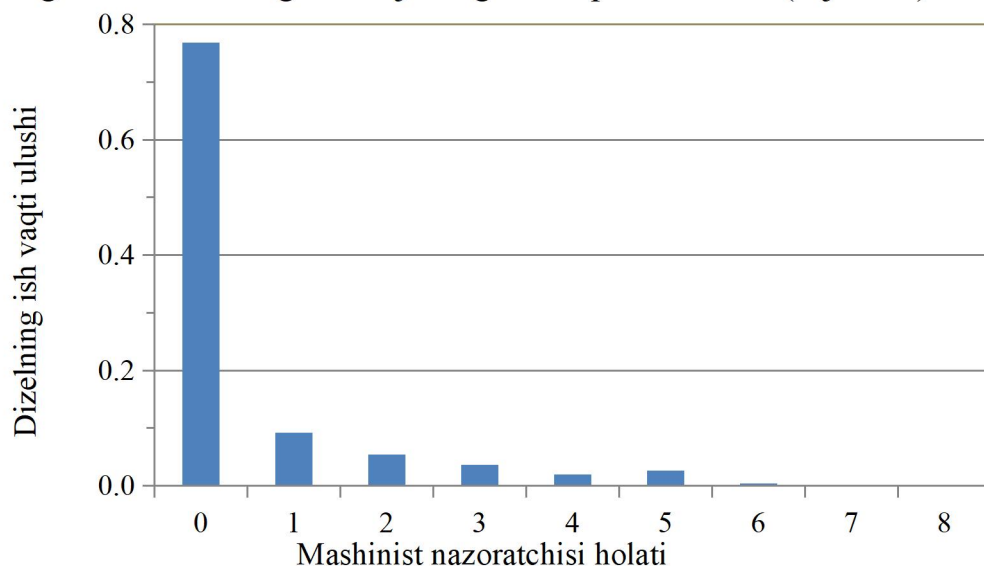
Dissertatsiyaning **“Tadqiqot masalasining dolzarbligini asoslash”** deb nomlangan birinchi bobida teplovoz dizellarining iqtisodiy samaradorligi va ishonchliligini oshirish sohasidagi ilmiy tadqiqotlarning qisqacha sharhi, dizel dvigatellarining yonilg'i uzatish va gaz taqsimotini boshqarishning zamonaviy tizimlari tahlili hamda rostdash parametrlarining dizelning ish jarayoni sifatiga ta'siri keltirilgan.

Sanoat transporti va umumiy temir yo'l sharoitida foydalanilayotgan manyovr teplovozlari dizel dvigatellarining ekspluatatsion rejimlari batafsil tahlil qilingan. Manyovr teplovozlarning ish rejimlarini tahlil qilish uchun sanoat transporti sharoitida ishlaydigan TEM18DM seriyali teplovozi hamda umumiy foydalanishdagi temir yo'l bekatlarida ishlaydigan bir qator manyovr teplovozlari tanlangan.

1-rasmda TEM18DM manyovr teplovozining sanoat transporti korxonasi sharoitida ishlashining tahlili natijalari keltirilgan. Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, ish vaqtining 70 foizdan ortig'i va sarflangan yonilg'ining 40 foizi salt yurish rejimiga to'g'ri keladi, bunda teplovoz kuch qurilmasi ishining asosiy qismi (35 foizdan ortig'i) tortish generatorining quvvati nominal qiymatning 55 foizidan oshmagan holda mashinistning nazoratchisi holati (MNH) beshinchi pozitsiyasida bajariladi. Monitoring olib borilgan 25 kun davomida teplovoz nominal rejimda (MNHning sakkizinchi pozitsiyasida) umuman va mashinist nazoratchisining yuqori holatlarida deyarli ishlamagan.

Ushbu natijalardan ko'rinib turibdiki, teplovoz kuch qurilmasining asosiy qismi (40% gacha) mashinist nazoratchisining 1...4 pozitsiyalarida bajariladi, bunda tortish generatorining quvvati nominal qiymatining 30% dan oshmaydi. Yonilg'ining eng ko'p miqdori salt ishlash paytida (45% dan ortiq) va mashinist kontrollerining 1...4 pozitsiyalarida (30% dan ortiq) sarflanadi.

Ushbu ma'lumotlar "Rossiya temir yo'llari" OAJ temir yo'l stansiyalarida TEM2, TEM18, CHME3 manyovr teplovozlari kuch qurilmalarining ish rejimlarini tahlil qilishning umumlashtirilgan natijalariga to'liq mos keladi (1-jadval).



1-rasm. Sanoat transporti korxonasi sharoitida TEM18 teplovozi ish vaqtining sutkalik o'rtacha byudjeti taqsimoti

Manyovr teplovozi umumiy foydalanishdagi temir yo'l bekatlarida ishlagan holatlarda, nominal rejimga ularning kuch qurilmalari bajargan o'rtacha ishining atigi 5% va sarflagan yonilg'sining 2,5% dan kamroq qismi to'g'ri keladi.

1-jadval

Manyovr teplovozlarning DGQ yuklanish rejimlari spektr parametrlarining umumlashgan qiymatlari keltirilgan

Yuklash rejimi	KMP	Yuklama parametrlari qiymatlari, %		
		T (ish vaqti)	Ae (ish)	Be (yonilg'i sarfi)
Salt ish rejimi	0	79,80	21,7	46,0
(0÷0,25)Ne nom	0-4	16,00	38,1	30,2
(0,26÷0,50)Ne nom	4-6	3,10	27,8	17,1
(0,51÷0,75) Ne nom	6-7	0,60	6,5	3,5
(0,76÷1,00) Ne nom	7-8	0,50	5,9	3,2
shu jumladan Ne nom	8	0,20	4,6	2,6

Keltirilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, manyovr lokomotivining ekspluatatsion samaradorligi asosan uning kuch qurilmasining salt yurish va kichik yuklamalar rejimlarida ishlash sifati bilan belgilanadi.

Shu bilan birga, lokomotivni loyihalashda uning barcha agregatlarining konstruktiv va roslash parametrlari qiymatlari dizel-generator qurilmasining nominal ish rejimi uchun maqbullashtiriladi. Ta'mirdan keyingi va nazorat reostat sinovlari ham dizelning nominal samarali quvvatiga mos keladigan kuch qurilmasining nominal ish rejimida o'tkaziladi.

Shunday qilib, manyovr teplovozining hayotiy sikli loyihalash va ekspluatatsiya bosqichlarida uning kuch qurilmasi parametrlari qiymatlariga qo'yiladigan talablarda yaqqol ziddiyat mavjud.

Yuqoridagilarni hisobga olgan holda, mexanik boshqariladigan yoqilg'i apparatlari va rostlanmaydigan gaz taqsimlash mexanizmi bilan jihozlangan oldingi yillarda ishlab chiqarilgan dizelli manyovr lokomotivlarining ekspluatatsion samaradorligini yonilg'i apparatlarining doimiy sozlanmalari va gaz taqsimlash fazalarini dizel-generator qurilmasining (DGQ) ish birligiga minimal o'rtacha yonilg'i sarfi mezonini bo'yicha maqbullashtirish orqali oshirish imkoniyatini tahlil qilish maqsadga muvofiqdir.

Bundan tashqari, dizel dvigatellarining yonilg'i uzatish va gaz taqsimotini boshqarishning zamonaviy tizimlari tahlil qilindi. Rostlash parametrlarining ish jarayoni sifatiga va dizelning ishonchlilik ko'rsatkichlariga ta'siri o'rganildi.

Teplovoz dizellarining mavjud zamonaviy yoqilg'i uzatish tizimlari o'rganilib, ularning afzalliklari va kamchiliklari tahlil qilindi.

O'tkazilgan tahlil natijalariga ko'ra tadqiqotning maqsadi va vazifalari belgilandi.

Dissertatsiyaning **“D50 (PD1M) dizelining ish jarayonining matematik modelini ishlab chiqish”** deb nomlangan ikkinchi bobida TEM2 seriyali manyovr teplovozi dizelining ish jarayonini modellashtirish ketma-ketligi keltirilgan. Qo'yilgan masalani yechish usuli sifatida yoqilg'i apparatlari va gaz taqsimlash fazalarining turli xil sozlanishlarida PD1M (6CHN31,8/33,0) dizelining ishlash jarayonini matematik model asosida o'rganish tanlangan.

Modellashtirish vositasi sifatida “Dizel-RK” dasturiy majmuasi tanlandi. Modelni identifikatsiya qilish PD1M dizelining konstruktiv parametrlari hamda asosiy parametrlari va tuzilishi jihatidan o'xshash dvigatellarning sinov natijalari yordamida amalga oshirildi. Dizelning gaz-havo tizimi (GHT) parametrlarini aniqlash markazdan qochma kompressorning universal bosim tavsiflari va TK30 turbokompressorining gaz turbinasining o'lchovsiz tavsiflaridan foydalangan holda bajarildi.

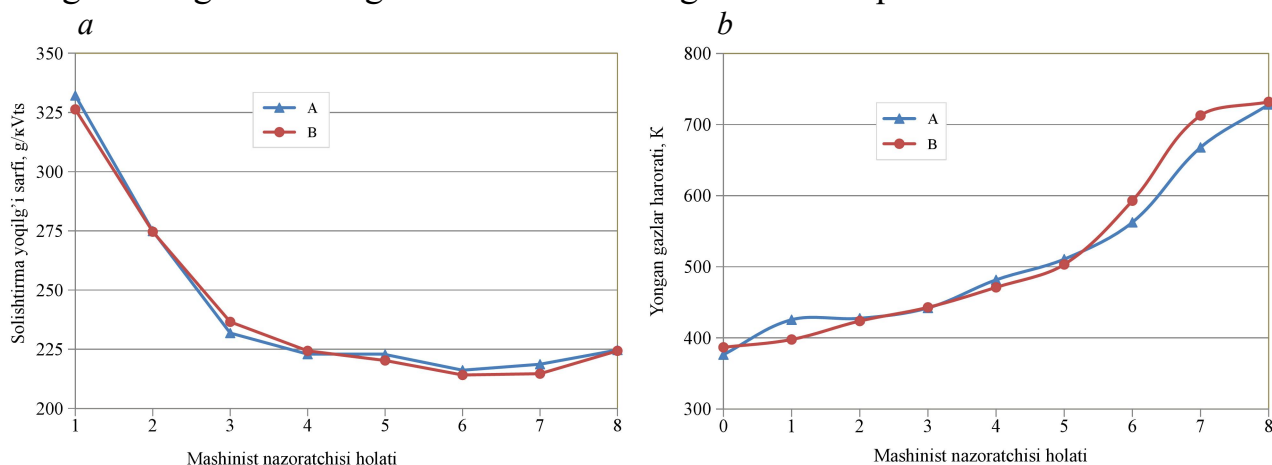
Modelning mosligini tekshirish uchun dizelning teplovoz (generator) xarakteristikasi normal atmosfera sharoitlarida (atmosfera bosimi $P_0=1$ bar, tashqi havo harorati $T_0=293$ K) TEM2 teplovozining dizel-generator qurilmasi tarkibidagi yuklanish sharoitlari va yoqilg'i purkalishining optimal burchagining nominal qiymati (tirsakli valning 29 gradus aylanishi) uchun hisoblandi.

Modelning adekvatligi tekshirilganda, hisob natijasida olingan yonilg'ining solishtirma samarali sarfi g_e qiymatlari dizelining universal xarakteristikasi bilan hamda yongan gazlarning harorati $T_{y.g}$ qiymatlari xuddi shunday generator xarakteristikasiga ega teplovozning reostat sinovlarida olingan ma'lumotlar bilan taqqoslagandi. Taqqoslash ishlarining ayrim natijalari 2-rasmda keltirilgan bo'lib, bunda A-grafik model natijalari va B-grafik dizelning universal xarakteristikalari natijalarini anglatadi. Yongan gazlarning ko'rsatkichlari reostat sinovlarida qo'yiladigan talablardan kelib

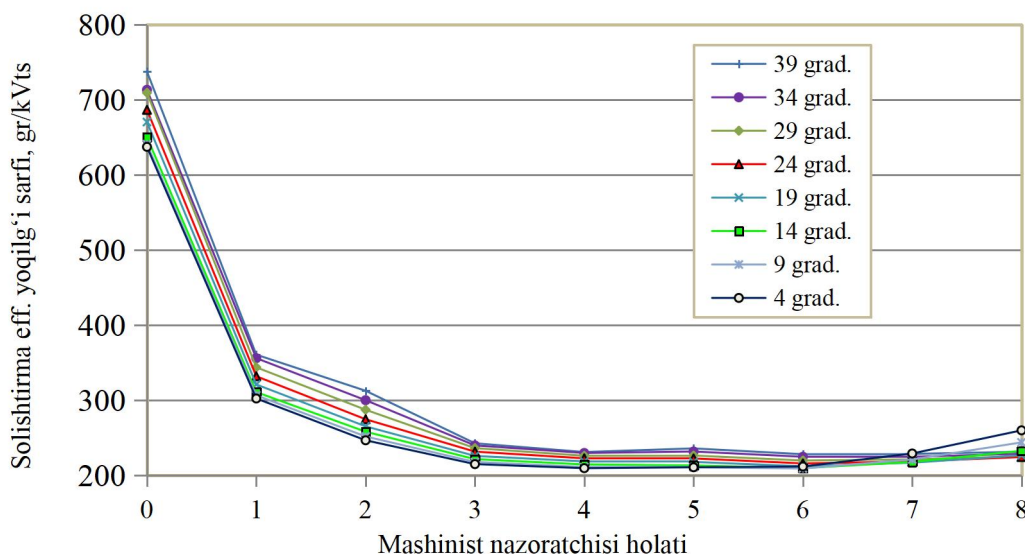
Rasmlardan ko'rinib turibdiki, modelning mutlaq xatoligi chiqindi gazlar harorati bo'yicha 7% dan va yonilg'ining solishtirma samarali sarfi bo'yicha

1,5% dan oshmaydi, bu esa qoniqarli natija hisoblanadi.

Tadqiqot jarayonida dizelning ishchi jarayoni parametrlarining qiymatlari mashinist nazoratchisining barcha pozitsiyalariga mos keladigan teplovoz xarakteristikasi bo'yicha, yoqilg'ini sepish burchagining 39 dan 4 gradusgacha bo'lgan oralig'ida har 5 gradus intervalda o'zgartirilib aniqlandi.



2-rasm. PD1M dizeli modelining adekvatligini tekshirish natijalari:
a - solishtirma samarali yoqilg' i sarfi qiymatlari, *b* - turbinaga kiruvchi yongan gazlarning harorati

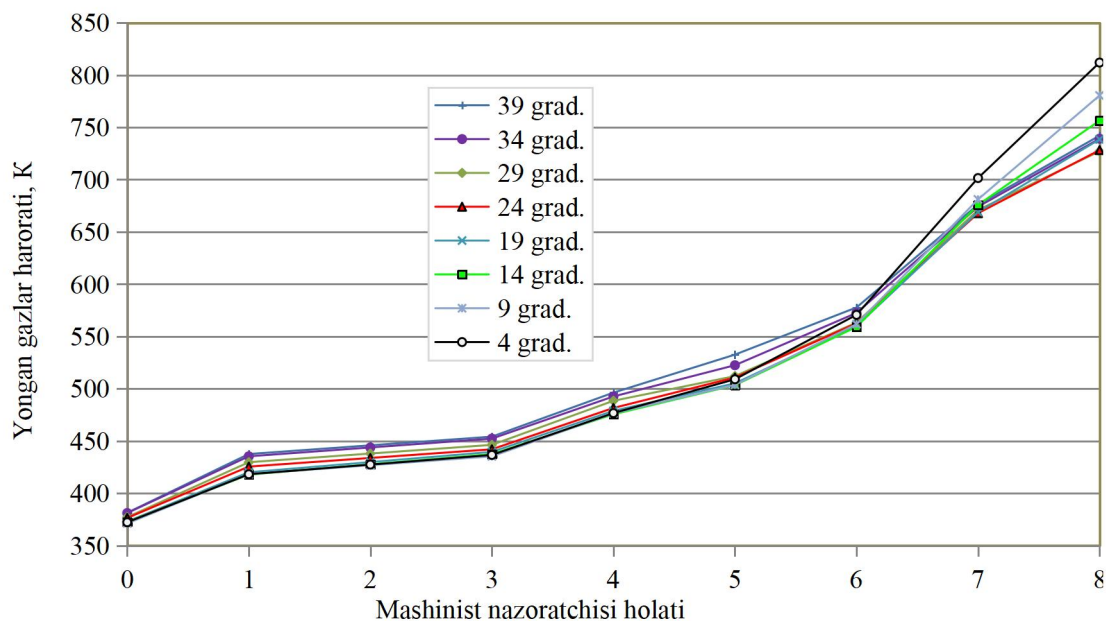


3-rasm. Yonilg' i uzatishning turli burchaklarida teplovoz xarakteristikasi rejimlarida yonilg'ining solishtirma samarali sarfi o'zgarishi

Yoqilg' i purkashning turli burchaklari uchun teplovoz xususiyati rejimlaridagi solishtirma yoqilg' i sarfi qiymatlari 3-rasmda keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, yoqilg' i purkashning nominal burchagi nominalga yaqin (nazoratchi qurilmasining yettinchi va sakkizinchi pozitsiyalari) rejimlarda solishtirma yoqilg' i sarfining eng kam qiymatlarini ta'minlaydi. Qolgan pozitsiyalarda solishtirma yoqilg' i sarfining eng kam qiymatlariga burchaklarning sezilarli darajada kichik qiymatlarida erishiladi - oltinchi pozitsiyada tirksakli valning burilishining (TVB) 14...19 gradus, mashinist nazoratchisining birinchi pozitsiyasida TVBning

9...4 gradus burchaklariga mos keladi.

4-rasmda teplovoz xarakteristikasi rejimlarida turbina oldi chiqindi gazlar haroratining qiymatlari ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, nominal ish rejimida yoqilg'ini sepish burchagining (YoSB) 9 gradusgacha kamayishi turbina oldi chiqindi gazlar haroratining 500°C dan oshishiga olib keladi (bu ruxsat etilgan maksimal qiymatga muvofiq). Shu sababli, YoSB ning maqbul qiymati sifatida 14 gradusni qabul qilish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

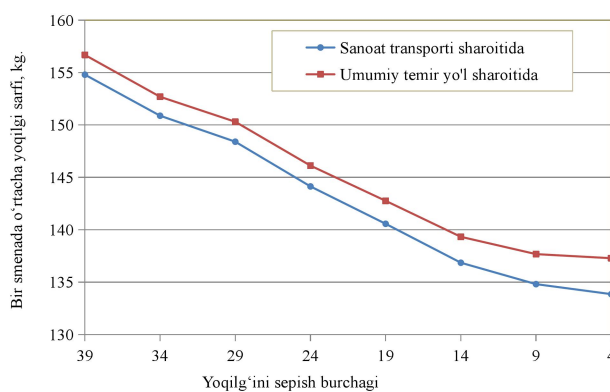


4-rasm. Yoqilg'ini o'zish burchagining turli qiymatlarida teplovoz xarakteristikasi rejimlarida turbina oldida ishlatilgan gazlarning harorati

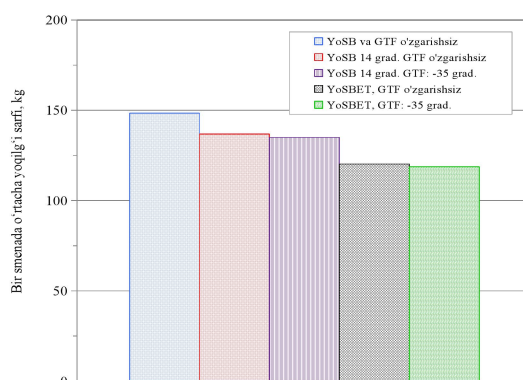
Tezlik xarakteristikasining barcha rejimlarida YoSBning kamaytirilgan qiymatidan foydalanish natijasida kutilayotgan samarani baholash maqsadida, 1-rasmga va 1-jadvalga mos keladigan ish jadalligida, YoSBning turli burchaklarida teplovoz tomonidan bir smenada (12 soat) sarflangan yoqilg'i miqdori hisoblab chiqildi. Ushbu ish sharoitlarida bir smenadagi o'rtacha yoqilg'i sarfining YoSBga bog'liqligi 5-rasmda ko'rsatilgan.

Shunday qilib, yoqilg'i sepish mexanik boshqariladigan PD1M dizelida YoSBning kamaytirilgan qiymatini (pasport qiymati 29 gr. TVB o'rniga 14 gr. TVB) o'rnatish, foydalanish rejimlariga qarab yoqilg'ining ekspluatatsion sarfini 5-8% ga kamayishini ta'minlaydi.

Dizelning silindr-porshen guruhi (SPG) uzellariga issiqlik yuklamalari darajasiga YoSB kamayishining ta'sirini baholash maqsadida, hisoblash jarayonida SPG uzellariga mexanik va issiqlik yuklamalarini tavsiflovchi bir qator parametrlarning qiymatlari aniqlandi.



5-rasm. Teplovozning bir smenada yoqilg'i sarfi, yoqilg'i o'zish burchagining turli qiymatlari



6-rasm. Dizelning turli rostlash parametrlari qiymatlarida o'rtacha smenaviy yoqilg'i sarfi

Gaz taqsimlash fazalarining (GTF) o'zgarishi dizelning tejamkorligi va ishonchligi darajasiga ta'siri o'rganildi. GTFni o'zgartirish bo'yicha hisob-kitoblar gaz taqsimotining barcha fazalarini alohida va guruhlab boshqarish holatlari uchun amalga oshirildi.

Dizel ishlayotgan paytda optimal yoqilg'ini sepish burchagi qiymatini tanlash imkoniyatini hisobga olgan holda (teplovoz yoqilg'i purkashni boshqarishning elektron tizimi (YoSBET) bilan jihozlangan holat), yoqilg'ini sepish burchagi va GTFning o'zgarishiga bog'liq ravishda g_e qiymati va dizel yoqilg'isining o'rtacha smenali (12 soatlik) sarfining o'zgarishi qiyosiy tahlil qilindi. Yoqilg'ining o'rtacha smenali sarfining o'zgarish diagrammasi 6-rasmda keltirilgan.

Bundan tashqari, dizelning rostlash parametrlari o'zgarishining uning ekologik xususiyatlariga ta'siri hisoblandi. Bunda qattiq zarrachalar (PM), uglevodorodlar (C_2O) va azot oksidlari (NO_x) emissiyasi darajasining o'zgarishi tahlil qilindi. Chiqindi gazlar tarkibidagi zararli moddalar chiqindilari darajasi GOST 33754-2016 va GOST 30574-98 bo'yicha belgilangan chegaraviy qiymatlardan oshmadi.

Dissertatsiyaning **“Teplovoz dizeli turbokompressorining ishlash qobiliyatini tezkor nazorat qilish”** deb nomlangan uchinchi bobida teplovoz dizelining GHT tezkor nazorat qilish usuli ishlab chiqilgan va nazariy jihatdan asoslangan.

GHT holati sinflarini bilvosita aniqlovchi parametr sifatida sovutish tizimiga issiqlik uzatishni hisobga olmagan holda aniqlanadigan turbinaning soploli apparati va ishchi g'ildiragidagi ishlatilgan gazlar haroratining keltirilgan farqi ($\frac{\Delta T_{ta}}{T_0}$) tanlangan. Bu parametr nagnetatelda havoning bosimini oshirish darajasi (π_H) bilan funksional bog'liqlikka ega, u turbokompressordagi mexanik yo'qotishlar miqdorini (η_{MTK}), nagnetatelning oqim qismining holatini (η_{ad}) va turbinaning ichki (indikator) foydali ish ko'efficientini (FIK) hisobga oladi. Oxirgi ko'rsatkich quyidagi formula bo'yicha aniqlandi:

$$\frac{\Delta T_{ta}}{T_0} = \frac{A}{\eta_{MTK} \cdot \eta_{ad}} \cdot \left(\pi_H^{\frac{k_B - 1}{k_B}} - 1 \right),$$

bu yerda $A = \frac{G_B}{G_R} \cdot \frac{k_B \cdot (k_R - 1)}{k_R \cdot (k_B - 1)} \cdot \frac{R_B}{R_R}$ - doimiy koeffitsiyent; $\eta_{MTK} = \eta_{MT} \cdot \eta_{MK}$ - turbokompressorning foydali ish koeffitsiyenti; η_{MT} - turbinaning mexanik FIK; η_{MK} - kompressorning mexanik FIK; π_H - kompressordagi havoning siqilish darajasi; G_B, G_R - havo va yongan gazlarning og'irlik miqdori; R_B, R_R - havo va yongan gazlar doimiysi; k_B, k_R - havo va yongan gazlarning adiabat ko'rsatgichi; $\Delta T_{\tau a}$ - dizel turbokompressoridagi yongan gazlarning harorati tushuvi farqi; T_0 - kompressorga kiruvchi havoning harorati.

TEM18DM teplovozinining 1-PD4D dizelining turli ish rejimlarini GHTning turli holatlarida Dizel-RK dasturiy majmuasida modellashtirish orqali shakllantirilgan o'rgatuvchi tanlanmadan foydalanib, teplovoz dizelining gaz-havo trakti agregatlarini diagnostika qilishning taklif etilgan usuli va uslubi tekshirildi.

2-jadval

Dizel gaz-havo traktining holat sinflari

No	Tavsif	Xarakterli parametrlarning qiymatlarini o'zgartirish	Vektorlar miqdori
0	Soz turbokompressor (TK) va boshqa GHT qurilmalari	Dizelning yuklanish tavsifi bo'yicha siklli yonilg'i berish miqdorining o'zgarishi. Turli siklli yonilg'i berish miqdorlarida yonilg'i uzatishning ilgariinish burchagining o'zgarishi. Forsunka soplo uchining yeyilishi 20%	20
1	TK nosozligi	η_{ad} ni 10, 15, 20% ga kamayishi, turbinaning ichki FIKni 10, 15, 20, 25% ga kamayishi, turbinaning ekvivalent o'tish kesimini 5, 10, 15, 20% ga kamayishi	35
2	Yongan gazlar chiqarish tizimining kokslanishi	Turli siklli uzatishlarda so'ndirgichdagi bosim yo'qotishlari 0,006...0,013 MPa ni tashkil etadi.	21
Tanlanmaning jami hajmi, vektorlar			76

Nominal rejimda turbinaning to'liq gaz harorati farqi $\Delta T_{\tau 0}$ TEM18DM teplovozinining reostat sinovlari natijalariga ko'ra aniqlandi va 99 °K ni tashkil etdi. Nominal rejimda turbina korpusiga issiqlik uzatilishi natijasida gaz haroratining o'zgarishi $\Delta T_{\tau 0}^{oxl} = 99 - 50,12 = 48,88$ °K ga teng bo'ldi.

Ushbu usul va uslub teplovoz dizeli ishlash parametrlarini aniqlik bilan baholash va texnik holatini o'z vaqtida aniqlash imkonini beradi. Modellashtirish jarayonida dizelning turli rejimlaridagi ishlash jarayonlari, gaz-havo aralashmasining hosil bo'lishi, yonish jarayonlari va chiqindi gazlarning parametrlari o'rganildi. Bu jarayon natijalari asosida diagnostika mezonlari ishlab chiqildi.

GHTning texnik holati sinflari va ularga mos keluvchi nosozliklar tavsifi 2-jadvalda, modellashtirish natijalarining bir qismi esa 3-jadvalda keltirilgan.

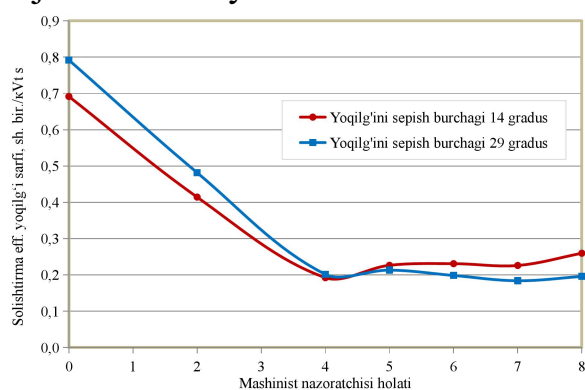
GHT nosozliklarini modellashtirish natijalari jadvalidan parcha

G_h , kg/s	π_n	n_{tk} , ayl/min	T_t , K	p_t , MPa	T_t , K	g_s , gr.	T_2 , K	ΔT_{ra} , K	JH sinflari	JH tasnifi
2,1791	1,63	15936	751,6	0,1482	750	1,435	701,48	50,12	0	Yoq. ap. norm.hol
2,259	1,678	15964	770	0,1538	750	1,435	7155	55	0	soploning yeyilishi 20%
2,2327	1,663	15958	761	0,1526	750	1,435	708	53	0	YoSB 10 gr. ga kamayishi
1,9279	1,641	15939	793,8	0,1647	750	1,437	726,8	67,05	1	μFr 20% ga, η_{π} 25% ga
1,4952	1,443	14668	894,2	0,1543	750	1,435	859	35,2	2	Turbina bosimi 0,025 MPa

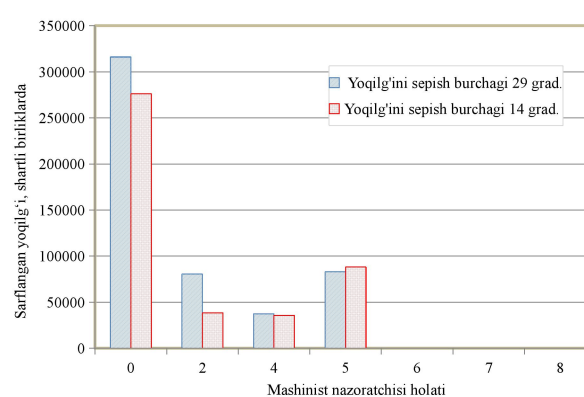
Dissertatsiyaning “**Manyovr teplovozinig dizel yonilg‘isini sepish samaradorligini qo‘llash bo‘yicha tajriba tadqiqotlari**” deb nomlangan to‘rtinchi bobida dizelning ish jarayoni ko‘rsatkichlariga yonilg‘i sepish burchagini oldindan rostdash samaradorligini o‘rganish bo‘yicha o‘tkazilgan tajribalar tartibi va natijalari batafsil bayon etilgan.

Olingan hisob-kitob natijalarini tekshirish maqsadida YoSBET yoqilg‘i uzatishni elektron boshqarish tizimi bilan jihozlangan TEM18DM teplovozinig 1-PD4D dizelining ish jarayoni parametrlari va yoqilg‘i sarfiga yoqilg‘ini sepish burchagi qiymatining ta‘sirini tajriba yo‘li bilan baholash amalga oshirildi. Teplovozinig reostat sinovlari davomida tirsakli valning aylanish burchagi bo‘yicha yoqilg‘i uzatish davomiyligi, tirsakli valning aylanish tezligi, silindrlar bo‘yicha chiqindi gazlarning harorati, yonish bosimi va dizelning doimiy yoqilg‘i sepish burchagi 14 va 29 gradus qiymatlari bilan teplovoz xarakteristikasi rejimlarida ishlayotgandagi ish jarayonining boshqa parametrlari qayd etib borildi.

Yoqilg‘i berish davomiyligi va tirsakli valning aylanish chastotasi YoSBET tizimining Inject Service dasturi yordamida nazorat qilindi. Silindrlardan chiqishda ishlatilgan gazlarning harorati termoparalarning shtat to‘plami va harorat o‘lchagich moduli bilan o‘lchandi, chaqnash bosimini o‘lchash uchun “Magistral” diagnostika majmuasidan foydalanildi.



7-rasm. YoSB ning turli qiymatlarida solishtirma samarali yonilg‘i sarfi



8-rasm. TEM18 teplovozi uchun YoSBning 29 gr. va 14 gr. qiymatlarida yoqilg‘i sarfini taqqoslash

TVBning 14 va 29 gr. qiymatdagi YoSBlari uchun ko'rsatkichlarni o'lchash va hisoblash natijalari 7- va 8-rasmlarda keltirilgan.

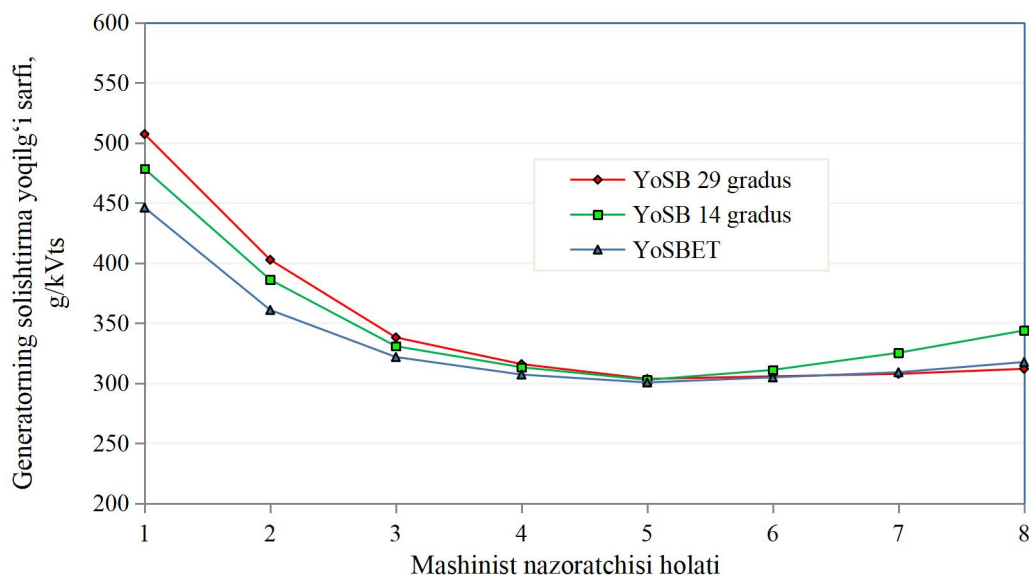
Olib borilgan tahlil natijalariga ko'ra, YoSBning muvofiqlashtiruvchi qiymatini qo'llash (29 gradus o'rniga 14 gradus) mashinist nazoratchisining yuqori holatlaridan uzoq vaqt foydalanishni talab qilmaydigan yengil manyovr ishlarini bajaradigan TEM2 (TEM18) teplovozin yonilg'i sarfini sezilarli darajada (15,2 foizgacha) kamaytirish imkonini beradi.

Sakkizinchi holatda chiqindi gazlarning harorati 500°C dan oshganligi sababli, dizelli dvigatelni ishlatish bo'yicha qo'llanma talablarining buzilishini oldini olish maqsadida, kichraytirilgan YoSBdan foydalanilgan rejimda ishlash rad etilishi lozim.

Olingan nazariy natijalarning ishonchligini yanada oshirish maqsadida, Sankt-Peterburg davlat temir yo'l universiteti teplovoz laboratoriyasida D50 dizel-generator qurilmasida qo'shimcha eksperimental tadqiqotlar o'tkazildi.

Tajribani o'tkazish uchun "Massa-K" elektron tarozisi va ARDUINO oilasiga mansub ESP32 signallarni kiritish moduli asosida dizel yonilg'isi sarfini o'lchash uchun ko'chma majmua ishlab chiqildi va tayyorlandi. Tajriba davomida generatorning bir birlik ishiga to'g'ri keladigan solishtirma yonilg'i sarfi, soatlik yonilg'i sarfi, generator bajargan ish, silindrlar bo'yicha chiqindi gazlar harorati, maksimal portlash bosimi, mashinist nazoratchisining barcha holatlarida YoSBga bog'liq ravishda yonilg'ini purkash bosimi qiymatlari aniqlandi.

Tajriba YoSBET tizimi uchun YoSBning nominal qiymatlari uchun, shuningdek YoSBning 29 va 14 gradusga teng bo'lgan belgilangan qiymatlari uchun o'tkazildi. Generatorning kVt·soat ishidagi solishtirma yonilg'i sarfining o'zgarishi 9-rasmida ko'rsatilgan.



9-rasm. Yuklanish xarakteristikasi bo'yicha generatorning solishtirma samarali yonilg'i sarfi qiymatining o'zgarishi

Hisoblash va tajriba natijalarining tahlili shuni ko'rsatdiki, tanlangan maqbullik mezonining qiymati (bir smenadagi o'rtacha dizel yoqilg'isi sarfi

(12 soat) manyovr teplovozinig ish rejimiga qarab o'zgarib turadi. Sanoat transporti sharoitida foydalanilayotgan manyovr teplovlari uchun tahlil natijalari 4-jadvalda, umumiy temir yo'l sharoitida esa 5-jadvalda keltirilgan.

Keltirilgan natijalardan quyidagi xulosalarni chiqarish mumkin. Agar TEM2 seriyali manyovr teplovozi sanoat transporti sharoitida ishlatiladigan bo'lsa, YoSB qiymatining 29 dan 14 darajagacha pasayishi bir smenada (12 soat) dizel yoqilg'isi sarfining o'rtacha 8,87% ga kamayishiga olib keladi. Agar teplovoz umumiy temir yo'llarda ishlatiladigan bo'lsa, bir smenada o'rtacha 7,1% iqtisod qilinadi.

4 - jadval

Sanoat transporti sharoitida foydalanilayotgan manyovr teplovozinig dizel yoqilg'isi o'rtacha smenali sarfining umumlashtirilgan natijalari

	Hisob-kitob ma'lumotlari Dizel-RK, kg	Laboratoriya stendida, kg	TEM18DM teplovozida, kg
29 град.	148,38	178,18	151,6
14 град.	136,83	160,46	128,56
Taqqoslash %	7,78	9,95	15,20

5 - jadval

Umumiy temir yo'l sharoitida ekspluatatsiya qilinayotgan manyovr teplovozi dizel yoqilg'isining o'rtacha smenali sarfining umumlashtirilgan natijalari

	Hisob-kitob ma'lumotlari Dizel-RK, kg	Laboratoriya stendida, kg	TЭM18DM teplovozida, kg
29 град.	150,28	181,61	156,6
14 град.	139,3	169,22	145,74
Taqqoslash %	7,31	6,82	6,93

“O'zbekiston temir yo'llari” AJ ma'lumotlariga ko'ra, 2023 yilda manyovr teplovlari 10746 tonna dizel yoqilg'isi sarf etgan. Manyovr teplovlarining ekspluatatsiya parkida 194 ta lokomotiv mavjud bo'lib, shundan 131 tasi TEM2 va 63 tasi CHME3 rusumli teplovlardir. Ushbu teplovlar “O'zbekiston temir yo'llari” AJning 214 ta stansiyasida faoliyat ko'rsatadi, ularning 59 tasi poyezdlarni shakllantiruvchi stansiyalar hisoblanadi.

Mashinist nazoratchisining 8-holatida yongan gazlar haroratining belgilangan me'yorlardan oshishini hisobga olgan holda, YoSBning 14 darajaga teng kamaytirilgan qiymati bilan ishlash paytida, ushbu ilmiy-tadqiqot ishi natijalarini “O'zbekiston temir yo'llari” AJ ning kam yuklangan stansiyalarida faoliyat yuritayotgan taxminan 84 ta TEM2 seriyali manyovr teplovlariga joriy etish mumkin. Tadqiqotni amalga oshirish natijasida “O'zbekiston temir yo'llari” AJ bo'yicha dizel yoqilg'isining yillik taxminiy iqtisodi 330 tonna yoki 4,95 mlrd. so'mni tashkil etadi.

Sanoat transporti va umumiy temir yo'l sharoitida ishlaydigan boshqa seriyali manyovr teplovlariga tadqiqot natijalarini joriy etib, energetik samaradorligini ta'minlash va ekspluatatsion xarajatlarini kamaytirish uchun ushbu teplovlarning kuch qurilmalari ish rejimlarining tahlilini amalga oshirish va ushbu uslub bo'yicha hisob-kitoblar va tajriba tadqiqotlarini o'tkazish zarur.

XULOSA

Dissertatsiya ishida manyovr teplovozlari dizellarining iqtisodiy samaradorligi va ishonchliligini oshirishga qaratilgan nazariy va tajribaviy tadqiqotlar majmuasi o'tkazildi. Natijada quyidagi asosiy ilmiy va amaliy xulosalarga kelindi:

1. Manyovr teplovozlari dizellarining ish rejimlari, ularning konstruktiv xususiyatlari va foydalanish talablarini o'rganish asosida rostdash parametrlarining texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlarga ta'sirini tahlil qilish zarurati aniqlandi.

2. Nazariy tadqiqotlarni amalga oshirish uchun PD1M rusumli teplovoz dizelining matematik modeli ishlab chiqildi. Ushbu model dizelning ish jarayonini modellashtirish va uning asosiy texnik, iqtisodiy hamda ekologik parametrlarining o'zgarishini tahlil qilish imkonini beradi. Sonli tadqiqotlar "Dizel-RK" kompleks dasturi yordamida bajarildi.

3. Yonilg'i uzatishning ilgari burchagi va gaz taqsimoti fazalarining turli qiymatlarida solishtirma samarali yonilg'i sarfining qiymatini o'zgartirish bo'yicha sonli tadqiqotlar o'tkazildi. Tadqiqotlar natijasida yonilg'i uzatish burchagining muhosasi qiymatlari aniqlandi va manyovr teplovozi yonilg'isining o'rtacha smenali sarfi uning ekspluatatsiya rejimlariga bog'liq holda qiyosiy tahlil qilindi.

4. Dizelning rostdash parametrlari o'zgarishining yonilg'ining solishtirma samarali sarfi, yonilg'ining o'rtacha smenali sarfi, ishlatilgan gazlarning harorati, siklning maksimal harorati va bosimi, porshen tubining va silindr qopqog'ining ishchi yuzasining o'rtacha harorati kabi manyovr teplovozining iqtisodiy va texnik parametrlariga ta'sirini baholash uslubi takomillashtirildi.

5. Dizel dvigatelining gaz-havo trakti parametrlarini operativ monitoring qilishning yangi usuli ishlab chiqildi. Ushbu usul turbokompressor va gaz chiqarish tizimi nosozliklarining turli sinflariga mos keladigan oldindan belgilangan joylariga nisbatan joriy ish rejim nuqtasining holatini aniqlashdan iboratdir.

6. Reostat sinovlari va laboratoriya stendlarida dizel yonilg'isining haqiqiy sarfini aniqlash uchun "Massa-K" elektron tarozi va ARDUINO oilasiga mansub ESP32 elektr signallarini kiritish moduli asosida barcha seriyadagi teplovoz dizel yonilg'isining sarfini tahlil qilish mobil kompleksi ishlab chiqildi.

7. Tadqiqot natijalari manevr teplovozlarning dizel yonilg'isining o'rtacha ekspluatatsion sarfini 7,1% ga tejashni ta'minlaydi va shu bilan birga dizelning ishlash ishonchliligini oshirishga yordam beradi.

Shunday qilib, o'tkazilgan kompleks nazariy va eksperimental tadqiqotlar asosida ishlab chiqilgan yangi texnik yechimlar dizelning silindr-porshen guruhiga haroratli yuklamalarni kamaytirish orqali manyovr teplovozlarda dizel yonilg'isining o'rtacha smenali sarfini kamaytirish imkonini berishi, buning natijasida teplovoz dizelining ishonchliligini oshirish va buzilishlarning oldini olish imkoniyati mavjudligi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ НАУЧНЫХ СТЕПЕНЕЙ
DSc.15/31.08.2022.Т.73.07 ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КУЛМАНОВ БАХОДИР ТОШБОЛТАЕВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ
МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ ПУТЁМ ОПТИМИЗАЦИИ
РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЯ**

05.08.05 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

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

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии по техническим наукам (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2024.3.PhD/T4956.

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-сайте Научного Совета (www.tstu.uz) и Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Хамидов Отабек Рустамович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Гришенко Александр Васильевич
доктор технических наук, профессор

Пирматов Нурали Бердиёрович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Джизакский политехнический институт

Защита диссертации состоится 15 апреля 2025 г. 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.15/31.08.2022.T.73.07 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, Ташкент, Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-00-01; факс: (99871) 293-57-54, e-mail: rektorat@tdtu.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Ташкентском государственном транспортном университете (регистрационный номер – 233). Адрес: 100167, Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1. Тел.: (99871) 299-05-66.

Автореферат диссертации разослан 27 марта 2025 года. (протокол реестра № 026 от 27 марта 2025 года).



Р.В. Рахимов
Председатель Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Я.О. Рузметов
Учёный секретарь Научного совета
по присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Р.М. Мирсаатов
Председатель Научного семинара
при Научном совете по присуждению
учёных степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире особое внимание уделяется совершенствованию существующих конструкций и созданию новых двигателей внутреннего сгорания тепловозов на железнодорожном транспорте. Решение этих проблем является одним из основных направлений развития в специализированных научных, конструкторских и производственных организациях мира. В настоящее время в развитых странах научно-исследовательские и научные центры решают ряд вопросов, связанных с повышением безопасности движения поездов при различных режимах погрузки и диапазонах скоростей, снижением затрат на обслуживание локомотивов и увеличением межремонтного времени локомотивов. В связи с отсутствием имеющихся локомотивов и низкой мощностью железнодорожных участков необходимо разработать новые направления исследований по совершенствованию парка локомотивов и предложению инновационных решений для увеличения грузового оборота, в частности, по внедрению программ и методологий, направленных на улучшение работы дизельных двигателей, являющихся силовыми установками тепловозов. Вместе с тем, одним из способов улучшения технико-экономических показателей и эффективного использования парка магистральных и маневровых тепловозов является проведение широкомасштабных мероприятий по оптимизации регулируемых параметров в зависимости от режимов работы силовых установок.

В мире ведутся различные научно-технические и технологические работы по разработке и совершенствованию современных конструкций двигателей внутреннего сгорания тепловозов, реализуются комплексные мероприятия по исследованию эффективного использования существующих двигателей внутреннего сгорания. В этом направлении особого внимания заслуживает улучшение технико-экономических показателей маневровых тепловозов, относящихся к локомотивному хозяйству. Поэтому выбор оптимальных параметров силовых установок маневровых тепловозов с учетом режимов их работы в эксплуатации является одной из важных задач, стоящих перед железнодорожным транспортом. Решение этой задачи позволит сэкономить бюджетные валютные средства, выделяемые на закупку дизельного топлива, используемого в дизельных двигателях, а также повысить надежность и улучшить экологические показатели тепловозов.

В нашей республике реализуется ряд мер по дальнейшему развитию различных отраслей транспорта, в частности, по организации технического обслуживания и эффективного использования парка железнодорожных локомотивов, а также пополнению его локомотивами с усовершенствованными технико-экономическими характеристиками. В Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы³ и Постановлении

³ Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 "О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы"

Президента Республики Узбекистан № ПП-329⁴ определены такие важные задачи, как ..."развитие единой транспортной системы, неразрывно связывающей все виды транспорта..., ...развитие рынка и инфраструктуры транспортно-логистических услуг..., ...расширение "зеленых коридоров" и транзитных возможностей в транспортной системе...", а также ..."снижение затрат на пассажирские и грузовые перевозки..., ...развитие железнодорожной инфраструктуры, обновление парка локомотивов и вагонов..." Для реализации этих задач, в частности, одним из важных направлений является исследование углов впрыска топлива и фаз газораспределения двигателей внутреннего сгорания маневровых тепловозов, определение оптимальных значений которых позволит улучшить технико-экономические показатели этих дизельных двигателей и обосновать повышение их надежности.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит реализации задач, установленных Законами Республики Узбекистан № ЗРУ-706 от 9 августа 2021 года и № 766-І от 15 апреля 1999 года «О железнодорожном транспорте» Указами Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» и № УП-5647 от 1 февраля 2019 года «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта», Постановлениями Президента Республики Узбекистан № ПП-4703 от 4 мая 2020 года «О мерах по коренному совершенствованию системы подготовки кадров в сфере транспорта» и № ПП-329 от 10 октября 2023 года «О мерах по коренному реформированию сферы железнодорожного транспорта Республики Узбекистан», а также другими нормативно-правовыми документами, относящимися к данной деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в Республике Узбекистан - II. «Энергетика, энерго и ресурсосбережение», ППИ-3 - «Энергетика, энергия, ресурсосбережение, транспорт, машино - и приборостроение».

Степень изученности проблемы. На ряде крупных производственных предприятий, ведущих научно-исследовательских институтах и высших учебных заведениях, таких как Westinghouse (США), Oerlikon (Швейцария), Knorr-Bremse (Германия), Faiveley (Франция), а также Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (Россия), Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (Россия), Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (Россия), Самарский государственный университет путей сообщения (Россия), Омский государственный университет путей сообщения (Россия), Белорусский государственный университет транспорта (Беларусь), Ташкентский государственный

⁴ Постановление Президента Республики Узбекистан от 10 октября 2023 года No ПП-329 "О мерах по кардинальному реформированию сферы железнодорожного транспорта Республики Узбекистан"

транспортный университет (Узбекистан) и других научных центрах проводились научные исследования, направленные на улучшение экономичности и надёжности дизелей тепловозов.

Значительный вклад в повышение экономичности и надёжности транспортных дизелей и развитие современных методов и средств экономии дизельного топлива и повышения надёжности тепловозных дизелей внесли зарубежные учёные А.И.Володин, А.З. Хомич, А.Э. Симсон, Г.А.Фофанов, Е.Е.Коссов, В.В.Фурман, В.А. Четвергов, В.И. Киселев, В.В. Стрекопытов, В.В.Грачев, А.В.Грищенко, Ф.Ю.Базилевский, А. В.Захватов, А. Ю.Коньков, К. М.Попов, В.А.Мионов, В.Н.Балабин, И.А.Кузнецова, С. Мэнсон, Б. Боли, Дж. Уэйнер, Д.А. Гохфельд, А.Н. Савоськин, И.И. Лобанов, и другие.

В нашей стране существенный вклад в дальнейшее развитие и совершенствование методов теоретических расчётов и экспериментальных исследований касательно экономии дизельного топлива и повышения надёжности подвижного состава внесли учёные А.Д. Глущенко, Ш.С. Файзибаев, Р.В. Рахимов, Я.О. Рузметов, Г.А. Хромова, А.А. Шермухамедов, Б.Ш. Ахмедов, О.С. Абляимов, Б.Т. Файзиев, Н.С. Зайниддинов, А.Т. Джаникулов, О.Т. Касимов, М.Ш. Валиев, Х.М. Турсунов, Ш.И. Кудратов и другие.

Анализ отечественного и зарубежного опыта, а также результатов изучения литературных источников и авторских работ выявил, что, несмотря на значительный объём исследований, посвящённых повышению экономичности и надёжности маневровых тепловозов, вопросы влияния регулировочных параметров дизельных установок на их экономические, экологические и эксплуатационные характеристики остаются недостаточно изученными. Это подчёркивает актуальность разработки научно обоснованных подходов и технических решений, направленных на оптимизацию параметров работы силовых установок маневровых тепловозов с целью повышения их эффективности, надёжности и экологической безопасности в зависимости от эксплуатационных режимов.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено согласно плану научно – исследовательских работ, утверждённым научно-техническим Советом АО «Узбекистон темир йуллари» (протокол №29/1 от 28.09.18 г.) и Единым комплексным планом повышения технического уровня АО «Узбекистон темир йуллари» на 2019 г. (приказ №2374-НЗ от 27.12.18 г.).

Целью исследования является разработка научно обоснованных методов и практических рекомендаций по повышению экономичности и надёжности работы маневровых тепловозов за счёт оптимизации регулировочных параметров дизельных установок.

Задачи исследования:

выполнить анализ эксплуатационных режимов работы дизельных двигателей маневровых тепловозов в условиях предприятия промышленного транспорта и на станциях общей железной дороги;

разработать математической модели рабочего процесса в цилиндре тепловозного дизеля с учётом возможности анализа влияния регулирования угла опережения впрыска топлива и фаз газораспределения;

разработать методику оценки качества протекания рабочего процесса тепловозного дизеля путём определения параметров, характеризующих эффективность работы;

разработать метода оперативного контроля работоспособности турбокомпрессора тепловозного дизеля;

разработать макетного образца электронного весового расходомера для измерения удельного расхода топлива дизель – генераторной установкой тепловоза;

провести экспериментальные исследования, направленные на изучение влияния изменения регулировочных параметров на технико-экономические показатели маневрового тепловоза.

Объектом исследования является дизельный двигатель марки ПД1М маневрового тепловоза серии ТЭМ2.

Предметом исследования является экономичность и надежность работы маневровых тепловозов в условиях оптимизации регулировочных параметров дизеля.

Методы исследования. В процессе исследования использовались методы моделирования, численные, статистические, аналитические и экспериментальные методы исследования. В теоретических исследованиях применялись численные методы решения дифференциальных уравнений при математическом моделировании рабочего процесса дизеля, статистический метод анализа данных измерений, а также программные комплексы Дизель-ПК и Delphi. Для сравнения с результатами, полученными теоретическим путем, экспериментальные исследования по анализу влияния изменения угла впрыска топлива на технико-экономические показатели дизеля проводились в лабораторных условиях на стенде дизель-генератора Д50 и в условиях реостатных испытаний на тепловозе ТЭМ18ДМ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель, позволяющая рассчитать экономические, технические и экологические показатели дизельного двигателя марки ПД1М маневрового тепловоза серии ТЭМ2 с учетом удельного эффективного расхода топлива с использованием уравнений теплового и материального баланса;

разработано программное обеспечение, позволяющее рассчитывать и согласовывать совместную работу цилиндрико-поршневой группы дизеля и систем газотурбинного наддува;

разработана методика повышения экономичности и надежности маневровых тепловозов серии ТЭМ2 с учетом оптимальных значений регулировочных параметров дизельного двигателя марки ПД1М;

впервые разработан метод оперативного контроля технического состояния газоздушного тракта тепловозного дизеля на основе

относительной разницы температуры входящих и выходящих отработавших газов в турбокомпрессоре;

впервые разработан мобильное устройство, позволяющее определить и проанализировать удельный расход дизельного топлива тепловозов во время стендовых и реостатных испытаний.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан и внедрён мобильный комплекс, позволяющий анализировать расход дизельного топлива силовых установок тепловозов всех серии в лабораторных условиях и реостатных испытаниях, с возможностью определения удельного расхода топлива генератора, часового расхода и объёма выполненной работы генератора;

разработана технологическая инструкция оптимизации регулировочных параметров дизеля, обеспечивающих экономичности и надёжности маневровых тепловозов разных серии в зависимости от режимов работы его силовой установки, позволяющая ремонтным персоналам сократить время проведения регулировочных работ во время капитального и текущего ремонта тягового подвижного состава.

Достоверность результатов исследования подтверждается использованием в теоретических исследованиях современных программных обеспечений и методов, соответствием результатов расчёта параметров рабочего процесса дизеля в программном комплексе «Дизель-РК» результатами экспериментальных исследований, выполненных на стенде дизель-генераторной установки Д50 и на тепловозе серии ТЭМ18ДМ при проведении реостатных испытаний.

Научная и практическая значимость результатов диссертации.

Научная значимость полученных результатов исследования с научной стороны являются в разработке и улучшение методик, позволяющих осуществлять оперативный контроль технического состояния газоздушного тракта комбинированного тепловозного дизеля с газотурбинным наддувом и анализировать влияния изменения регулировочных параметров на основные показатели рабочего процесса дизеля. В зависимости эксплуатационных режимов работы маневровых тепловозов можно установить компромиссные значения угла опережения подачи топлива, при которых повышается экономичность и надёжность тепловоза.

Практическая значимость результатов исследования заключается возможности использования результатов исследования при капитальных ремонтах дизелей маневровых тепловозах серии ТЭМ2, ТЭМ18 и ЧМЭЗ, эксплуатирующихся на станциях, меньшем объёмом работы для снижения среднеэксплуатационного расхода топлива и повышения надёжности тепловозов. Кроме того, разработанный метод оперативного контроля состояния газоздушного тракта позволяет анализировать техническое состояние турбокомпрессора во время работы тепловоза и увеличивает надёжности работы всего тепловоза.

Внедрение результатов исследования. Результаты исследования оценки влияния изменения регулировочных параметров на экономичности и

надёжности дизеля маневровых тепловозов, а также способ оперативного контроля состояния газоздушного тракта дизеля внедрены в локомотивном депо «Узбекистан» и Карши (справка Министерства Транспорта Республики Узбекистан №4/Е1627 от 03.12.2024 г.).

При этом ожидаемая экономическая эффективность составила 4,95 млрд. сум за счёт внедрения методики на маневровых тепловозах, работающих на малонагруженных станциях АО «Узбекистон темир йуллари».

Апробация результатов исследования. Основные результаты данной диссертационной работы были обсуждены и представлены на одной республиканской и трёх международных научных конференциях. Получены два свидетельства о регистрации программного обеспечения.

Опубликованность результатов исследования. Основные научные результаты диссертации опубликованы в 17 научных публикациях, из них 8 опубликованы в журналах, включённых в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных литератур и приложения. Объём диссертационной работы составляет 99 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность работы, освещено состояние вопроса, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность, теоретическая и практическая значимость, приведены сведения о внедрении результатов научных исследований в производство, об апробации и публикации результатов исследования и его структуре.

В первой главе диссертации «**Обоснование актуальности задачи исследования**» приводится краткий обзор научных исследований в области повышения экономичности и надёжности тепловозных дизелей, анализ современных систем управления топливоподачей и газораспределением дизельных двигателей и влияние регулировочных параметров на качество протекания рабочего процесса дизеля.

Произведён подробный анализ эксплуатационных режимов дизельных двигателей маневровых тепловозов, эксплуатирующихся в условиях промышленного транспорта и в условиях общих железных дорог.

На рисунке 1 приведено мониторинг работы маневрового тепловоза ТЭМ18ДМ в условиях предприятия промышленного транспорта. Как следует из анализа, более 70% времени работы и 40% израсходованного топлива приходится на режим холостого хода (ХХ), при этом основная часть работы силовой установки тепловоза (более 35%) выполняется на пятой позиции контроллера машиниста (ПКМ) при мощности тягового генератора не более

55% от номинального значения. В номинальном режиме (на восьмой позиции контроллера) за 25 суток, в течение которых осуществлялся мониторинг, тепловоз не работал.

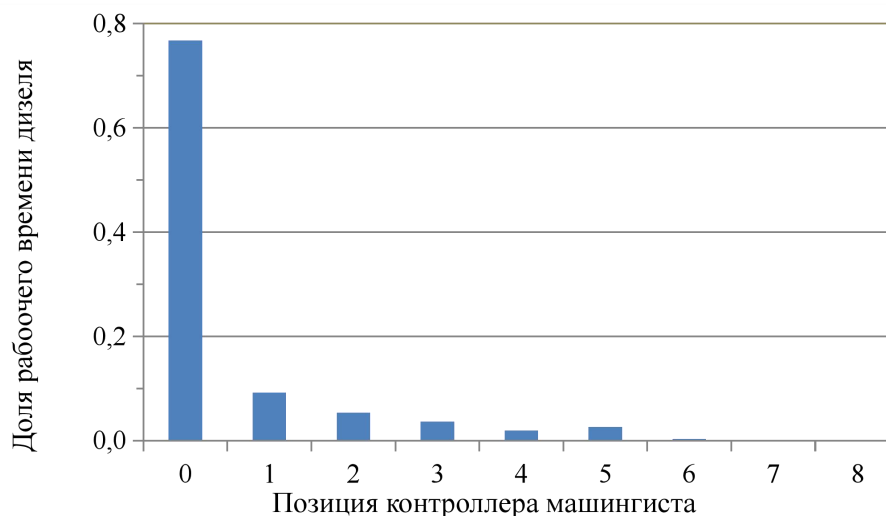


Рисунок 1. Среднее распределение суточного бюджета времени работы тепловоза ТЭМ18 при работе в условиях предприятия промышленного транспорта

Эти данные полностью соответствуют обобщённым результатам анализа режимов работы маневровых тепловозов ТЭМ2, ТЭМ18, ЧМЭЗ на станциях ОАО «Российские железные дороги» (таблица 1).

**Таблица 1
Обобщённые значения параметров спектра режимов нагрузки ДГУ маневровых тепловозов в эксплуатации**

Режим нагрузки	ПКМ	Значения параметров нагрузки, %		
		T (время работы)	Ae (работа)	Be (расход топлива)
Холостой ход	0	79,80	21,7	46,0
(0÷0,25)Ne ном	0-4	16,00	38,1	30,2
(0,26÷0,50)Ne ном	4-6	3,10	27,8	17,1
(0,51÷0,75) Ne ном	6-7	0,60	6,5	3,5
(0,76÷1,00) Ne ном	7-8	0,50	5,9	3,2
В том чис. Ne ном	8	0,20	4,6	2,6

Как следует из этих результатов, основная часть работы (до 40%) силовой установки тепловоза выполняется на 1...4 позициях контроллера при мощности тягового генератора не более 30% от её номинального значения. При этом наибольшее количество топлива расходуется на холостом ходу (более 45%) и 1...4 позициях контроллера (более 30%), в то время, как на номинальные режимы в среднем приходится не более 5% выполненной работы и не более 2,5% израсходованного топлива.

Приведённые данные позволяют сделать вывод о том, что эксплуатационная эффективность маневрового локомотива определяется главным образом качеством функционирования его силовой установки в режимах холостого хода и малых нагрузок.

В тоже время при проектировании локомотива значения конструкционных и регулировочных параметров всех его агрегатов оптимизируются для номинального режима работы дизель-генераторной установки (ДГУ). Послеремонтные и контрольные реостатные испытания также осуществляются в номинальном режиме работы силовой установки, соответствующем номинальной эффективной мощности дизеля.

Таким образом, имеется явное противоречие в требованиях к значениям параметров силовой установки маневрового тепловоза на стадиях проектирования и эксплуатации его жизненного цикла.

С учётом вышесказанного в работе проанализировано возможность повышения эксплуатационной эффективности маневровых локомотивов с дизелями прежних лет выпуска, оборудованных топливной аппаратурой с механическим управлением и нерегулируемым механизмом газораспределения, за счёт оптимизации стационарных настроек топливной аппаратуры и фаз газораспределения по критерию минимального среднеэксплуатационного расхода топлива на единицу работы ДГУ.

Во второй главе диссертации **«Разработка математической модели рабочего процесса дизеля Д50 (ПД1М)»** представлена последовательность проведения моделирования рабочего процесса дизеля маневрового тепловоза серии ТЭМ2. В качестве метода решения поставленной задачи выбрано исследование рабочего процесса дизеля ПД1М (6ЧН31,8/33,0) при различных настройках топливной аппаратуры и фаз газораспределения на математической модели.

В качестве инструментального средства моделирования выбран программный комплекс «Дизель-РК». Идентификация модели выполнялась с использованием конструктивных параметров дизеля ПД1М и результатов испытаний однотипных и близких по конструкции и значениям основных параметров двигателей. Определение параметров газовоздушного тракта (ГВТ) дизеля осуществлялось с использованием универсальных напорных характеристик центробежного нагнетателя и безразмерных характеристик газовой турбины турбокомпрессора ТК30.

Для проверки адекватности модели выполнен расчёт тепловозной (генераторной) характеристики дизеля для номинального значения угла опережения подачи топлива (УОПТ) равным 29 градусов поворота коленчатого вала (ПКВ) и условий нагружения в составе ДГУ тепловоза ТЭМ2.

На рисунке 2 представлены некоторые результаты проверки в сравнении с данными универсальной характеристики дизеля ПД1М (удельный эффективный расход топлива g_e) и данными, полученными при реостатных испытаниях тепловоза с аналогичной генераторной характеристикой дизеля (температура отработавших газов T_{oz}). На рисунке результаты, полученные расчётным путём приведены на графике «А», а на графике «Б» приведены результаты, полученные универсальной характеристики (в случае g_e) и результаты реостатных испытаний тепловоза (в случае T_{oz}).

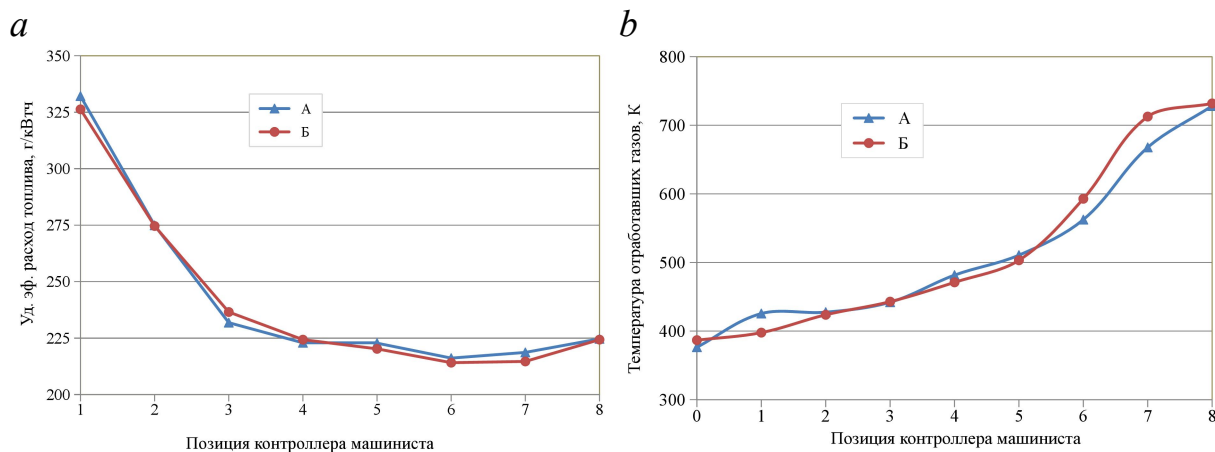


Рисунок 2. Результаты проверки адекватности модели дизеля ПД1М:

a - значения удельного эффективного расхода топлива, *b* - температура отработавших газов перед турбиной

Как следует из рисунков, абсолютная ошибка модели не превышает 7% по температуре отработавших газов (ОГ) и 1,5% по удельному эффективному расходу топлива, что представляется вполне приемлемым результатом.

В процессе исследования определялись значения параметров рабочего процесса дизеля в режимах тепловозной характеристики, соответствующих позициям контроллера, при изменении УОПТ от 39 до 4 градусов поворота коленчатого вала.

Значения g_e в режимах тепловозной характеристики для разных значений угла опережения подачи топлива приведены на рисунке 3. Как следует из рисунка, номинальный УОПТ обеспечивает минимальные значения g_e в режимах, близких к номинальному (седьмая и восьмая позиции контроллера). На остальных позициях минимальные значения g_e достигаются при существенно меньших значениях углов - от 14...19 гр. поворота коленчатого вала на шестой позиции, до 9...4 гр. Поворота коленчатого вала на первой ПКМ.

На рисунке 4 приведены значения температуры ОГ перед турбиной в режимах тепловозной характеристики. Как следует из рисунка, уменьшение угла опережения подачи топлива до 9 гр. ПКВ в номинальном режиме работы сопровождается увеличением температуры отработавших газов перед турбиной свыше 500°C (предельно допустимое значение в соответствии с), поэтому целесообразно принять в качестве компромиссного значения угла ОПТ значение 14 гр. ПКВ.

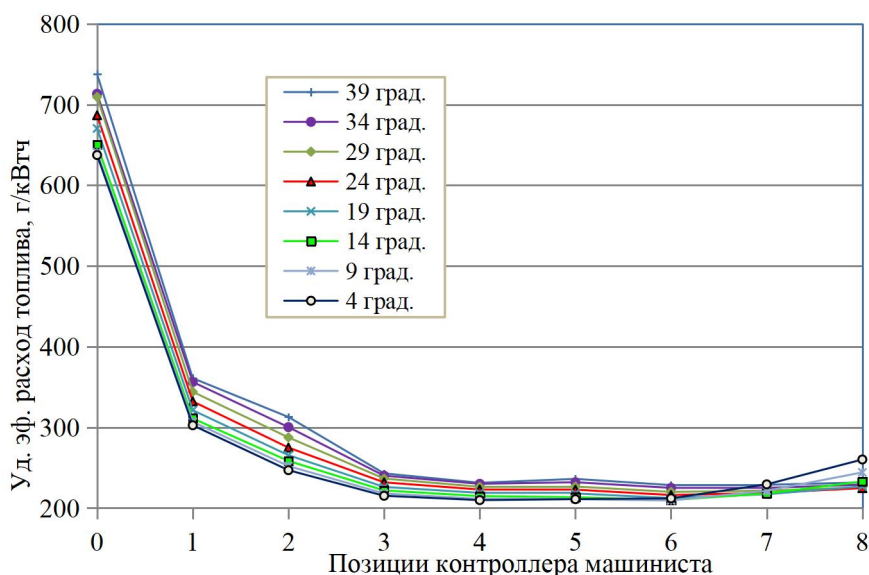


Рисунок 3. Изменение удельного эффективного расхода топлива в режимах тепловозной характеристики при разных углах опережения подачи топлива

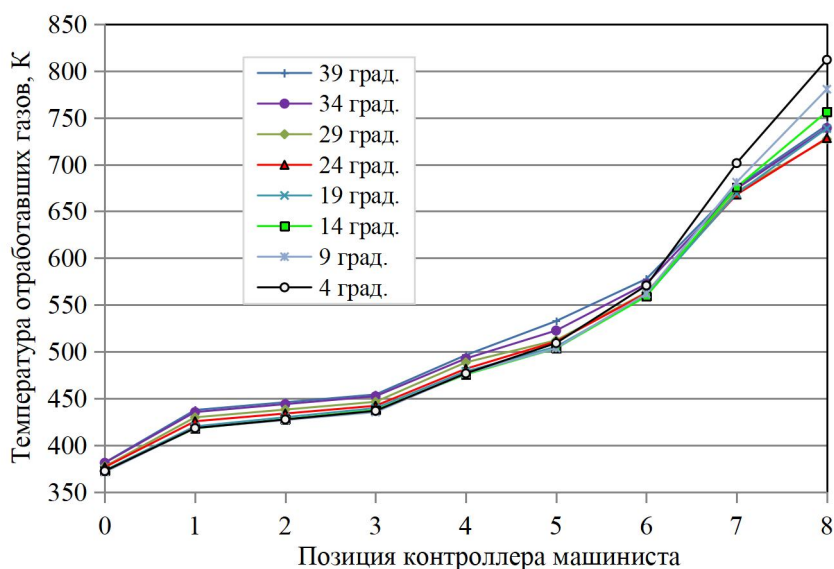


Рисунок 4. Температура отработавших газов перед турбиной в режимах тепловозной характеристики при различных значениях угла ОПТ

С целью оценки предполагаемого эффекта от использования уменьшенного угла ОПТ во всех режимах скоростной характеристики был выполнен расчёт количества топлива, израсходованного тепловозом за смену (12 часов) при различных углах УОПТ для интенсивности работы, соответствующей рисунку 1 и таблице 1. Зависимость среднего расхода топлива за смену от УОПТ для этих условий работы приведена на рисунке 5.

Таким образом, установка уменьшенного значения угла ОПТ (14 гр. ПКМ вместо паспортного значений 29 гр. ПКМ) на дизеле ПД1М с механическим управлением топливоподачей обеспечивает уменьшение эксплуатационного расхода топлива на 5..8% в зависимости от режимов эксплуатации.

С целью оценки влияния уменьшения угла ОПТ на уровень тепловых нагрузок узлов цилиндрико-поршневой группы (ЦПГ) дизеля, в процессе

расчётов, помимо g_e и $T_{ог}$, определялись значения ряда параметров, характеризующих механические и тепловые нагрузки на узлы ЦПГ дизеля.

Изучено влияние изменения фаз газораспределения (ФГР) на экономичности и надёжности работы дизеля. Расчёты по изменению ФГР проводились для отдельного и группового регулирования всех фаз газораспределения.

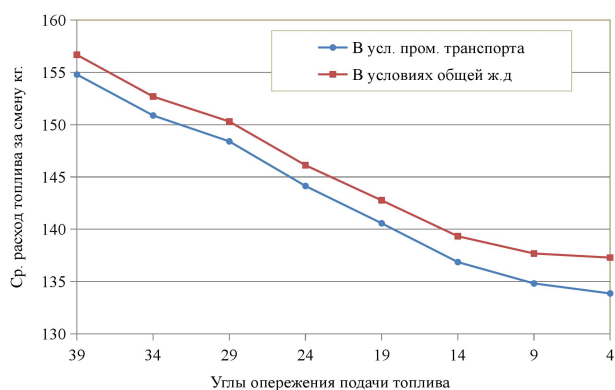


Рисунок 5. Расход топлива тепловозом за смену (12 часов) при разных значениях угла ОПТ

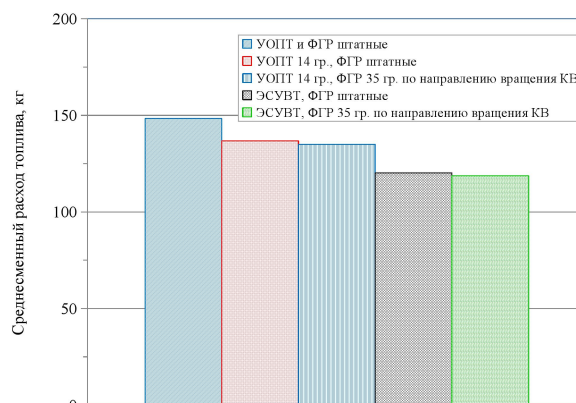


Рисунок 6. Изменение среднесменного расхода топлива при разных значениях регулировочных параметров дизеля

Диаграмма изменения среднесменного расхода топлива в зависимости от изменения УОПТ и ФГР приведена на рисунке 6.

Кроме того, произведён расчёт влияния изменения регулировочных параметров дизеля на его экологические характеристики. При этом анализировалось изменение уровня эмиссии твёрдых частиц (PM), углеводородов (C_2O) и окислов азота (NO_x). Уровень выбросов вредных веществ в составе отработавших газов не превысило предельных значений, определяемых согласно ГОСТ 33754-2016 и ГОСТ 30574-98.

В третьей главе диссертации «**Оперативный контроль работоспособности турбокомпрессора тепловозного дизеля**» разработан и теоретически обоснован способ оперативного контроля ГВТ тепловозного дизеля.

Параметром косвенно определяющим классов состояния ГВТ выбран приведённый перепад температуры отработавших газов на сопловом аппарате и рабочем колесе турбины $\frac{\Delta T_{та}}{T_0}$, который связан с величиной степени повышения давления воздуха в нагнетателе π_n функциональной зависимостью, которая учитывает величину механических потерь в турбокомпрессоре ($\eta_{МТК}$), состояние проточной части нагнетателя ($\eta_{ад}$) и внутренний (индикаторный) коэффициент полезного действия (КПД) турбины $\Delta T_{та}$, который определяется в конечном итоге по формуле:

$$\frac{\Delta T_{та}}{T_0} = \frac{A}{\eta_{МТК} \cdot \eta_{ад}} \cdot \left(\pi_n^{\frac{k_B - 1}{k_B}} - 1 \right),$$

где $A = \frac{G_B}{G_T} \cdot \frac{k_B \cdot (k_T - 1)}{k_T \cdot (k_B - 1)} \cdot \frac{R_B}{R_T}$ – постоянный коэффициент; $\eta_{\text{МТК}} = \eta_{\text{МТ}} \cdot \eta_{\text{МК}}$ – механический коэффициент полезного действия турбокомпрессора; $\eta_{\text{МТ}}$ – механический КПД турбины; $\eta_{\text{МК}}$ – механический КПД компрессора; π_H – степень повышения давления воздуха в нагнетателе; G_B, G_T – массовый расход воздуха и газов; R_B, R_T – газовая постоянная воздуха и отработавших газов; k_B, k_T – показатель адиабаты воздуха и отработавших газов; $\Delta T_{\text{та}}$ – перепад температуры в турбине; T_0 – температура воздуха на входе в нагнетатель.

Проверка предлагаемого способа и метода диагностирования агрегатов газоздушного тракта тепловозного дизеля осуществлялась с использованием обучающей выборки, сформированной моделированием различных режимов работы дизеля 1-ПД4Д тепловоза ТЭМ18ДМ при различных состояниях ГВТ в программном комплексе Дизель-РК. Для согласования работы поршневой части и газотурбинного наддува дизеля использовано дополнительный модуль расчёта работы турбокомпрессора (ТК).

Выборка проводилась при разных векторах значений имитационной неисправности классов текущего состояния газоздушного тракта дизеля. Расчётные данные продемонстрировали полное совпадение с результатами экспериментальных исследований, выполненных на тепловозах соответствующих серий в ходе реостатных испытаний.

Описание классов технического состояния ГВТ и соответствующих им отказов приведены в таблице 2, фрагмент результатов моделирования в таблице 3.

Таблица 2

Классы состояний газоздушного тракта дизеля

№ класса	Описание класса	Изменение значений характерных параметров	Кол-во векторов в выборке
0	Исправный ТК и другие агрегаты ГВТ	Изменение цикловой подачи по нагрузочной характеристике дизеля. Изменение УОПТ при разных цикловых подачах. Износ соплового наконечника форсунки 20%	20
1	Неисправность ТК	Уменьшение $\eta_{\text{ад}}$ нагнетателя на 10, 15, 20%, уменьшение эквивалентного проходного сечения СА турбины на 5, 10, 15, 20% с одновременным уменьшением внутреннего КПД турбины на 10, 15, 20, 25%	35
2	Закоксовывание глушителя и искрогасителя	Потери давления в глушителе 0,006...0,013 МПа при разных цикловых подачах.	21
ИТОГО объем выборки, векторов			76

Полный перепад температуры газа в турбине в номинальном режиме ΔT_{T_0} определён по результатам реостатных испытаний тепловоза ТЭМ18ДМ и

составил 99 °К, изменение температуры газа вследствие теплоотвода в корпус турбины для номинального режима составило $\Delta T_{T0}^{охл} = 99 - 50,12 = 48,88$ °К.

Таблица 3

Фрагмент таблицы результатов моделирования отказов ГВТ

G_B , кг/с	π_H	n_{TK} об/мин	T_{T^*} К	p_{T^*} МПа	T_{T^*} К	g_{T^*} Г	T_2 , К	ΔT_{T^*} К	Класс ТС	Описание текущего состояния (ТС)
2,1791	1,63	15936	751,6	0,1482	750	1,435	701,48	50,12	0	Нормальное ТС ТА
2,259	1,678	15964	770	0,1538	750	1,435	7155	55	0	Износ сопл. након. форсунки 20%
2,2327	1,663	15958	761	0,1526	750	1,435	708	53	0	Уменьшение УОПТ на 10 гр. ПКВ
1,9279	1,641	15939	793,85	0,1647	750	1,437	726,8	67,05	1	Уменьшение $\mu F T$ на 20%, η_{T1} на 25%
1,4952	1,443	14668	894,2	0,1543	750	1,435	859	35,2	2	Противодавление за турбиной 0,025 МПа

В четвёртой главе диссертации «**Экспериментальные исследования эффективности применения подачи топлива дизеля маневрового тепловоза**» описаны порядок выполнения и результаты экспериментальных исследований эффективности регулирования УОПТ на показатели рабочего процесса дизеля.

С целью проверки полученных расчётных результатов была выполнена экспериментальная оценка влияния значения УОПТ на экономичность и параметры рабочего процесса дизеля 1–ПД4Д тепловоза ТЭМ18ДМ. Во время реостатных испытаний тепловоза фиксировались значения длительности топливоподачи по углу поворота коленчатого вала, частоты вращения коленчатого вала, температуры ОГ по цилиндрам, давления вспышки и других параметров рабочего процесса дизеля при работе его в режимах тепловозной характеристики с постоянными значениями УОПТ 14 и 29 гр. ПКВ.

Длительность топливоподачи и частота вращения коленчатого вала контролировались с помощью сервисной программы Inject Service системы ЭСУВТ.01. Температура отработавших газов на выходе из цилиндров измерялась штатным комплектом термопар и модулем температурного измерителя, для измерения давления вспышки использовался диагностический комплекс «Магистраль». Результаты измерений и расчёта показателей для УОПТ 14 и 29 гр. ПКВ представлены на рисунках 7 и 8.

Анализ приведённых результатов показывает, что применение компромиссного значения УОПТ (14 гр. ПКВ вместо штатного значения 29 гр. ПКВ) позволяет значительно (до 15,2%) уменьшить эксплуатационный расход топлива тепловозом ТЭМ2 (ТЭМ18), выполняющим лёгкую маневровую работу, не требующую длительного использования высоких позиций контроллера.

На восьмой ПКМ температура ОГ превышает 500 °С, поэтому работа в таком режиме при использовании уменьшенного угла должна быть исключена во избежание нарушения требований руководства по эксплуатации дизеля.

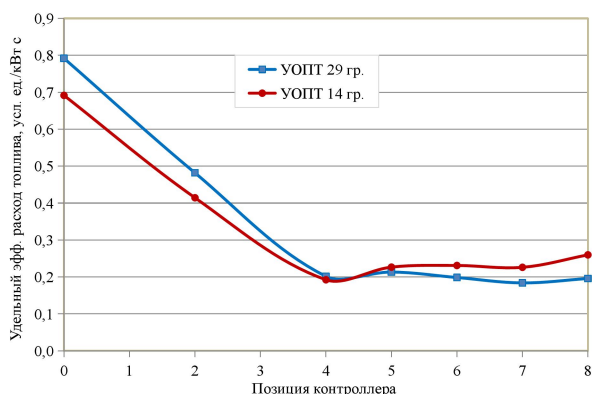


Рисунок 7 . Удельный эффективный расход топлива при разных значениях УОПТ

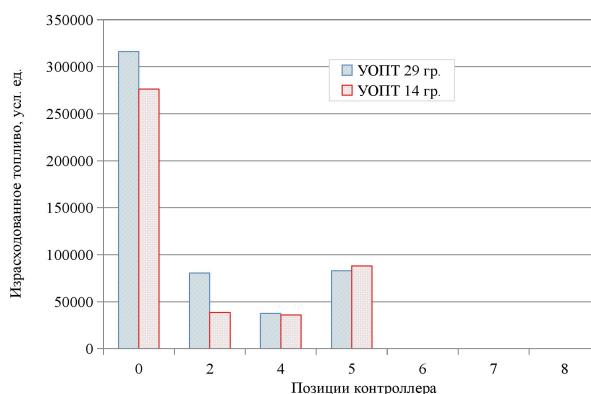


Рисунок 8. Сравнение сменных расходов топлива с УОПТ 29 гр. и 14 гр. для тепловоза ТЭМ18

В целях повышения достоверности полученных теоретических результатов, экспериментальные исследования дополнительно проводились в тепловозной лаборатории Санкт-петербургского государственного университета путей-сообщения на ДГУ марки Д50.

Для проведения эксперимента был разработан и изготовлен мобильный комплекс измерения расхода дизельного топлива, основанный на электронных весах «Масса-К» и модуле ввода сигналов ESP32 из семейства ARDUINO. Комплекс был предназначен для точного измерения и анализа параметров работы дизельного генератора в различных режимах эксплуатации.

Эксперимент проводился для номинальных значений УОПТ системы ЭСУВТ.01, для зафиксированных значений УОПТ, равных 29 и 14 градусов. Изменение значения удельного расхода топлива на кВт·ч работы генератора приведён на рисунке 9.

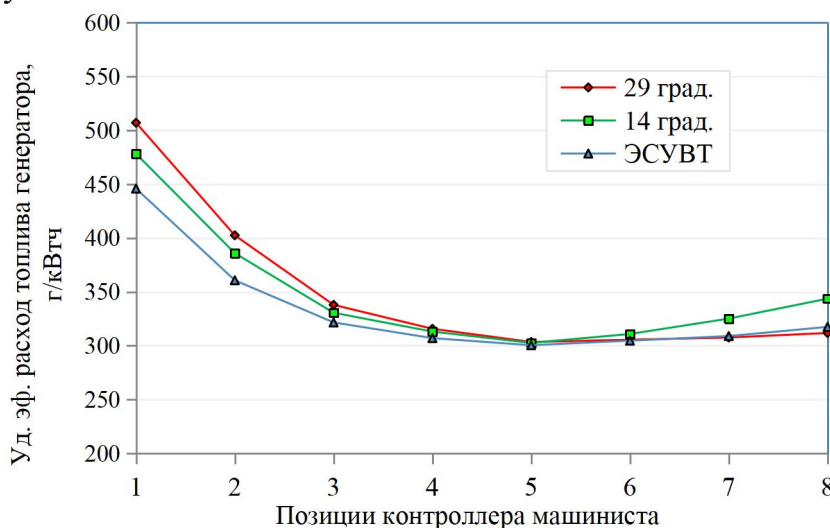


Рисунок 9. Изменение значения удельного эффективного расхода топлива генератора по нагрузочной характеристике

Анализ расчётных и экспериментальных результатов показал, что значение выбранного критерия оптимальности (средней расход дизельного топлива за смену (12 часов)) варьируется в зависимости от режима работы маневрового тепловоза. Результаты анализа для маневровых тепловозов, эксплуатирующихся в условиях промышленного транспорта, приведены в таблице 4, а в условиях общих железных дорог в таблице 5.

Таблица 4

Обобщённые результаты среднесменного расхода дизельного топлива (кг) маневрового тепловоза, эксплуатирующихся в условиях промышленного транспорта

	Расчетные данные Дизель-РК, кг	Эксперимент на стенде, кг	Эксперимент на тепловозе ТЭМ18, кг
29 град.	148,38	178,18	151,6
14 град.	136,83	160,46	128,56
Сравнение %	7,78	9,95	15,20

Таблица 5

Обобщённые результаты среднесменного расхода дизельного топлива (кг) маневрового тепловоза, эксплуатирующихся в условиях общих железных дорог

	Расчетные данные Дизель-РК, кг	Эксперимент на стенде, кг	Эксперимент на тепловозе ТЭМ18, кг
29 град.	150,28	181,61	156,6
14 град.	139,3	169,22	145,74
Сравнение %	7,31	6,82	6,93

Из приведённых результатов можно сделать следующие выводы. В случае, если маневровый тепловоз серии ТЭМ2 эксплуатируется в условиях промышленного транспорта, уменьшение значения УОПТ с 29 до 14 градусов приведет к снижению расхода дизельного топлива за смену (12 часов) в среднем на 8,87%. Если тепловоз эксплуатируется на железных дорогах общего назначения, средняя экономия за смену составляет в среднем 7,1%.

Согласно данных АО «Узбекистон темир йуллари», за 2023 год маневровыми тепловозами израсходовано 10746 тонн дизельного топлива. В эксплуатационном парке маневровых тепловозов работают 194 ед., из - них 131 ед. ТЭМ2 и 63 ед. ЧМЭ3. Эти тепловозы работают на 214 станциях АО «Узбекистон темир йуллари», которые 59 из - них являются формирующими.

Учитывая увеличение температуры ОГ на 8-ПКМ при работе дизеля с уменьшенным УОПТ равным 14 градусов, результаты данной научно-исследовательской работы можно внедрить примерно на 84 маневровых тепловозах серии ТЭМ2, работающих на малонагруженных станциях АО «Узбекистон темир йуллари». В этом случае, ориентировочная годовая экономия дизельного топлива от внедрения исследования составляет 330 тонн дизельного топлива или 4,95 млрд. суммов. Для внедрения результатов исследования на других маневровых тепловозах необходимо произвести расчёт и экспериментальные исследования по данной методике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, направленных на повышение экономичности и надёжности дизелей маневровых тепловозов, при этом получены следующие основные научные и прикладные результаты:

1. На основании выполненного обзора режимов работы дизелей маневровых тепловозов, их конструктивных особенностей и требований при эксплуатации выявлена необходимость анализа влияния корректировки регулировочных параметров на его технико-экономические показатели.

2. Для выполнения теоретических исследований разработана математическая модель тепловозного дизеля марки ПД1М, предназначенная для моделирования рабочего процесса дизеля с учётом возможности анализа изменения его основных технических, экономических и экологических параметров. Численные исследования выполнены комплексной программой «Дизель-РК».

3. Проведены численные исследования изменения значения удельного эффективного расхода топлива при различных значениях угла опережения подачи топлива и фаз газораспределения. В результате исследований определены компромиссные значения угла опережения подачи топлива и произведён сравнительный анализ среднесменного расхода топлива маневрового тепловоза в зависимости от его режима работы в эксплуатации.

4. Усовершенствована методика оценки влияния изменения регулировочных параметров дизеля на экономические и технические параметры маневрового тепловоза, таких как удельный эффективный расход топлива, среднесменный расход топлива, температура отработавших газов, максимальная температура и давление цикла, средняя температура днища поршня и рабочей поверхности крышки цилиндра.

5. Разработан новый метод оперативного контроля параметров газовоздушного тракта дизеля, который заключается в определении положения точки текущего режима в пространстве относительно предварительно размеченных областей пространства, соответствующих разным классам состояния турбокомпрессора и выпускной системы.

6. Разработан мобильный комплекс анализа расхода дизельного топлива тепловоза всех серий на базе электронных весов «Масса-К» и модуля ввода электрических сигналов ESP32 семейства ARDUINO определения фактического расхода топлива дизелем во время реостатных испытаний и на лабораторных стендах.

7. При этом результаты исследования обеспечивают экономию среднесменного расхода дизельного топлива маневровых тепловозов в размере 7,1% и одновременно способствует к повышению надёжности работы дизеля.

Таким образом, разработанные новые технические решения позволят снизить среднесменный расход дизельного топлива и повысить надёжности работы дизеля маневровых тепловозов.

**TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY
SCIENTIFIC COUNCIL FOR AWARDED
SCIENTIFIC DEGREES DSc.15/31.08.2022.T.73.07**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

KULMANOV BAHODIR TOSHBOLTAYEVICH

**INCREASE OF EFFICIENCY AND RELIABILITY OF DIESEL
SHUNTING LOCOMOTIVES BY OPTIMISATION OF DIESEL ENGINE
ADJUSTMENT PARAMETERS**

05.08.05 – Railway rolling stock, train traction and electrification

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

Tashkent – 2025

The theme of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under № B2024.3.PhD/T4956

The dissertation has been prepared at the Tashkent state transport university.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of the Scientific Council (www.tstu.uz) and on the web site of «Ziyonet» Information and education portal (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor: **Khamidov Otabek Rustamovich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Grishenko Aleksandr Vasilievich**
doctor of technical sciences, professor

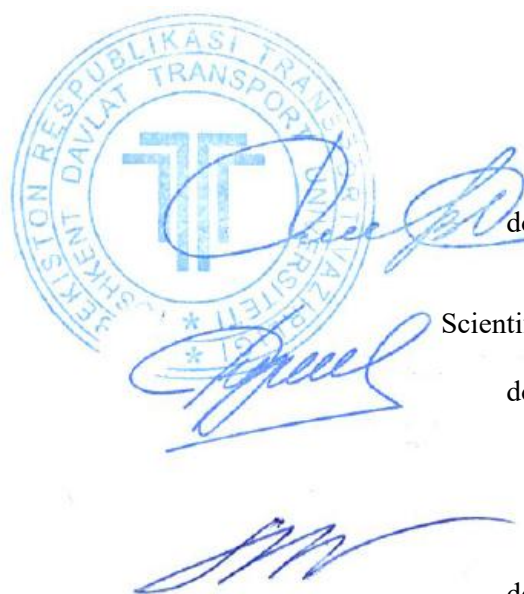
Pirmatov Nurali Berdiyevich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Jizzakh Polytechnic Institute**

The dissertation will be defended at 10⁰⁰ on April 15, 2025 at the meeting of Scientific Council at the Scientific Council DSc.15/31.08.2022.T.73.07 Tashkent state transport university. (Address: 1, Temiryolchilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-00-01, fax: (99871) 293-57-57, e-mail: rektorat@tdtu.uz)

The doctoral (PhD) dissertation can be reviewed at the Information–Resource Center of the Tashkent state transport university (Registration number -233). (Address: 1, Temiryolchilar str., Tashkent 100167, Uzbekistan. Phone: (+998 71) 299-05-66).

Abstract of dissertation was distributed on March 27, 2025 year.
(mailing record № 026 on March 27, 2025 year).



R.V. Rahimov
Chairman of Scientific council
on awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

Ya.O. Ruzmetov
Scientific secretary of the Scientific council
on awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

R.M. Mirsaatov
Chairman of the Scientific seminar
under scientific council on
awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The purpose of the research is to develop scientifically grounded methods and practical recommendations for improving the efficiency and reliability of shunting diesel locomotives by optimizing the adjustment parameters of diesel engine installations.

Tasks of the research:

analyze the operational modes of diesel engines in shunting locomotives under industrial transport enterprise conditions and at general railway stations;

develop a mathematical model of the working process in a locomotive diesel engine cylinder, considering the possibility of analyzing the influence of fuel injection timing and valve timing adjustments;

develop a methodology for assessing the quality of the locomotive diesel engine's working process by determining parameters that characterize its operational efficiency;

develop a method for real-time monitoring of the locomotive diesel engine's turbocharger performance;

develop a prototype electronic weighing flow meter for measuring the specific fuel consumption of a locomotive's diesel-generator unit;

conduct experimental studies aimed at investigating the impact of adjusting various parameters on the technical and economic indicators of a shunting.

Scientific novelty of the research consists in the following:

A mathematical model has been developed that allows calculating the economic, technical, and environmental indicators of the PD1M diesel engine of the TEM2 series shunting diesel locomotive, taking into account the specific effective fuel consumption using thermal and quantitative balance equations;

based on the laws of thermodynamics and quantitative equilibrium, software has been developed that allows calculating and coordinating the joint operation of the cylinder-piston group and gas turbine overhead systems of a diesel engine;

Taking into account the optimal values of the control parameters of the PD1M diesel engine, a methodology has been developed that allows increasing the economic and reliability indicators of shunting diesel locomotives of the TEM2 series;

for the first time, a method for operational control of the technical condition of the gas-air duct of a diesel locomotive has been developed based on the relative difference in combustion gases entering and exiting the turbocharger;

for the first time, a mobile device has been developed that allows you to determine and analyze the specific gravity of diesel fuel.

The object of research is diesel engine of PD1M brand of shunting diesel locomotive of TEM2 series.

The subject of the research is the efficiency and reliability of shunting diesel locomotives' operation under conditions of optimizing the diesel engine's adjustment parameters.

Research Methods. The research used modeling, numerical, statistical, analytical and experimental research methods. In theoretical studies, numerical methods for solving differential equations in the process of mathematical modeling of the diesel engine working process, statistical methods for analyzing measurement data, as well as Diesel-RK and Delphi software packages were used. In order to compare the results obtained theoretically, experimental studies on the analysis of the effect of changing the fuel injection angle on the technical and economic indicators of diesel were carried out in laboratory conditions on the D50 diesel generator stand and in rheostat testing conditions on the TEM18DM diesel locomotive.

Structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and an appendix. The dissertation totals 99 pages.

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

I bo'lim (I часть; I part)

1. Кулманов Б.Т. Повышение эксплуатационной топливной экономичности маневрового тепловоза оптимизацией регулировочных параметров дизельного двигателя / В.В. Грачев, В.В. Фурман, О.Р. Хамидов, Б.Т. Кулманов // Двигателестроение. – 2024. – №2. – С. 18 – 30. (05.00.00; №30).

2. Кулманов Б.Т. Экспериментальная проверка эффективности применения компромиссных регулировочных параметров дизельного двигателя маневрового тепловоза / В.В. Грачев, В.В. Фурман, О.Р. Хамидов, Б.Т. Кулманов // Двигателестроение. – 2024. – №3. – С. 3 – 14. (DOI: 10.20295/1815-588X-2023-3-577-585) (05.00.00; №30).

3. Кулманов Б.Т. Оценка качества работы тепловозного дизеля применением управляемых клапанов / Хамидов О.Р., Б.Т. Кулманов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, – 2023. — Т. 20. — Вып. 3. — С. 577–585. (05.00.00; №110).

4. Кулманов Б.Т. Оценка и пути совершенствования качества рабочего процесса тепловозных дизелей в условиях АО «Узбекситон темир йуллари» / О.Р. Хамидов, Б.Т. Кулманов, О.Э. Эргашев, Б.Х. Эркинов, У.И. Абдулатипов, З.О. Келдибеков // Железнодорожный транспорт: актуальные вопросы и инновации. – Ташкент: ТГТУ, – 2024. – №2. – С. 132 – 138. (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2020 йил 30 ноябрдаги 288/14-сон қарори).

5. Кулманов Б.Т. Повышение эффективности эксплуатации маневровых тепловозов за счёт регулировки угла впрыска топлива / Б.Т. Кулманов, В.В.Грачев, О.Р. Хамидов, О.Э. Эргашев // Научный журнал транспортных средств и дорог. – Ташкент: ТГТУ, – 2024. – №2. – С. 56 – 64. (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2020 йил 30 июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

6. Кулманов Б.Т. Исследование влияния изменения угла подачи топлива на надёжность и качество отработавших газов дизелей маневровых тепловозов / Б.Т. Кулманов, В.В. Грачев, О.Р. Хамидов, Б.Х. Эркинов // Научный журнал транспортных средств и дорог. – Ташкент: ТГТУ, – 2024. – №2. – С. 145 – 150. (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2020 йил 30-июлдаги 01-10/1103-сонли хати).

7. Кулманов Б.Т. Повышение эффективности расхода топлива маневрового тепловоза за счёт регулировки углов фаз газораспределения дизеля / Б.Т. Кулманов, В.В. Грачев, О.Р. Хамидов, О.Р. Касимов, О.Э.

Эргашев // Железнодорожный транспорт: актуальные вопросы и инновации. – Ташкент: ТГТУ, – 2024. – №4. – С. 37 – 45. (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2020 йил 30-ноябрдаги 288/14-сон қарори).

8. Кулманов Б.Т. Экспериментальная оценка возможности снижения расхода топлива за счёт изменения угла впрыска топлива маневровых тепловозов / Б.Т. Кулманов, В.В. Грачев, М.Э. Усманов, Б.Х. Эркинов, З.О. Келдибеков // Железнодорожный транспорт: актуальные вопросы и инновации. – Ташкент: ТГТУ, – 2024. – №4. – С. 53 – 60. (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2020 йил 30-ноябрдаги 288/14-сон қарори).

9. Кулманов Б.Т. Неисправности дизелей тепловозов, эксплуатируемых в условиях Республики Узбекистан и пути их предотвращения / У.И. Абдулатипов, Н.С. Зайниддинов, Б.Х. Эркинов, Б.Т. Кулманов // Материалы Второй Международной научно-технической конференции, «Железнодорожный подвижной состав: проблемы, решения, перспективы». – Ташкент: “ТГТрУ”, – 2023. – С. 9 – 14. (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2023 йил 1-апрелдаги 336/3-сон қарори).

10. Кулманов Б.Т. Повышение экономичности двигателей маневровых тепловозов за счёт изменения угла опережения подачи топлива / Б.Т. Кулманов // Научные труды международной научно – технической конференции с участием зарубежных учёных “Ресурсосберегающие технологии на транспорте”. – Ташкент: ТГТрУ, – 2023. – С. 491 – 493. (05.00.00; Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясининг 2022-йил 3-декабрдаги 01-06/274016-сонли хати).

II бўлим (II часть; II part)

11. Кулманов Б.Т. Совершенствование качества работы тепловозного дизеля путём внедрения управляемых клапанов газораспределения / Б.Т. Кулманов, О.Р. Хамидов // Development and innovations in science. – 2022. – №2(15). – С. 30 - 32. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7179452>

12. Кулманов Б.Т. Тяговые электродвигатели ЭД-118А(Б) проверка параметров в процессе испытаний / Б.Т. Кулманов, О.Т. Касимов, О.Э. Эргашев // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. – 2024. – №2. – С. 29 – 33. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16799>

13. Кулманов Б.Т. Математическая модель для квазистатического расчёта нагружения колесной пары локомотива при колёсно-колодочном торможении / Б.Т. Кулманов, О.Т. Касимов, О.Э. Эргашев // Universum: технические науки: электронный научный журнал. – 2024. – №2. – С. 34 – 37. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16801>

14. Кулманов Б.Т. Модернизация контакторов тепловозов марки КПМ-114, путем освоения изготовления дополнительных контактов / Б.Т. Кулманов, О.Р. Рустамов, У.И. Абдулатипов, О.Э. Эргашев // Eurasian journal of academic research. – 2024. – №1. – С. 134 - 137. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10511666>

15. Кулманов Б.Т. Прибор для оперативного определения целостности кабеля витой пары между преобразователями МОХА (Мокса) блок управления УСТА тепловозов серии UzTE16M / Б.Т. Кулманов, О.Р. Хамидов // International bulletin of engineering and technology. – 2022. – №2(10). – С. 59 - 62. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7198804>

16. Кулманов Б.Т. Модернизация указателя повреждения тепловозов серии ТЭ10М / Б.Т. Кулманов, Н. Насибулин // Innovations in technology and science education. – 2022. – №1(3). – С. 191 - 195. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7199430>

17. Кулманов Б.Т. Модернизация кабины машиниста тепловоза серии ТЭМ-2 путем перенесения блоков радиостанции / Б.Т. Кулманов, О.Р. Хамидов // Academic research in modern science. – 2022. – №1(15). – С. 84 - 87. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7179518>

Avtoreferat “TDTTrU axborotnomasi” ilmiy-amaliy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi va matnlarni mosligi tekshirildi (01.04.2025-yil).

Qog‘oz bichmi 60x84/16. Rizograf bosma usuli Times New Roman garniturasida.
Shartli bosma tabog‘i: 2,8 b.t. Adadi: 50 nusxa. Buyurtma № 43-13/2025
Nashrga ruxsat etildi: 01.04.2025-y.

Toshkent davlat transport universiteti bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: 100167, Toshkent shahar, Temiryo‘lchilar ko‘chasi, 1-uy.