

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.15/31.08.2022.T.73.05 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

MAMATMUMINOV ALISHER TURAQULOVICH

**YUQORI HARORATLI SHAROITDA POLIMER-OLTINGUGURTLI
ASFALTBETON QOPLAMASINING EKSPLOATATSION
KO'RSATKICHLARINI OSHIRISH**

**05.09.02 — “Geotexnika” (Yo'llar, yo'llarni raqamlashtirish va yo'l harakati
xavfsizligi. Yo'l telematikasi yo'nalishlari bo'yicha)**

**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**

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

Mamatmuminov Alisher Turaqulovich

Yuqori haroratli sharoitda polimer-oltingurtli asfaltbeton
qoplamasining ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirish3

Маматмунинов Алишер Турақулович

Повышение эксплуатационных показателей полимерно-
сероасфальтобетонного покрытия в условиях высокотемпературной
среды.....23

Mamatmuminov Alisher Turaqulovich

Increasing the operational indicators of polymer-sulfur asphalt concrete
pavement under high-temperature conditions43

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ
List of published works.....47

**TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.15/31.08.2022.T.73.05 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

MAMATMUMINOV ALISHER TURAQULOVICH

**YUQORI HARORATLI SHAROITDA POLIMER-OLTINGUGURTLI
ASFALTBETON QOPLAMASINING EKSPLOATATSION
KO'RSATKICHLARINI OSHIRISH**

**05.09.02 — “Geotexnika” (Yo'llar, yo'llarni raqamlashtirish va yo'l harakati
xavfsizligi. Yo'l telematikasi yo'nalishlari bo'yicha)**

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

Toshkent-2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.2.PhD/T5760 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:

Sadikov Ibragim Salixovich
Texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Karimov Maqsud Ubaydulla o'g'li
texnika fanlari doktori, professor

Axmedov Sherzod Baxadirovich
texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent davlat transport universiteti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.15/31.08.2022.T.73.05 raqamli ilmiy kengashning 2025 yil "___" ___ soat ___ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo'lichilar ko'chasi 1-uy. Tel./faks: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Dissertatsiya bilan Toshkent davlat transport universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (___ raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100167, Toshkent, Temiryo'lichilar ko'chasi 1-uy. Tel./faks: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil "___" _____ kuni tarqatilgan.
(2025 yil "___" ___ dagi ___-raqamli reyestr bayonnomasi).

A.X. Urokov,
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi, t.f.d., professor

R.M.Xudaykulov,
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash kotibi, PhD, professor

K.X. Azizov
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash qoshidagi Ilmiy seminar
raisi o'rinbosari (raisi), t.f.n, professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda yo‘l infratuzilmasi iqtisodiy rivojlanish va davlat xavfsizligini ta‘minlashning eng muhim elementlaridan biridir. Dunyoning barcha mamlakatlarida yo‘l tarmog‘ining holati va yo‘l qoplamasining sifatiga katta e‘tibor beriladi. Mamlakatimizda va jahonda avtomobil yo‘llariga bo‘lgan talab kundan-kunga oshib bormoqda. Butun dunyo bo‘yicha global iqlimiy muammolar oqibatida asfaltbeton qoplamalaridagi harorat 65-75 °C gacha ko‘tarilishi natijasida qoplamalardagi plastik deformatsiyalar hosil bo‘lmoqda. Bugungi kunda rivojlangan mamlakatlarda avtomobil transportiga bo‘lgan talab ortib borayotganligi sababli, yuqori harakat oqimi natijasida qoplamalardagi buzilishlar yuzaga kelmoqda. Yuqorida keltirilgan muammolarni bartaraf etish uchun avtomobil yo‘llariga yuqori haroratga chidamli yangi asfaltbeton texnologiyalarini qo‘llash tavsiya etiladi. “Yuqori haroratli ekspluatatsiya sharoitida yo‘llarni qurish va ta‘mirlash uchun oltingugurtli asfaltbeton qorishmalarini ishlab chiqish texnologiyasini joriy etish yuqori samara beradi”¹. Asfaltbeton qoplamasining yuqori haroratga chidamliligini oshirish bugungi kunning dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi.

Jahonda avtomobil yo‘llarining xizmat muddatini uzaytirish va ayniqsa asfaltbeton qoplamalarining ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini yaxshilash maqsadida ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada asfaltbeton qorishmalarining tarkibini takomillashtirish uchun energiya tejamkor qurilish materiallari, hamda yuqori iqtisodiy samaradorlikga ega bo‘lgan modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli bitumdan foydalanish yo‘nalishlari keng rivojlanmoqda. Xususan, yuqori haroratli ekspluatatsion sharoitda asfaltbeton qoplamalarining barqarorligini oshirish uchun zamonaviy texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan tejamkor qurilish materiallari – modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli bitumni qo‘llash bo‘yicha tadqiqotlar ustuvor ahamiyat kasb etmoqda.

Respublikamizda avtomobil yo‘llarining xizmat muddatini uzaytirish, ularning sifati va iste‘mol xususiyatlarini yaxshilash, shuningdek, ta‘mirlash jarayonlarining samaradorligini oshirishga qaratilgan yangi texnologiyalarni ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish bo‘yicha keng ko‘lamli ishlar olib borilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 10.10.2023-yildagi PQ-330 son “Yo‘l xo‘jaligi sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”² gi qarorida hamda 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan “Yo‘l infratuzilmasini takomillashtirish va avtomobil yo‘llari tarmog‘ini jadal rivojlantirish” bo‘yicha vazifalar belgilangan. Mazkur maqsadlarga erishish uchun asfaltbeton qoplamalarning yuqori haroratlarda bardoshlilikini oshirish va ekspluatatsion xossalarini yaxshilash bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borish muhim ahamiyatga ega. Shu bilan birga, Prezidentning PF-60, PF-5890, PQ-4545 va PQ-330-son hujjatlarida yo‘l xo‘jaligini modernizatsiya

¹https://spravochnick.ru/arhitektura_i_stroitelstvo/vnedrenie_tehnologii_seroasfaltobetona_dlya_remonta_dorog_v_vysokotemperaturnyh_usloviyah_ekspluatatsii/

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 10.10.2023-yildagi PQ-330 son “Yo‘l xo‘jaligi sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” gi Qarori

qilish, boshqaruv tizimini takomillashtirish va zamonaviy materiallardan foydalanish vazifalari belgilab berilgan bo‘lib, ushbu dissertatsiya tadqiqoti ana shu maqsadlarga muayyan ilmiy-amaliy hissa qo‘shadi.

Tadqiqotning Respublika, fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo‘yicha tadqiqotlar Respublika, fan va texnologiyalari rivojlanishining II “Energetika, energiya va resurs-tejamkorlik, transport va asbobsozlik” ustuvor yo‘nalishiga mos keladi. Dissertatsiya ishi IL-4821091606 “Ekstremal transport yuklamalar va haroratni qabul qiluvchi asfaltbetonlarning reologik xossalarini “Superpave” tizimida yo‘naltirib tartibga solish” nomli fundamental xalqaro grant loyihasi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Modifikatsiyalangan oltingugurtli bitum olish, oltingugurtli asfaltbeton qorishmasini tayyorlash, oltingugurtli asfaltbeton qoplamalarini yotqizish texnologiyalari bo‘yicha dunyo olimlaridan S.Y. Andronov, G.V. Vasilovskaya, D.R. Nazirov, V.D. Galdina, J.M. Antens, M.V. Jeleznov, R.G. Telyashev, N.V. Motin, R.F. Sabirov, A.N. Shubin, M.N. Alyoxina, L.X. Tuan, G.O. Gorbik, D.A. Skripunov, Y.E. Vasilyev, P.V. Saxarov, V.B. Ivanov, A.Y. Tixonov, B.A. Kozlovskiy, G.K. Syuni, A.M. Boguslavskiy, V.A. Gladkix, M.J. Reynhout, K.M. Beketov, V.A. Tanayans, O.I. Doshlov, V.V. Pronin, S.A. Korolev, G.L. Baumgarder, H. Ahmad va boshqalar tomonidan bajarilgan ilmiy-tadqiqot ishlarida ma’lum bir natijalarga erishilgan, respublikamiz olimlaridan oltingugurtli bitum va oltingugurtli asfaltbeton mavzusida I.S. Sadikov, E.S. Sottiqulov, E.U. Kasimov, B.Xursandov va S.M. Tilakovlar ilmiy tadqiqot ishlarini olib borishgan.

Yuqoridagi tahlillar natijasidan kelib chiqadiki oltingugurtli asfaltbetonning yuqori haroratga chidamliligini oshirish borasida yetarli ilmiy ishlar olib borilmagan. O‘zbekistonda esa oltingugurtli asfaltbetonning yuqori haroratga chidamliligini oshirish borasida yetarlicha ilmiy izlanishlar olib borilmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim yoki ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya ishi Toshkent davlat transport universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq “Transport yuklamalari va iqlim sharoitini hisobga olgan holda yo‘l qoplamasining belgilangan transport-ekspluatatsion xususiyatlariga ega yo‘l to‘shmalarining konstruksiyasini tuzishda tizimli yondashish” nomli ilmiy tadqiqot ishlari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi avtomobil yo‘llaridagi asfaltbeton qoplamalarining yuqori haroratga chidamliligini oshirish uchun polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamasining ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

- yuqori haroratga chidamli polimer-oltingugurtli asfaltbeton tayyorlash texnologiyalarini tahlil qilish;
- oltingugurtli modifikatsiya qilish texnologiyasini ishlab chiqish;
- modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli bitum olish texnologiyasini ishlab chiqish hamda bog‘lovchining fizik-mexanik ko‘rsatkichlarini oshirish;
- yuqori haroratga chidamli polimer-oltingugurtli asfaltbetonning yangi tarkibini ishlab chiqish va ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirish;

- yuqori haroratga chidamli polimer-oltingugurtli asfaltbetonning iqtisodiy samaradorligini baholash.

Tadqiqotning ob'yekti - polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasi va polimer-oltingugurtli asfaltbeton.

Tadqiqotning predmeti - modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli bitum olish texnologiyasi va yuqori haroratga chidamli polimer-oltingugurtli asfaltbeton tayyorlash texnologiyasi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli bitumning reologik xossalari va kimyoviy strukturasi aniqlashda, IQ-spektroskopiya, laboratoriya sinovlari, eksperimental tadqiqot, matematik statistika va regression tahlil usullari qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

- mahalliy homashyo hisoblangan oltingugurtli TP markali modifikator bilan modifikatsiya qilinishi natijasida modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli bitum olish texnologiyasi takomillashtirilgan;

- avtomobil yo'llaridagi qoplamalarni qurish va ta'mirlash uchun ilk bor yuqori haroratga chidamli va mustahkamligi yuqori bo'lgan yangi qurilish materiali – polimer-oltingugurtli asfaltbeton olingan;

- polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamalarining g'ildirak izi hosil bo'lishga chidamliligi, suvga bardoshliligi, surilishdagi mustahkamligi, yuqori haroratga chidamliligi kabi ekspluatatsion ko'rsatkichlari oshirishga erishilgan;

- asosiy tarkib va texnologik omillarni (polimer-oltingugurt tarkibi, tayyorlash harorati, modifikator turi, miqdori va tayyorlash texnologiyasi) polimer-oltingugurtli asfaltbetonning fizik - mexanik va ekspluatatsion ko'rsatkichlari o'zgarish qonuniyatlari asosida aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

- polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasini ishlab chiqarish bo'yicha texnologik reglament ishlab chiqilgan;

- ilmiy izlanishlar natijasini IQN 82-2024 "Qish mavsumida umumiy foydalanishdagi avtomobil yo'llarini ta'mirlash bo'yicha yo'riqnoma" idoraviy qurilish normalarini qayta ishlab chiqishda "Bog'lovchi materiallar", "Oltingugurtli asfaltbeton", "Avtomobil yo'llari asfaltbeton qoplamalaridagi chuqurlarni ta'mirlash usullari" bo'limlarida foydalanilgan;

- polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasining I markali A tipi uchun fizik-mexanik va ekspluatatsion ko'rsatkichlari oshirilgan optimal donadorlik tarkibi ishlab chiqilgan;

- asfaltbeton qoplamalarining fizik-mexanik va ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirishda polimer-oltingugurtli asfaltbetonning takomillashgan usulidan foydalanishning iqtisodiy samaradorligi baholangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi ilmiy izlanishlar standartlashtirilgan uslublar asosida, zamonaviy va yuqori aniqlikdagi raqamli vositalardan foydalanilgan holda amalga oshirilganligi bilan belgilanadi. Shuningdek, asfaltbeton qoplamalarining ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish maqsadida ularning xossalari zamonaviy laboratoriya jihozlarida sinovdan o'tkazilib tahlil qilinganligi natijalarni mustahkamlaydi. Bundan tashqari, nazariy va amaliy

tadqiqotlar natijalarining o‘zaro uyg‘unligi, shuningdek tarkibni ishlab chiqishda korrelyatsiya va regressiya koeffitsiyentlaridan foydalanish orqali olingan natijalarning mavjud modellarga mos kelishi tadqiqotning ishonchligini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati asfaltbeton qoplamalarining yuqori harorat ta’sirida ekspluatatsion xossalarning kamayishi sabablari tahlillar natijasida aniqlandi va oltingugurtli polimerlash asosida asfaltbeton bog‘lovchisining xususiyatlarini yaxshilash, gazni qayta ishlash zavodlarining chiqindisi bo‘lgan oltingugurtli qayta ishlash orqali ekologiya va atrof muhitga zararli ta’sirni kamaytirish, polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamasining ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirish bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati, ishlab chiqilgan tarkib asosida tayyorlangan polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasini avtomobil yo‘llarida, avtomobil yo‘llarining asfaltbeton qoplamalarini qurish va ta’mirlash ishlarida qoplamaning yuqori qatlamini yotqizishda, avtomobil yo‘llari asfaltbeton qoplamalaridagi o‘yiq-larni ta’mirlash orqali qoplamaning yuqori haroratga chidamliligini oshirishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamasining ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini oshirish bo‘yicha olib borilgan tadqiqot natijalari asosida:

- polimer-oltingugurtning polimerlanish miqdori 54 % ga oshirildi va polimer-oltingugurtli asfaltbeton uchun ishlab chiqilgan optimal tarkib asosida asfaltbeton zavodlarida qorishma tayyorlandi va Avtomobil yo‘llari qo‘mitasiga qarashli Boysun tuman yo‘llardan foydalanish davlat muassasasiga joriy etildi (O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo‘llari qo‘mitasining 2025-yil 7-oktabrdagi №02-4424 sonli ma’lumotnomasi). Natijada, polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamasining ekspluatatsion ko‘rsatkichlari 2-3 marta oshirilishi laboratoriya sinovlari orqali aniqlangan;

- polimer-oltingugurtli asfaltbeton avtomobil yo‘llarining qoplamalarini qurish va ta’mirlash uchun mustahkamlik, yoriqbardoshlilik, yuqori haroratga chidamlilik, siljishga chidamlilik va g‘ildirak izi deformatsiyasiga chidamliligi kabi fizik-mexanik va ekspluatatsion ko‘rsatkichlari oshirildi va natijalar Avtomobil yo‘llari qo‘mitasiga qarashli Boysun tuman yo‘llardan foydalanish davlat muassasasiga joriy etildi (O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo‘llari qo‘mitasining 2025-yil 7-oktabrdagi №02-4424 sonli ma’lumotnomasi). Natijada, polimer-oltingugurtli asfaltbetonning qo‘llanilishi qoplamaning yuqori haroratda, ya’ni 70 °C da siqilishga mustahkamligi bugungi kunda qo‘llanilayotgan an’anaviy asfaltbetonga nisbatan 2-3 marta ortishiga olib kelgan;

- polimer-oltingugurtli asfaltbetonning I markali A tipi uchun ishlab chiqilgan optimal donadorlik tarkibi Avtomobil yo‘llari qo‘mitasiga qarashli Boysun tuman yo‘llardan foydalanish davlat muassasasiga joriy etildi (O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo‘llari qo‘mitasining 2025-yil 7-oktabrdagi №02-4424 sonli ma’lumotnomasi). Natijada, yuqori haroratli

ekspluatatsion sharoitda qoplamaning mustahkamlik ko'rsatkichlari 20 °C haroratda 6,8 MPa gacha ortishiga olib kelgan;

- polimer-oltingugurtli asfaltbetonning takomillashgan usuli Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli Boysun tuman yo'llardan foydalanish davlat muassasasiga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasining 2025-yil 7-oktabrdagi №02-4424 sonli ma'lumotnomasi). Natijada, yuqori haroratli ekspluatatsion sharoitda qoplamaning mustahkamlik ko'rsatkichlari oshirilgan, bundan tashqari ushbu uslubni qo'llash natijasida bitum miqdorini 40 % gacha iqtisodiy samaradorlikga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 2 ta xalqaro va 6 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida, 2 ta mahalliy va 7 ta xalqaro (jumladan 1 ta "Scopus" bazasiga kirgan konferensiyada) konferensiyalarda ma'ruzalar qilingan va muhokamadan o'tgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligini. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 25 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, ulardan 3 tasi respublika va 2 tasi xorijiy jurnallarda e'lon qilingan, 1 ta EHM dasturiga guvohnoma olingan. Shuningdek, ixtiroga mualliflik huquqini olish uchun Intellektual mulk agentligiga talabnoma yuborilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 116 sahifani tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida tadqiqotning dolzarbligi va uni olib borish zarurati asoslab berilgan bo'lib, unda muammoning o'rganilganlik darajasi hamda respublika fan va texnologiyalarini rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi yoritilgan. Shuningdek, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, obykti hamda predmeti aniqlab berilgan. Ishda qo'llanilgan tadqiqot usullari, olingan natijalarning ilmiy yangiligi, ularning ilmiy va amaliy ahamiyati, shuningdek, natijalarni amaliyotga joriy etish holati bayon etilgan. Dissertatsiya tadqiqoti bajarilgan oliy ta'lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan uzviy bog'liqligi ko'rsatilgan, olingan natijalarning aprobatsiyasi, e'lon qilingan ilmiy ishlari hamda dissertatsiya tuzilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning "**Oltingugurtli asfaltbeton qoplamalari va ulardan foydalanish bo'yicha mavjud muammolar tahlili**" nomli birinchi bobida mamlakatimiz avtomobil yo'llarining asfaltbeton qoplamalarida ekspluatatsiya jarayonida kuzatilayotgan muammolar hamda ularni yuzaga keltiruvchi asosiy omillar tahlil qilingan. Ushbu bobda yo'l qoplamalarining fizik-mexanik xossalariga, iqlimiy sharoitlar ta'siriga, ishlatilayotgan bog'lovchi va to'ldiruvchi materiallar sifati hamda texnologik jarayonlarning kamchiliklariga oid ma'lumotlar keltirilib, mavjud muammolarning ilmiy asoslangan tahlili bayon etilgan.

Hozirgi kunda oltingugurt va bitum o'zaro ta'sir mexanizmlari to'liq

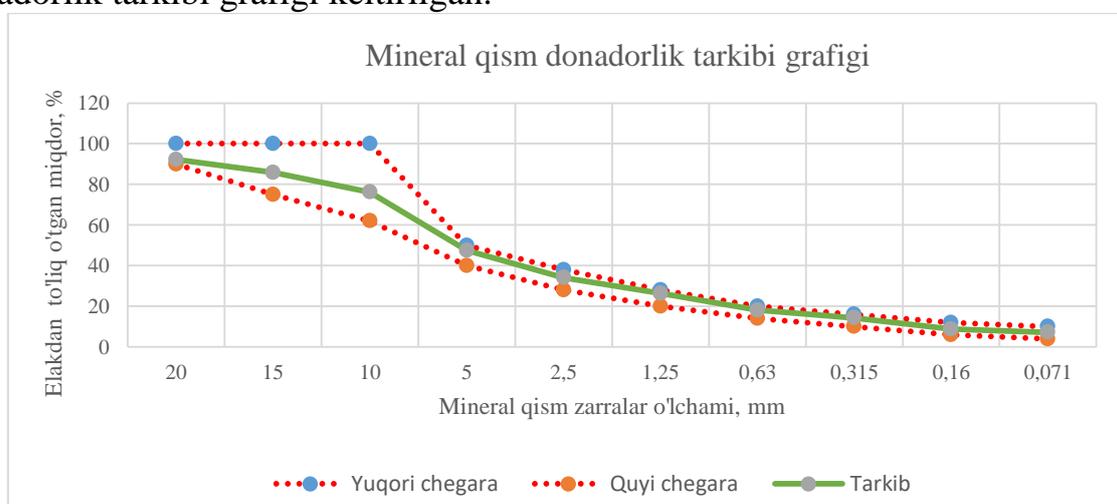
aniqlanmagan bo‘lib, mavjud ma’lumotlar bir-biriga zid hisoblanadi. Oltिंगugurtning bitum bilan kimyoviy va fizik-kimyoviy bog‘lanish jarayonlarini o‘rganish hamda uning kristallanishi asfaltbetonning mustahkamligi va suvga chidamliligiga ta’sirini aniqlash muhim vazifadir. Tadqiqotlar modifikatsiyalangan oltिंगugurtli asfaltbetonning fizik-mexanik xossalarini yaxshilab, bitum sarfini va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi. O‘zbekistonning issiq iqlimida bunday qoplamalar deformatsiyaga chidamli bo‘lib, 70 °C dagi sinov talablariga to‘liq javob beradi.

Dissertatsiyaning **“Yuqori haroratli ekspluatatsion sharoitlar uchun modifikatsiyalangan polimer-oltिंगugurtli bitum va uning xossalarini tadqiq qilish”** deb nomlangan ikkinchi bobida polimer-oltिंगugurtli bitum olish usullari va ularning fizik-kimyoviy xossalari tadqiq qilingan. Modifikatsiyalangan va modifikatsiyalanmagan polimer-oltिंगugurt va u asosidagi asfaltbeton qorishmasini tayyorlash maqsadida qo‘llaniladigan materiallarning fizik-mexanik xossalari aniqlanib me’yoriy hujjatlar talabi bilan taqqoslanganligi haqida ma’lumotlar keltirilgan.

Bunda zich yopiladigan qopqoqli, mexanik aralashtirgich, termometr va isitish tizimiga ega reaktor qo‘llanildi. Reaktorga 5 kg oltिंगugurt solinib, harorat bosqichma-bosqich oshirildi: 140 °C da oltिंगugurt plastik holatga o‘tib, 165 °C da modifikator (TP) va initsiator kiritildi. TP (to‘yinmagan poliolfin) — tarkibida amin va zanjir uzuvchi guruhlar mavjud quyi molekulyar polietilen bo‘lib, 1–5 % miqdorda, initsiator esa 0,003 % miqdorda qo‘shildi. Reaksiya 45 daqiqa davom etib, doimiy aralashtirish orqali barqaror qovushqoqlikka ega massa hosil qilindi.

Tajriba natijasida qizg‘ish-qo‘ng‘ir tusli, yuqori qovushqoqlikka ega polimer-oltिंगugurt olindi. Uning barqarorligini ta’minlash uchun sovutish jarayoni xona haroratidagi suvda tezkor tarzda amalga oshirildi.

Quyidagi rasmda Samarqand TMZ (tosh maydalash zavodi) dagi granit tosh materiallaridan I markali A tipdagi polimer-oltिंगugurtli asfaltbeton uchun donadorlik tarkibi grafigi keltirilgan.



1-rasm. Samarqand TMZ dagi granit tosh materiallaridan I markali A tipdagi polimer-oltिंगugurtli asfaltbeton uchun donadorlik tarkibi grafigi

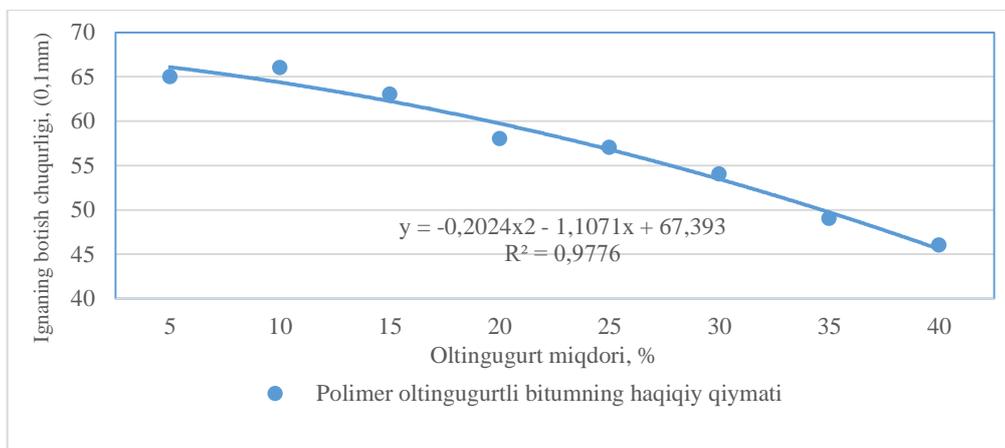
Grafik tahliliga ko‘ra, polimer-oltिंगugurtli asfaltbeton qorishmasining haqiqiy donadorlik tarkibi GOST 9128-2013 standartidagi yuqori va quyi

chegaralar oraliq'ida joylashgan bo'lib, optimal granulometrik barqarorlikni ta'minlaydi. Granit tosh, qum va faollashtirilgan slanesli mineral kukunlardan hamda polimer-oltingugurtli bitumdan tayyorlangan qorishma uchun bog'lovchi miqdori quyi chegaradan 0,2 % ortiqdan yuqori chegaragacha o'zgaruvchi 7 xil tarkibda sinovdan o'tkazildi. Natijalar bitum miqdori 4,8 % bo'lgan tarkibning eng maqbul variant ekanini ko'rsatdi, chunki u bir xil taqsimot, minimal g'ovaklik va yuqori zichlikni ta'minladi. Shu bilan birga, bu tarkib yuqori haroratda deformatsiyaga chidamli bo'lib, yotqizish qulayligi bilan ham ajralib turadi. Hisoblash natijalariga muvofiq, 40 % oltingugurt va 1–2 % to'yinmagan poliolfirin modifikatori qo'shilgan bog'lovchi eng maqbul deb topildi.

Dissertatsiyaning **“Yuqori haroratli sharoitda polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamasining ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish”** deb nomlangan uchinchi bobida polimer-oltingugurtli bitumning optimal tarkibini ishlab chiqarish bo'yicha eksperimentlar bajarilib modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtning polimerlanish miqdori 54 % ga yetkazilishi natijasida bog'lovchining fizik-mexanik xossalari oshirilgan.

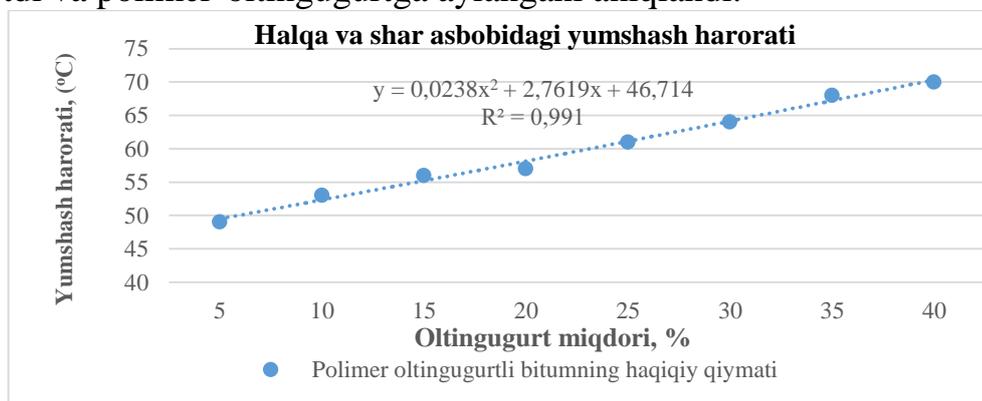
Oltingugurtni modifikatsiya qilib polimer-oltingugurtli bitum olish jarayonida reaktordagi optimal harorat 175 °C, baraban aylanish tezligi esa 200 ayl/min etib belgilandi. Tarkibida 40 % modifikatsiyalangan bitum bo'lganda materialning fizik-mexanik xossalari eng yuqori natijani ko'rsatdi. Tajribalar asfaltbeton tarkibidagi bog'lovchi miqdorining 4,6–4,8 % diapazoni optimal ekanini aniqlab, bu oraliqda mustahkamlik, suvga bardoshlilik va zichlik ko'rsatkichlari maksimal bo'lishi qayd etildi. Polimer-oltingugurtli bog'lovchi suv shimuvchanlikni kamaytirib, eroziya va yorilishlarning oldini oladi.

Bog'lovchini tayyorlashda “Farg'ona neftni qayta ishlash zavodi” ishlab chiqargan BND 60/90 markali bitum hamda “Muborak gazni qayta ishlash zavodi” chiqindisi bo'lgan oltingugurt ishlatildi. Optimal modifikator sifatida TP (to'yinmagan poliolfirin) tanlanib, oltingugurt 170 °C da qizdirildi, unga massaning 1 % miqdorida TP qo'shib 40 daqiqada aralashtirildi. Shu bilan birga, BND 60/90 bitumi 160 °C da suvsizlantirildi va keyin modifikatsiyalangan oltingugurt bilan 100 daqiqada 200 ayl/min tezlikda aralashtirildi. Umumiy 17 ta sinov o'tkazilib, oltingugurt miqdori, harorat, modifikator foizi va vaqt ta'siri o'rganildi. GOST standartlariga muvofiq sinov natijalari TP modifikatori qo'shilgan polimer-oltingugurtli bitum yuqori mustahkamlik, yaxshilangan qovushqoqlik va issiqqa bardoshlilikka ega ekanini ko'rsatdi, ya'ni bitumning deformatsiyaga qarshiligi sezilarli darajada oshgan.



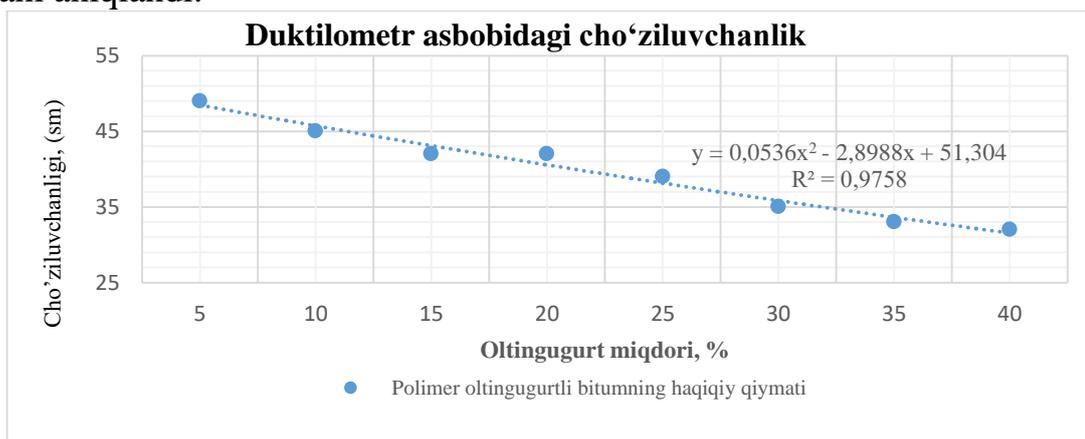
2-rasm. Polimer-oltingugurtli bitum va 60/90 markali qovushqoq bitumning ignaning botish chuqurligi xossasi bo'yicha taqqoslash grafigi

Polimer-oltingugurtli bitumga ignaning botish chuqurligini aniqlashda to'yinmagan poliolfin modifikatoridan foydalanildi, olingan natija 46° ni ya'ni 4,6 mm ga igna botishi aniqlandi. Bundan tashqari ushbu modifikator bilan oltingugurtni modifikatsiya qilinganda oltingugurtning polimerlanish darajasi 54 % ni tashkil etdi va polimer-oltingugurtga aylangani aniqlandi.



3-rasm. Polimer-oltingugurtli bitum va BND 60/90 markali qovushqoq bitumning yumshash harorati xossasi bo'yicha taqqoslash grafigi

Ushbu grafikda BND 60/90 markali qovushqoq bitum va polimer-oltingugurtli bitumning taqqoslash grafigi keltirib o'tilgan. 3.1-jadvaldan olingan natijalarga asoslanib bitumga nisbatan oltingugurt miqdorini 20 % qo'shganda yumshash harorati 55°C ga, 40 % oltingugurt qo'shganda yumshash harorati 70°C ga yetgani aniqlandi.



4-rasm. Polimer-oltingugurtli bitum va BND 60/90 markali qovushqoq bitumning cho'ziluvchanlik xossasi bo'yicha taqqoslash grafigi

Bitumning mo'rtlik haroratini aniqlash GOST 11507-78 standarti bo'yicha Fraasa usuli yordamida amalga oshiriladi. Mo'rtlik harorati — bu bitumning sovuq muhitda elastikligini yo'qotib, yorilish yuz beradigan eng past haroratdir. Sinov uchun bitum 160 °C dan oshmagan haroratda doimiy aralashtirish orqali suvsizlantiriladi, so'ng 0,7 mm li elakdan o'tkazilib, havo pufakchalari chiqariladi. Tayyorlangan bitum $0,40 \pm 0,01$ g miqdorda po'lat plastinkaning qavariq tomoniga surtib, 5–10 daqiqada bir tekis tarqalishi ta'minlanadi. Plastinkalar quritilgach, GD-0613A (Automatic Asphalt Breaking Point Tester) asbobiga joylashtiriladi va mo'rtlik harorati aniqlanadi.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, oddiy neft bitumlarida mo'rtlik harorati odatda – 6 °C dan –15 °C gacha bo'lsa, polimer-oltingugurtli bitumlarda bu ko'rsatkich –20 °C gacha pasayadi. Bu esa modifikatsiyalangan bog'lovchining sovuqqa bardoshlilik darajasi yuqori ekanini ko'rsatadi.

Oddiy BND markali qovushqoq bitum va polimer-oltingugurtli bitumlarning mo'rtlik haroratlari oltingugurt va bitumning turli foizlarda qo'shilishi orqali aniqlandi (1-jadval).

1-jadval

Bitum turlarining mo'rtlik harorati bo'yicha taqqoslanishi

No	Bitum turlari	Mo'rtlik harorati, °C (haqiqiy qiymat)
1.	BND 60/90	-11
2.	Polimer-oltingugurtli bitum (10:90)	-14,2
3.	Polimer-oltingugurtli bitum (20:80)	-18,9
4.	Polimer-oltingugurtli bitum (30:70)	-20,3
5.	Polimer-oltingugurtli bitum (40:60)	-21,5

Bitumlarning mo'rtlik harorati sovuq iqlim sharoitida ularning elastikligini saqlab qolish qobiliyatini belgilaydi. Eksperimental sinovlar natijasiga ko'ra, BND 60/90 markali bitumning mo'rtlik harorati –11 °C bo'lib, bu uning past haroratlarda ishlatilish imkoniyatini cheklaydi hamda qish mavsumida yorilish xavfini oshiradi. Polimer-oltingugurtli bitum esa sovuqda elastikligini saqlab, mo'rtlik harorati sezilarli darajada pasaygani aniqlangan. Eng yaxshi natija 40:60 nisbatdagi polimer-oltingugurtli bitumda qayd etilib, uning mo'rtlik harorati –21,5 °C ni tashkil etdi.

Bu natijalar polimer-oltingugurtli bitumlarning oddiy bitumlarga nisbatan sovuqqa bardoshliliigi ancha yuqori ekanini ko'rsatadi. Bunday effekt oltingugurtning bitum molekulari bilan hosil qiladigan kimyoviy bog'lari va ularning natijasida yuzaga keladigan strukturaviy tarmoq bilan izohlanadi. Ushbu tarmoq materialning mexanik hamda termik barqarorligini oshiradi.

Polimer-oltingugurtli bitumni (POB) RTFOT qurilmasida eskirtirilganda bitumni ishlab chiqarish jarayonidagi issiqlikga ajralishi va qisqa muddatli eskirishi bilan bog'liq bo'lgan ma'lumotlarni beradi.

Bitumlarning eskirishga chidamliligini baholash uchun yumshash harorati, cho'ziluvchanlik, ignaning botish chuqurligi va massa o'zgarishi kabi ko'rsatkichlar asosida solishtirma tahlillar o'tkazildi. GOST 33133-2014 va GOST 22245-90 standartlariga asoslangan tadqiqotlar oddiy qovushqoq bitumlar bilan polimer-oltingugurtli bitumlarning fizik-mexanik xossaligidagi o'zgarishlarni

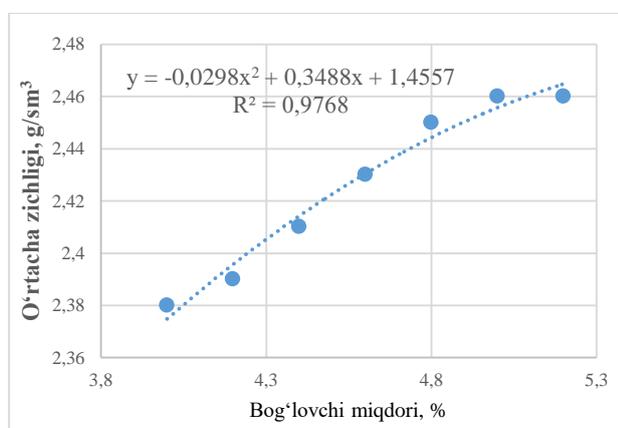
aniqlash imkonini berdi. Natijalarga ko‘ra, barcha bitumlarda eskirishdan keyin yumshash harorati ortgan bo‘lsada, bu o‘shish polimer-oltingugurtli bitumlarda ancha katta bo‘lgan — masalan, 40:60 nisbatdagi namunada 6,1 °C ga oshgan. Bu oltingugurtning tarmoqlanuvchi strukturasi bitumning termik barqarorligini kuchaytirganini ko‘rsatadi.

2-jadval

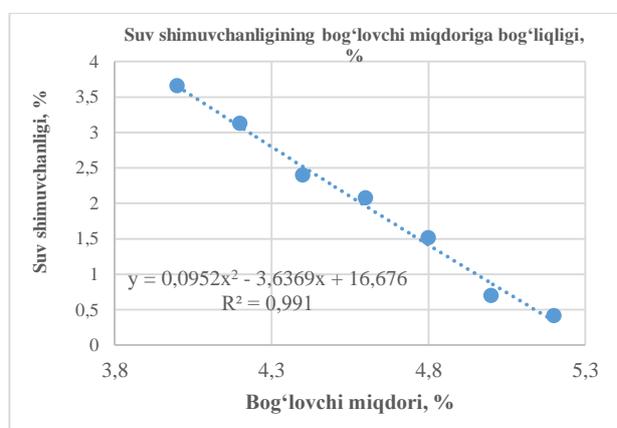
Bitumning qisqa muddatli eskirishidagi sinov natijalari

№	Bitum turlari	Bitumning yumshash harorati, °C		Bitumning cho‘ziluvchanligi, sm			Bitumning massa o‘zgarishi, g
		GOST 33133-2014 va GOST 22245-90 bo‘yicha					
		47 °C dan kam emas	Ko‘p emas 7 °C	62 sm dan kam emas	-	PB 40	Ko‘p emas 0,6 % dan
		dastlabki	eskirgani	dastlabki	eskirgani	Polimer bitum talabi	Eskirgandagi massa o‘zgarishi
1	BND 60/90	46.5	52,4	70+	32	15	0,12 g (0,34 %)
2	BND 70/100	47	49,2	70+	29	15	0,13 g (0,34 %)
3	POB (20:80)	54	58,2	42	24	15	0,16 g (0,41 %)
4	POB (30:70)	63	68,2	35	19	15	0,18 g (0,46 %)
5	POB (40:60)	70	76,1	32	17	15	0,23 g (0,59 %)

Oddiy bitumlarda cho‘ziluvchanlik keskin kamayib, 70 sm dan 29–32 sm gacha tushgan bo‘lsa, polimer-oltingugurtli bitumlarda bu ko‘rsatkich 32 sm dan 17 sm gacha kamaygan, ya’ni elastiklik qisman saqlanib qolgan. Massa yo‘qotilishi 40:60 nisbatdagi namunada 0,59 % bo‘lib, bu uchuvchi mahsulotlarning chiqishi bilan izohlanadi, ammo termik bardoshlilik yuqori darajada saqlangan. Penetrometr ko‘rsatkichi 62,7 dan 53,6 gacha (–14,5 %) pasaygan bo‘lsa-da, bu qiymatlar ekspluatatsion me’yorlarda qolgan.



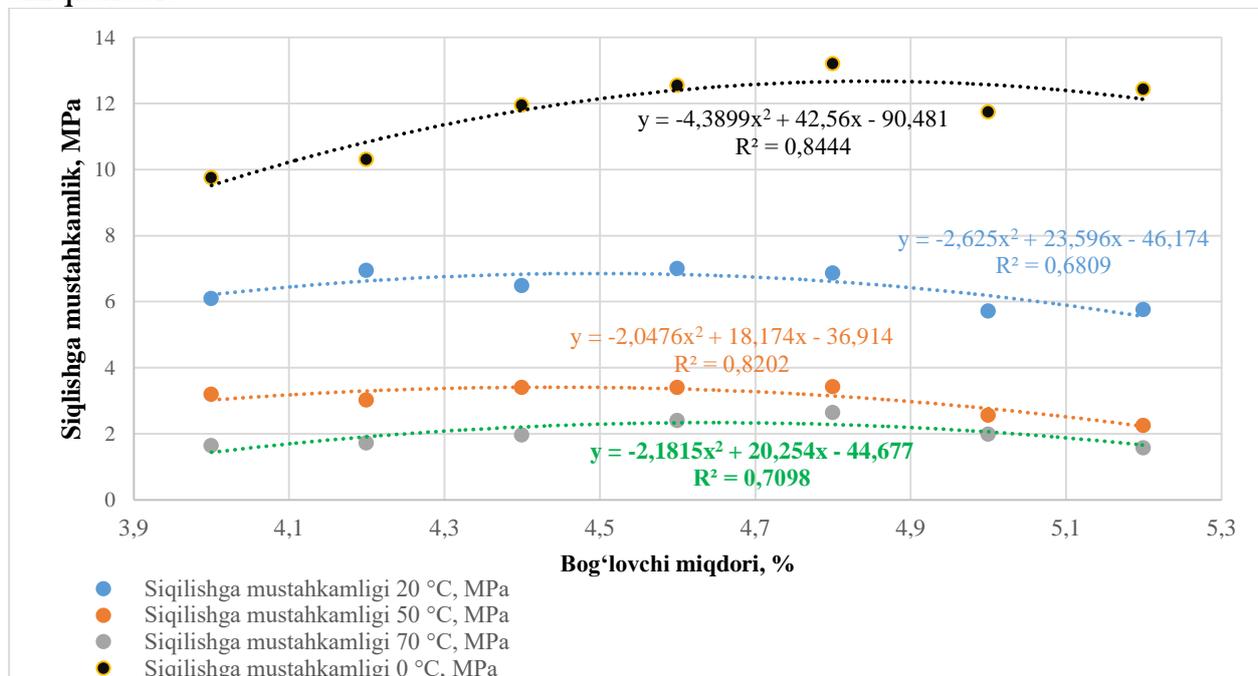
5-rasm. Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasidan yasalgan namunalarning o‘rtacha zichligi



6-rasm. Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasidan yasalgan namunalarning suv shimuvchanligi

Umuman olganda, polimer-oltingugurtli bitum eskirish jarayonida fizik-mexanik xossalarini muayyan darajada saqlab qoladi: yumshash harorati ortadi, cho‘ziluvchanlikning pasayishi nazorat ostida bo‘ladi, qattqlik esa me‘yoriy diapazondan chiqmaydi. Bu modifikatsiyalangan bog‘lovchi strukturaviy tarmog‘ining mexanik va termik barqarorligini tasdiqlaydi. Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasidan yasalgan namunalarning suv shimuvchaligi GOST 12801-98 ning 13-bandi bo‘yicha aniqlanadi.

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton namunalarning 0 °C, 20 °C, 50 °C va 70 °C haroratlardagi siqilishga mustahkamligi GOST 12801-98 ning 15-bandi bo‘yicha aniqlanadi.



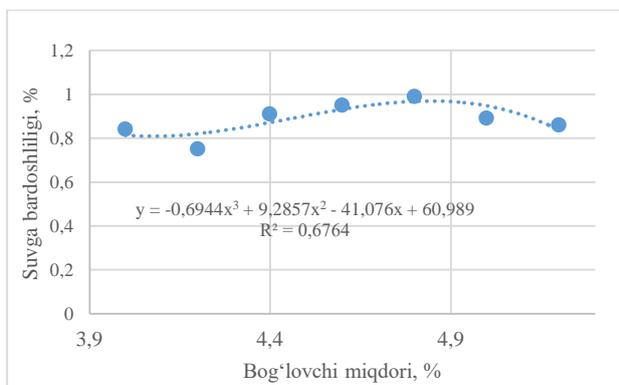
7-rasm. Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning siqilishga mustahkamlik ko‘rsatkichlari

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasidan yasalgan namunalarning siqilishga mustahkamliklari oltingugurtli-bitumning qorishmadagi foizlariga nisbatan 0 °C, 20 °C, 50 °C va 70 °C haroratlarda aniqlandi.

Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning siqilishga mustahkamlik ko‘rsatkichlari harorati va bog‘lovchi miqdoriga sezilarli darajada bog‘liq. 0 °C haroratdagi mustahkamlikning eng yuqori qiymati 4,8 % bog‘lovchi miqdorida kuzatilib 13 MPa ni tashkil etdi. Bu esa past haroratlarda materialning mustahkamligi ortishini ko‘rsatadi. 20 °C haroratda optimal bog‘lovchi miqdori 4,8 % bo‘lib, me‘yoriy hujjat talabidan ancha yuqori qiymatni ko‘rsatdi. 50 °C va 70 °C dagi yuqori haroratlarda natijalar materialning issiqlikga chidamliligini yoritib beradi.

Umumiy qilib aytganda, 7-rasm natijalari polimer-oltingugurtli asfaltbeton 4,6-4,8 % bog‘lovchi miqdori optimal ekanligini ko‘rsatadi. Bu diapazon asfaltbetonning har xil harorat sharoitlarida barqarorligini ta‘minlab, uning ekspluatatsion chidamliligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning suvga bardoshliligi GOST 12801-98 ning 19-bandiga asosan aniqlanadi.



8-rasm. Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning suvga bardoshliligi

Ushbu rasmda polimer-oltingugurtli asfaltbetonning suvga bardoshliligi polimer-oltingugurtli bitum bog'lovchisining o'zgarishiga qarab o'zgarishi keltirilgan. Bog'lovchining optimal miqdori 4,8 % da suvga bardoshlilik eng yuqori natijani ko'rsatgan.

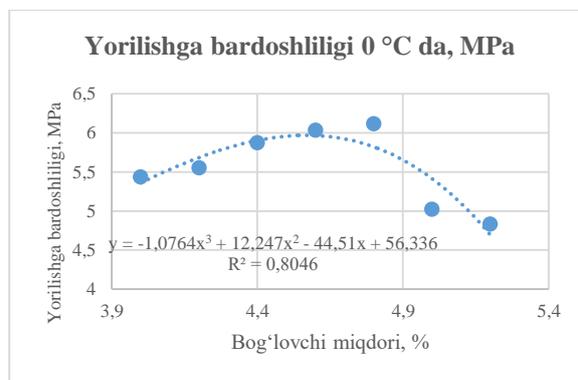
Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning 0 °C haroratdagi yorilishdagi mustahkamligi GOST 12801-98 ning 16-bandiga asosan aniqlanadi.

Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning yorilishdagi mustahkamligi O'z MST 3632-2023 bo'yicha 4,0-6,5 MPa oralig'ida bo'lishi kerak. Bog'lovchi miqdorining eng optimal miqdori 4,8 da eng yuqori 6,11 MPa natija qayd etilgan.

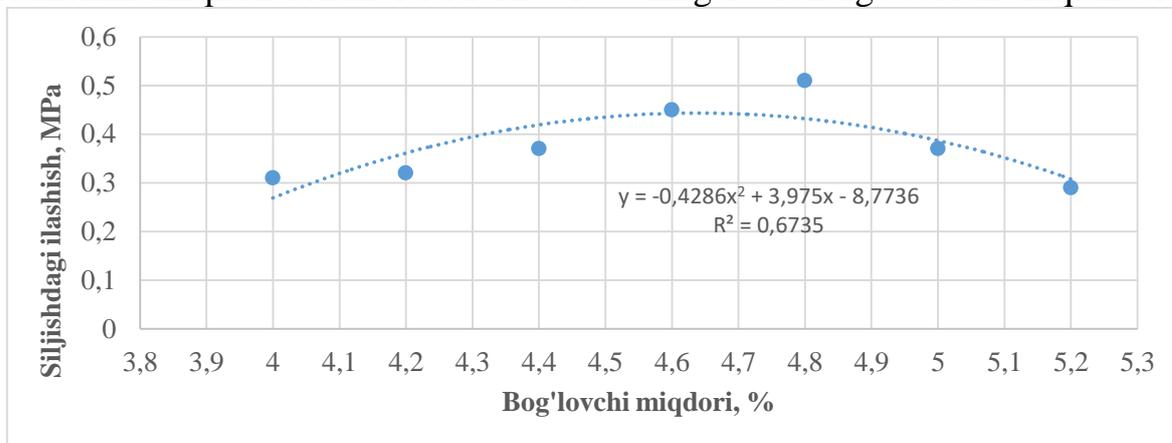
Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamasining g'ildirak izi deformatsiyasi oltingugurt miqdorining o'zgarishiga ko'ra aniqlandi. Unga ko'ra oltingugurt miqdorini bitumga nisbatan 30 % qo'shganda 60 °C haroratda g'ildirak izining botishi 2,61 mm ni tashkil etdi. Bu esa GOST talabi bo'yicha mos keladi.

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton namunasining g'ildirak izi deformatsiyasi oltingugurt miqdori 40 % bo'lganda 70 °C haroratda 1,93 mm ni tashkil etdi. Ushbu natijalar polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamalarining yuqori haroratga chidamli ekanligini bildiradi.

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton namunalarining siljishdagi ilashishi ko'rsatkichini aniqlash uchun GOST 12801-98 ning 18-bandiga asosan aniqlanadi.



9-rasm. Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning yorilishdagi mustahkamligi



10-rasm. Polimer-oltingugurtli asfaltbeton namunasining bog'lovchi miqdorlariga nisbatan siljishdagi mustahkamligi

50 °C da o'tkazilgan sinov natijalariga ko'ra, bog'lovchi miqdori ortishi asfaltbetonning deformatsiyaga qarshi turg'unligini oshiradi. Polimer-oltingugurtli bitum 4,8 % bo'lganda maksimal siljish mustahkamligi 0,51 MPa qayd etilib,

yuqori yuklamalarga bardoshlilikni ta'minladi. Shu bilan birga, bog'lovchi miqdori ortishi suv shimuvchanlikni kamaytirdi: 4,0 % da 3,65 %, 5,2 % da esa 0,41 %. Bu holat bog'lovchining bitum matritsada zich qatlam hosil qilib, suv o'tkazuvchanlikni kamaytirishi bilan bog'liq. Suvga bardoshlilik 4,2 % bog'lovchida 0,75 bo'lib, normadan past, 4,4 % dan yuqorida esa 0,91–0,99 oralig'ida bo'lib, O'zMSt 3632:2023 talablariga javob beradi. O'rtacha zichlik 2,38–2,46 g/sm³ oralig'ida o'sib, tuzilmaning mustahkamlanishini ko'rsatadi. 4,6–4,8 % bog'lovchi miqdori optimal diapazon bo'lib, bog'lovchi miqdorining ortib ketishi qoplamaning yumshab ketishiga sabab bo'ladi. Yorilishga bardoshlilik eng yuqori 4,8 % da 6,11 MPa bo'lib, sovuqda elastiklikni saqlaydi. Umuman olganda, polimer-oltingugurtli bitumning 4,6–4,8 % oralig'idagi miqdori asfaltbetonning suvga bardoshlilik, zichlik va sovuqqa chidamlilik ko'rsatkichlarini optimal darajada ta'minlab, yuqori iqlimiy barqarorlikka ega qoplamalar uchun tavsiya etiladi.

Quyida keltirilgan 3-jadvalda polimer-oltingugurtli asfaltbetonning ekspluatatsion ko'rsatkichlarining qiymatlari keltirib o'tilgan.

3-jadval

Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning ekspluatatsion ko'rsatkichlari

№	Bog'lovchi miqdori, %	Siqilishga mustahkamligi 20 °C, MPa	Siqilishga mustahkamligi 50 °C, Mpa	Siqilishga mustahkamligi 70 °C, Mpa	Siqilishga mustahkamligi 0 °C, Mpa	50 °C haroratda siljishda ilashish, Mpa	70 °C haroratda siljishda ilashish, Mpa
1	4	6,09	3,19	1,63	9,75	0,31	0,18
2	4,2	6,94	3,01	1,71	10,3	0,32	0,20
3	4,4	6,48	3,39	1,96	11,95	0,37	0,23
4	4,6	7	3,4	2,39	12,55	0,45	0,29
5	4,8	6,86	3,42	2,63	13,2	0,51	0,32
6	5	5,71	2,56	1,98	11,74	0,37	0,22
7	5,2	5,75	2,24	1,57	12,43	0,29	0,18
8	A tip uchun 3,9-5,2 %	2,5	1,0 dan kam emas	-	13 dan kam emas	0,26 dan kam emas	-

Ushbu jadvalda polimer-oltingugurtli asfaltbetonning ekspluatatsion xossalari – xususan turli haroratlardagi siqilishdagi mustahkamlik va yuqori haroratdagi siljishdagi ilashish kuchi bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

Quyidagi jadvaldan shuni aytish mumkinki, muallif tomonidan olib borilgan tadqiqot ishlari taqqoslanayotgan ilmiy tadqiqot ishlaridan barcha xususiyatlar bo'yicha yuqoridir.

Dissertatsiyaning **“Yuqori haroratli ekspluatatsion sharoitda polimer-oltingugurtli asfaltbeton qoplamasini qo'llash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish”** deb nomlangan to'rtinchi bobida modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasi tarkibidagi modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli bitumni tayyorlash texnologiyasi, qorishmani ishlab chiqarish texnologiyasi hamda iqtisodiy samaradorligi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

**Polimer-oltingugurtli asfaltbeton namunalarning fizik - mexanik xossalarini
oldin amalga oshirilgan ilmiy ishlar bilan taqqoslash jadvali**

№	Fizik – mexanik xossalar nomi	Muallif tomonidan olib borilgan tadqiqot natijalari	O‘z MSt 3632:2023 talabi	Le Xiu Tuan ilmiy ishida	G.O. Gorbik ilmiy ishida	V.D. Galdina ilmiy ishida	G.B. Vasilovskaya ilmiy ishida	V.A. Gladkix ilmiy ishida
1	Siqilishga mustahkamligi 20 °C, MPa	6,86	2,5	5,50	4,3	2,55	2,42	4,8
2	Siqilishga mustahkamligi 50 °C, Mpa	3,42	1,0	2,31	2,2	0,90	0,78	2,4
3	Siqilishga mustahkamligi 70 °C, Mpa	2,63	-	-	-	-	-	-
4	Siqilishga mustahkamligi 0 °C, Mpa	13,2	13,0	9,15	11,3	-	-	-
5	Suvga bardoshliligi, %	0,99	0,85	0,98	0,91	0,94	0,91	0,93
6	Suv shimuvchanligi, %	2,01	2,0-5,0	1,66	1,8	6,9	2,1	1,6
7	Yorilishga bardoshliligi 0 °C da, MPa	6,11	4,0-6,5	-	5,2	2,9	-	-
8	G‘ildirak izi, mm	1,97	3,0	-	-	-	-	-
9	50 °C haroratda siljishda ilashish, MPa	0,51	0,26 dan kam emas	0,50	-	-	-	-
10	70 °C haroratda siljishda ilashish, MPa	0,32	-	-	-	-	-	-

Oltingugurt modifikatsiyasi va polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasini ishlab chiqarish texnologiyasi bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton ishlab chiqarishda yuqori sifatga erishish uchun oltingugurtni modifikatsiya qilish muhimdir. Taklif etilgan texnologiyada polimer qo‘shilmasdan ham bog‘lovchining termik barqarorligi va asfaltbetonning yuqori haroratda deformatsiyaga chidamliligi oshadi. Oddiy oltingugurt tez kristallanib, mo‘rt bo‘lgani uchun uni modifikator va stabilizatorlar yordamida qayta ishlash talab etiladi.

Modifikatsiya jarayoni maxsus reaktorda amalga oshirilib, unga oltingugurt, modifikator va aktivatorlar kiritiladi. Aktivator reaksiyani tezlashtiradi,

modifikator esa kristall tuzilmani barqarorlashtiradi. Natijada fizik va termik xossalari yaxshilangan modda olinadi. Hosil bo'lgan gazlar chiqarilib, zararsizlantiriladi. Sovutilgan va maydalangan oltingugurt bitum bilan aralashtirilib, yuqori reologik hamda mexanik xossalarga ega polimer-oltingugurtli bitum hosil qilinadi.

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmalarini ishlab chiqarish standart asfaltbeton zavodida amalga oshirilishi mumkin, biroq xavfsizlik talablari sabab jarayon 145 °C dan yuqori bo'lmagan haroratda bajarilishi lozim. Oltingugurtli bitumni tarkibga kiritishdan avval modifikatsiyalangan oltingugurt bitum bilan alohida bunkerdagi aralashtirgichda birlashtiriladi. Ish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat: mineral materiallarni quritish, elash va 140–145 °C gacha qizdirish; mineral kukun bilan aralashtirish; bitumni isitib, suvsizlantirib ishchi haroratga keltirish; modifikatsiyalangan polimer-oltingugurtli bitumni tayyorlash va uni mineral materiallar bilan aralashtirish hamda tayyor qorishmani yig'uvchi bunkerda saqlash.

Taklif etilayotgan polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmalarini ishlab chiqarishni MBA 160 "Mix Mobil" zavodida amalga oshirish mumkin.

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasini ishlab chiqarishda ishlatiladigan barcha materiallar me'yoriy hujjatlar talablariga javob berishi lozim: granitdan olingan chaqiqtosh — GOST 8267-93, maydalangan granit qumi — GOST 8736-93, slanesli mineral kukun — GOST 52129-2003 va qovushqoq yo'lbop bitum — GOST 22245-90. Bunday qorishmalarda barqarorlashtiruvchi qo'shimchalar talab etilmaydi, barcha xomashyo ko'rsatkichlari asfaltbeton zavodi laboratoriyasida tekshiriladi. Ishlab chiqarish jarayonida harorat rejimi qat'iy nazorat qilinib, 145 °C dan oshmasligi kerak, chunki haroratning ortishi oltingugurt asosidagi zaharli gazlar — vodorod sulfid va oltingugurt dioksidning ko'payishiga sabab bo'ladi.

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasini tayyorlash texnologik jihatdan standart asfaltbeton ishlab chiqarish jarayoniga o'xshash bo'lib, asosiy farqi – harorat rejimi va ekologik nazorat talablarining kuchaytirilganidadir. Jarayon mineral materiallarni (chaqiqtosh, qum, mineral kukun) sovuq bunkerlardan dozatorlar orqali yuborishdan boshlanadi. So'ngra nam materiallar konveyer yordamida quritish barabaniga uzatiladi, u yerda ular 145 °C dan oshmagan haroratda quritilib va qizdirilib, issiq bunkerlarda donadorligiga qarab ajratiladi. Mineral kukun yopiq bunkerda saqlanadi va chang chiqishini oldini olgan holda aralashtirish jarayonida chaqiqtosh va qum bilan birgalikda aralashtiriladi. Bitum sisternalarda 145 °C dan oshmagan haroratgacha qizdirilib, isitiladigan quvurlar orqali aralashtirgichga yuboriladi. Barcha komponentlar aniqlik bilan o'lchab, aralashtirgichda quruq aralashtirish jarayoni bajariladi, so'ng polimer-oltingugurtli bitum qo'shib, "nam aralashtirish" amalga oshiriladi. Yakunda tayyor asfaltbeton qorishmasi bunker-to'plagichga tushiriladi va u yerdan transport vositalariga yuklanadi. Ishlab chiqarish jarayonida havodagi zaharli gazlar konsentratsiyasi doimiy nazorat qilinadi va u 10 mg/m³ dan oshmasligi kerak.

Polimer-oltingugurtli asfaltbetonning mustahkamligini oshirish bo'yicha tavsiya qilingan tadbirlarning iqtisodiy samaradorligini baholash

Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasining iqtisodiy samaradorligi 4-jadvalda keltirib o'tilgan.

4-jadval

Bog'lovchi tarkibidagi bitum va oltingugurt nisbati 60:40 bo'lgan 1 tonna I markali, A tipli polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasining an'anaviy asfaltbetonga nisbatan iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari

№	An'anaviy asfaltbeton qorishmasidagi materiallar	Miqdori (kg)	1 kg material narxi (so'm)	Sarflangan materialning narxi (so'm)	Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasidagi materiallar	Miqdori (kg)	1 kg material narxi (so'm)	Sarflangan materialning narxi (so'm)
1	Bitum 4,79 %	47,9	6200	296 980	Bitum 2,874 %	28,74	6 200	178 188
2					Modifikator 0,192 %	0,192	45 000	8640
3					Modifikatsiyalangan oltingugurt, 1,916 %	19,16	790	15 136,4
4	Chaqiqtoş 48,552 %	485,52	81	39 327,12	Chaqiqtoş 48,552 %	485,52	81	39 327,12
5	Qum 43,792 %	437,92	59	25 837,28	Qum 43,792 %	437,92	59	25 837,28
6	Mineral kukun 2,856	28,56	350	9996	Mineral kukun 2,856	28,56	350	9996
7	Transport harajatlari			51 895	Transport harajatlari			51 895
8	Elektr energiya va gaz harajatlari			10 221	Elektr energiya va gaz harajatlari			7154,7
9	ABZ xizmat harajatlari			59 385	ABZ xizmat harajatlari			59 385
	Jami	1000		493 117,8				395 035,9

1 tonna I markali A tipli an'anaviy asfaltbeton qorishmasining o'rtacha narxi 493 117,8 so'mni tashkil etadi;

Bitum va modifikatsiyalangan polimer-oltingugurt nisbati 60:40 bo'lgan 1 tonna I markali A tipli polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasining o'rtacha narxi 395 035,9 so'mni tashkil etdi.

XULOSALAR

Ushbu dissertatsiya ishini bajarish natijasida quyidagi umumiy xulosalarga kelindi:

1. Yuqoridagi tahlillar natijasidan kelib chiqadiki oltingugurtli asfaltbetonning yuqori haroratga chidamliligini oshirish borasida yetarli ilmiy izlanishlar olib borilmagan. Mamlakatimizda esa oltingugurtli asfaltbetonni yuqori

haroratga chidamliligini oshirish borasida yetarlicha ilmiy izlanishlar olib borilmagan.

2. Oltinugurtning modifikatsiya qilish bo'yicha mavjud texnologiyalar tahlil qilinganda ularning kamchiliklari aniqlandi va ularni bartaraf etish maqsadida modifikatsiya qilishning optimal harorati, vaqti, modifikatsiyalovchi maxsus reaktor barabanining optimal aylanish tezligi aniqlanib mavjud texnologiyalar takomillashtirildi (reaktor harorati 170-175 °C, aylanish tezligi 200 ayl/minut).

3. Muborak gazni qayta ishlash zavodidan chiqayotgan gaz qoldiqlarining (oltinugurt) atrof muhitga chiqayotgan zaharli gazlarini bartaraf etish va undan unumli foydalanish maqsadida oltinugurtning bog'lovchi tarkibiga qo'shish usuli taklif etildi.

4. Modifikatsiya qilish jarayonida atrof muhitga chiqayotgan zaharli gazlarni bartaraf etish texnologiyasidan foydalanib mahalliy ikkilamchi mahsulot bo'lgan oltinugurt modifikator TP (to'yinmagan poliolfen) bilan modifikatsiya qilindi va modifikatsiyalangan oltinugurtning polimerlanish miqdori 54 % ni tashkil etdi.

5. Mahalliy TP (to'yinmagan poliolfen) markali modifikator bilan modifikatsiya qilingan polimer-oltinugurt bitum bilan modifikatsiya qilinganda, bog'lovchi tarkibidagi polimer-oltinugurt miqdori 40 % bo'lganda, polimer-oltinugurtli bitumning yumshash harorati 46,6 °C dan 70 °C gacha oshirildi.

6. Polimer-oltinugurtli asfaltbetonning fizik-mexanik va ekspluatatsion ko'rsatkichlari tahlil qilinganda qoplamaning ekspluatatsion ko'rsatkichlari avvalo, mineral materiallarning fizik-mexanik xossalriga, donadorlik tarkibiga hamda qorishmaning optimal tarkibiga bog'liqligi aniqlandi.

7. Polimer-oltinugurtli asfaltbetonning I markali A tipli takomillashtirilgan yangi tarkibi ishlab chiqildi. Fizik-mexanik va ekspluatatsion ko'rsatkichlari; o'rtacha zichligi 2,45 g/sm³, suv shimuvchanligi 2,01 %, qoplamaning siqilishga mustahkamligi 0 °C haroratda 13,2 MPa, 20 °C haroratda 6,86 MPa, 50 °C haroratda 3,42 MPa, 70 °C haroratda 2,63 MPa, suvga bardoshliligi 0,99, g'ildirak izi deformatsiyasining chuqurligi 60 °C haroratda (oltinugurt:bitum nisbati 30:70) 2,61 mm, 70 °C haroratda (oltinugurt:bitum nisbati 40:60) 1,97 mm, yorilishga bardoshliligi 0 °C haroratda 6,11 MPa bo'lishiga erishildi.

8. Oltinugurtli asfaltbetonning iqtisodiy samaradorligi baholandi, bunda I markali A tipli polimer-oltinugurtli asfaltbeton qorishmasini yuzasi 10 000 m², qalinligi 0,05 m bo'lgan qoplama qo'llash orqali 123 338 280 (bir yuz yigirma uch million, uch yuz o'ttiz sakkiz ming, ikki yuz sakkson) so'm iqtisodiy samaradorlikga erishildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.15/31.08.2022.Т.73.05 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МАМАТМУМИНОВ АЛИШЕР ТУРАКУЛОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ПОЛИМЕРНО-СЕРОАСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ В
УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СРЕДЫ**

**05.09.02 — «Геотехника» (по направлениям дороги, цифровизация дорог и
безопасность дорожного движения. Дорожная телематика)**

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

Ташкент-2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за B2025.2.PhD/T5760. Косимов Иброхим Иркинович
доктор технических наук, профессор

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайта (www.tstu.uz) и в информационно-образовательном портале «Ziyonet» по адресу www.ziyonet.uz

Научный руководитель:

Садиков Ибрагим Салихович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Каримов Максуд Убайдулла угли
доктор технических наук, профессор

Ахмедов Шерзод Бахадирович
доктор философии по техническим наукам, доцент

Ведущая организация:

Ташкентский архитектурно-строительный университет

Защита диссертации состоится “_____” _____ 2025 г. в _____ часов на заседании Научного совета PhD.15/31.08.2022.T.73.05 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167. г. Ташкент, улица Темирийулчилар, 1. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентском государственном транспортном университете. (зарегистрирована №_____). (Адрес: 100167. г. Ташкент, улица Темирийулчилар, 1. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

Автореферат диссертации разослан “_____” _____ 2025 года.
(реестр протокола рассылки №___ от “_____” _____ 2025 года).

А.Х.Уроков

Председатель научного совета по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

Р.М.Худайкулов

Ученый секретар научного совета по
присуждению ученых степеней,
PhD, профессор

К.Х.Азизов

Заместитель председателя
Научного семинара при
научном совете по присуждению
ученых степеней, к.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире дорожная инфраструктура является одним из важнейших элементов обеспечения экономического развития и государственной безопасности. Во всех странах мира большое внимание уделяется состоянию дорожной сети и качеству дорожного покрытия. Спрос на автомобильные дороги в нашей стране и во всем мире растет с каждым днем. В результате глобальных климатических проблем во всем мире в результате повышения температуры асфальтобетонных покрытий до 65-75 °С в покрытиях образуются пластические деформации. На сегодняшний день из-за растущего спроса на автомобильный транспорт в развитых странах в результате высокого потока движения возникают повреждения покрытий. Для устранения вышеуказанных проблем рекомендуется применение новых высокотемпературных асфальтобетонных технологий на автомобильных дорогах. Внедрение технологии производства сернистых асфальтобетонных смесей для строительства и ремонта дорог в условиях высокотемпературной эксплуатации дает высокую эффективность. Повышение термостойкости асфальтобетонного покрытия является одной из актуальных проблем современности.

В мире проводится множество научных исследований с целью продления срока службы автомобильных дорог и особенно улучшения эксплуатационных показателей асфальтобетонных покрытий. В связи с этим для улучшения состава асфальтобетонных смесей широко развиваются направления использования энергосберегающих строительных материалов, а также модифицированного полимерно-серного битума с высокой экономической эффективностью. В частности, приоритетное значение приобретают исследования по применению экономичного строительного материала - модифицированного полимерно-серного битума, разработанного на основе современных технологий для повышения устойчивости асфальтобетонных покрытий в условиях высокотемпературной эксплуатации.

В нашей республике ведутся широкомасштабные работы по разработке и внедрению новых технологий, направленных на увеличение срока службы автомобильных дорог, улучшение их качества и потребительских свойств, а также повышение эффективности процессов ремонта. В Постановлении Президента Республики Узбекистан от 10.10.2023 г. № ПП-330 “О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы дорожного хозяйства” и Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, в частности, определены задачи по “Совершенствованию дорожной инфраструктуры и ускоренному развитию сети автомобильных дорог”. Для достижения этих целей важно проводить научные исследования по повышению устойчивости асфальтобетонных покрытий к высоким температурам и улучшению их эксплуатационных свойств. Вместе с тем, в указах Президента № УП-60, № УП-5890, № ПП-4545 и № ПП-330 определены задачи модернизации

дорожного хозяйства, совершенствования системы управления и использования современных материалов, и данное диссертационное исследование вносит определенный научно-практический вклад в эти цели.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование соответствует приоритетному направлению II «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение, транспорт и приборостроение» развития науки и технологий республики. Диссертационная работа выполнена в рамках фундаментального международного грантового проекта П-4821091606 «Направленное регулирование реологических свойств асфальтобетонов, воспринимающих экстремальные транспортные нагрузки и температуру, в системе «Supergave»».

Степень изученности проблемы. Среди мировых ученых по технологиям получения модифицированных серобитумов, приготовления сероасфальтобетонных смесей и укладки сероасфальтобетонных покрытий - С.Ю. Андронов, Г.В. Василевская, Д.Р. Назиров, В.Д. Галдина, Ю.М. Антенс, М.В. Железнов, Р.Г. Теляшев, Н.В. Мотин, Р.Ф. Сабилов, А.Н. Шубин, М.Н. Алёхина, Л.Х. Туан, Г.О. Горбик, Д.А. Скрипунов, Ю.Е. Васильев, П.В. Сахаров, В.Б. Иванов, А.Ю. Тихонов, Б.А. Козловский, Г.К. Сюни, А.М. Богуславский, В.А. Гладких, М.Ю. Рейнхаут, К.М. Бекетов, В.А. Танаянс, О.И. Дошлов, В.В. Пронин, С.А. Определенные результаты были достигнуты в научно-исследовательских работах Королева, Г.Л. Баумгардера, Х. Ахмада и других, а среди ученых нашей республики научные исследования по теме серобитума и сероасфальтобетона проводили И.С. Садиков, Э.С. Соттикулов, Э.У. Касимов, Б. Хурсандов и С.М. Тилаков.

Из результатов вышеуказанных анализов следует, что недостаточно проведено научных исследований по повышению устойчивости серного асфальтобетона к высоким температурам. В Узбекистане научные исследования по повышению устойчивости серного асфальтобетона к высоким температурам не проводились.

Соответствие диссертационного исследования плану научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнялась диссертация. Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Ташкентского государственного транспортного университета в рамках научно-исследовательских работ “Системный подход к проектированию дорожных одежд с заданными транспортно-эксплуатационными характеристиками дорожного покрытия с учетом транспортных нагрузок и климатических условий”.

Целью исследования является повышение эксплуатационных показателей полимерно-серного асфальтобетонного покрытия для повышения термостойкости асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

Задачи исследования:

- анализ технологий изготовления термостойкого полимерно-серного асфальтобетона;
- разработка технологии модификации серы;
- разработка технологии получения модифицированного полимерно-серного битума и повышение физико-механических показателей вяжущего;
- разработка нового состава и повышение эксплуатационных показателей термостойкого полимерно-серного асфальтобетона;
- оценка экономической эффективности термостойкого полимерно-серного асфальтобетона.

Объектом исследования является полимерно-серный асфальтобетонный раствор и полимерно-серный асфальтобетон.

Предмет исследования - технология получения модифицированного полимерно-серного битума и технология изготовления термостойкого полимерно-серного асфальтобетона.

Методы исследования. В процессе исследования для определения реологических свойств и химической структуры модифицированного полимерно-серного битума были использованы методы ИК-спектроскопии, лабораторные испытания, экспериментальные исследования, математическая статистика и регрессионный анализ.

Научная новизна исследования:

- усовершенствована технология получения модифицированного полимерно-серного битума в результате модификации серы, которая считается местным сырьем, модификатором марки ТП;
- впервые для строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог получен новый термостойкий и прочный строительный материал - полимерно-серный асфальтобетон;
- достигнуто повышение эксплуатационных показателей полимерно-серных асфальтобетонных покрытий, таких как устойчивость к образованию колесных следов, водостойкость, прочность на сдвиг, устойчивость к высоким температурам;
- физико-механические и эксплуатационные показатели полимерно-серного асфальтобетона определены на основе закономерностей изменения основного состава и технологических факторов (полимерно-серный состав, температура приготовления, тип модификатора, количество и технология приготовления).

Практические результаты исследования:

- разработан технологический регламент по производству полимерно-серной асфальтобетонной смеси;
- Результаты научных исследований были использованы в разделах “Связующие материалы,” “Сероасфальтобетон,” “Методы ремонта выбоин в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог” при переработке ведомственных строительных норм ИКН 82-2024 “Инструкция по ремонту автомобильных дорог общего пользования в зимний период”;

- разработан оптимальный гранулометрический состав с повышенными физико-механическими и эксплуатационными показателями для полимерно-серной асфальтобетонной смеси марки I типа А;

- оценена экономическая эффективность использования усовершенствованного метода полимерно-серного асфальтобетона для повышения физико-механических и эксплуатационных показателей асфальтобетонных покрытий.

Достоверность результатов исследования определяется тем, что научные исследования проводились на основе стандартизированных методов, с использованием современных и высокоточных цифровых инструментов. Также, в целях повышения эксплуатационных показателей асфальтобетонных покрытий, их свойства были испытаны и проанализированы в современном лабораторном оборудовании, что подтверждает результаты. Кроме того, взаимная согласованность результатов теоретических и практических исследований, а также соответствие результатов, полученных с использованием коэффициентов корреляции и регрессии при разработке структуры, существующим моделям подтверждает достоверность исследования.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в том, что в результате анализа выявлены причины снижения эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий под воздействием высоких температур и улучшения свойств асфальтобетонного вяжущего на основе полимеризации серы, снижения вредного воздействия на экологию и окружающую среду за счет переработки серы, являющейся отходом газоперерабатывающих заводов, повышения эксплуатационных показателей полимерно-серного асфальтобетонного покрытия.

Практическая значимость результатов исследования объясняется тем, что полимерно-серный асфальтобетонный раствор, приготовленный на основе разработанного состава, повышает термостойкость покрытия путем укладки верхнего слоя покрытия при строительстве и ремонте асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, ремонте выбоин в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог.

Внедрение результатов исследования. По результатам проведенных исследований по совершенствованию способа повышения эксплуатационных показателей полимерно-серного асфальтобетонного покрытия:

- содержание полимеризации полимер-серы было увеличено на 54%, и на основе оптимального состава, разработанного для полимер-серного асфальтобетона, смесь была приготовлена на асфальтобетонных заводах и внедрена в Государственное учреждение по эксплуатации дорог Байсунского района при Комитете по автомобильным дорогам (Справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан № 02-4424 от 7 октября 2025 г.). В результате лабораторных испытаний установлено, что эксплуатационные показатели полимерно-серного асфальтобетонного покрытия увеличиваются в 2-3 раза;

- для строительства и ремонта полимерно-серных асфальтобетонных дорожных покрытий были улучшены физико-механические и эксплуатационные показатели, такие как прочность, трещиностойкость, устойчивость к высоким температурам, сопротивление сдвигу и устойчивость к деформации колесного следа, и результаты были внедрены в Государственное учреждение по эксплуатации дорог Байсунского района при Комитете по автомобильным дорогам (Справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан No 02-4424 от 7 октября 2025 г.). В результате использование полимерно-серного асфальтобетона привело к увеличению прочности покрытия на сжатие при высоких температурах, т.е. при 70 оС, в 2-3 раза по сравнению с традиционным асфальтобетоном, используемым сегодня;

- разработанный оптимальный гранулометрический состав полимерно-серного асфальтобетона марки I типа А внедрен в Государственное учреждение по эксплуатации дорог Байсунского района при Комитете по автомобильным дорогам (справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 7 октября 2025 года No 02-4424). В результате показатели прочности покрытия увеличились до 6,8 МПа при температуре 20 °С в условиях высокотемпературной эксплуатации;

- усовершенствованный метод полимерно-серного асфальтобетона внедрен в Государственное учреждение по эксплуатации дорог Байсунского района при Комитете по автомобильным дорогам (Справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан No 02-4424 от 7 октября 2025 г.). В результате повысились показатели прочности покрытия в условиях высокотемпературной эксплуатации, кроме того, в результате применения данного метода достигнута экономическая эффективность в количестве битума до 40%.

Апробация результатов исследования. Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были представлены и обсуждены на 2 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях, 2 местных и 7 международных (включая 1 конференцию, включенную в базу данных “Scopus”) конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 25 научные работы, из них 5 статей в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, в том числе 3 в республиканских и 2 в зарубежных журналах, получено 1 свидетельство на программу ЭВМ. Также в Агентство по интеллектуальной собственности направлена заявка на получение авторских прав на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 116 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и необходимость проведения исследования, освещена степень изученности проблемы и ее соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Также определены цель и задачи, объект и предмет исследования. Описаны использованные в работе методы исследования, научная новизна полученных результатов, их научная и практическая значимость, а также состояние внедрения результатов в практику. Показана неразрывная связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация, приведены сведения об апробации полученных результатов, опубликованных научных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **“Анализ сероасфальтобетонных покрытий и существующих проблем их использования”** проанализированы проблемы, наблюдающиеся в процессе эксплуатации асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог нашей страны, а также основные факторы, их вызывающие. В данной главе приведены сведения о физико-механических свойствах дорожных покрытий, влиянии климатических условий, качестве используемых вяжущих и наполнительных материалов, а также недостатках технологических процессов, изложен научно обоснованный анализ существующих проблем.

В настоящее время механизмы взаимодействия серы и битума до конца не выяснены, и имеющиеся данные противоречат друг другу. Изучение процессов химической и физико-химической связи серы с битумом и определение влияния ее кристаллизации на прочность и водостойкость асфальтобетона является важной задачей. Исследования показали, что модифицированная сера улучшает физико-механические свойства асфальтобетона, снижая расход битума и производственные затраты. В жарком климате Узбекистана такие покрытия устойчивы к деформации и полностью соответствуют требованиям испытаний при 70 °С.

Во второй главе диссертации **“Модифицированный полимерно-серный битум для высокотемпературных условий эксплуатации и исследование его свойств”** исследованы способы получения полимерно-серного битума и их физико-химические свойства. Приведены данные о физико-механических свойствах материалов, используемых для приготовления модифицированной и немодифицированной полимерсеры и асфальтобетонной смеси на ее основе, и их сравнение с требованиями нормативных документов.

При этом использовался реактор с плотно закрывающейся крышкой, механической мешалкой, термометром и системой отопления. В реактор добавляли 5 кг серы и постепенно повышали температуру: при 140 °С серу переводили в пластическое состояние, а при 165 °С вводили модификатор (НП) и инициатор. НП (ненасыщенный полиолифин) - низкомолекулярный полиэтилен, содержащий амины и цепные разрывающие группы,

добавленный в количестве 1-5%, инициатор - 0,003%. Реакция длилась 45 минут, и путем непрерывного перемешивания была получена масса стабильной вязкости.

В результате эксперимента был получен красновато-коричневый полимер-сера с высокой вязкостью. Для обеспечения его стабильности процесс охлаждения осуществлялся быстро в воде комнатной температуры.

На рисунке ниже представлен график гранулометрического состава полимерно-серного асфальтобетона типа А марки I из гранитных каменных материалов Самаркандского КДЗ (камнедробильного завода).

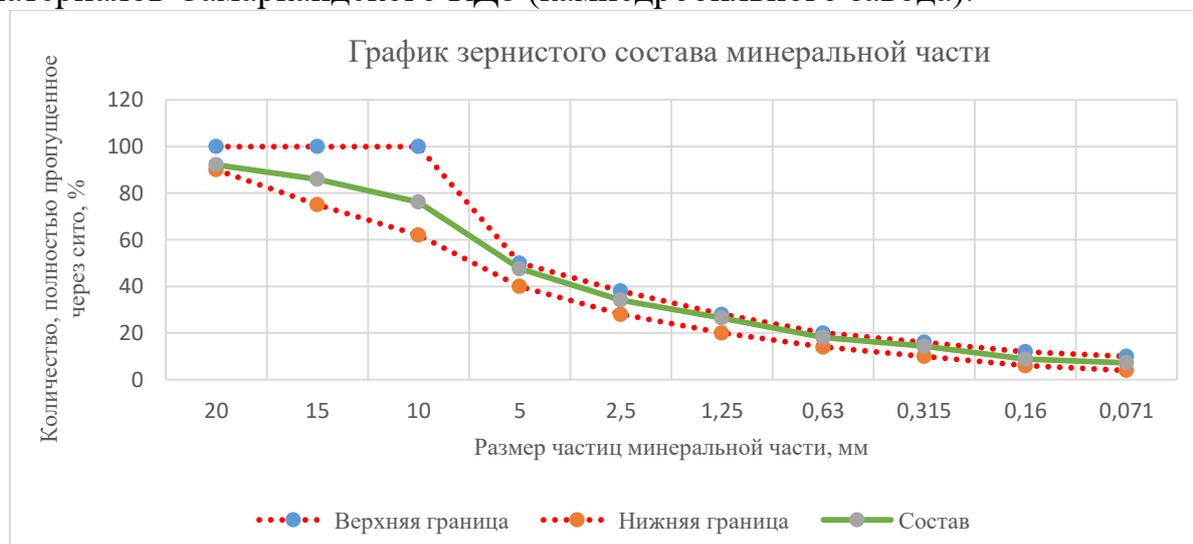


Рисунок 1. График гранулометрического состава полимерно-серного асфальтобетона типа А марки I из гранитных каменных материалов Самаркандского КДЗ.

Согласно графическому анализу, фактический гранулометрический состав полимерно-серной асфальтобетонной смеси находится в пределах верхней и нижней границ стандарта ГОСТ 9128-2013, что обеспечивает оптимальную гранулометрическую стабильность. Для смеси, приготовленной из гранитного камня, песка и активированного сланцевого минерального порошка, а также полимерно-серного битума, были испытаны 7 различных составов, содержание связующего которых варьировалось от нижнего предела до верхнего предела более чем на 0,2 %. Результаты показали, что наиболее оптимальным вариантом является состав с содержанием битума 4,8 %, так как он обеспечивает равномерное распределение, минимальную пористость и высокую плотность. В то же время этот состав устойчив к деформации при высоких температурах и отличается удобством укладки. Согласно результатам расчетов, наиболее оптимальным считается связующее с добавлением 40% серы и 1-2 % ненасыщенного полиолифинового модификатора. Такой состав значительно повышает прочность и водостойкость асфальтобетона и обеспечивает его стабильную работу в условиях высоких температур.

В третьей главе диссертации под названием “**Повышение эксплуатационных показателей полимерно-серного асфальтобетонного покрытия в условиях высоких температур**” проведены эксперименты по производству оптимального состава полимерно-серного битума, в результате

чего повысились физико-механические свойства модифицированного полимерно-серного вяжущего до 54 %.

В процессе получения полимерно-серного битума путем модификации серы оптимальная температура в реакторе составляет 175 °С, а скорость вращения барабана - 200 об/мин. При содержании 40 % модифицированного битума физико-механические свойства материала показали наилучшие результаты. Эксперименты показали, что оптимальный диапазон содержания вяжущего в асфальтобетоне составляет 4,6-4,8 %, в этом диапазоне показатели прочности, водостойкости и плотности максимальны. Полимерно-серное вяжущее снижает водопоглощение и предотвращает эрозию и трещины.

При приготовлении вяжущего использовали битум марки БНД 60/90 производства “Ферганского нефтеперерабатывающего завода” и серу, являющуюся отходом “Мубарекского газоперерабатывающего завода.” В качестве оптимального модификатора был выбран НП (ненасыщенный полиолифин), серу нагревали при 170 °С, добавляли НП в количестве 1 % от массы и перемешивали в течение 40 минут. При этом битум БНД 60/90 обезвоживали при 160 °С и затем смешивали с модифицированной серой со скоростью 200 об/мин в течение 100 минут. Всего было проведено 17 испытаний, в которых изучалось влияние содержания серы, температуры, процента модификатора и времени. Результаты испытаний в соответствии с ГОСТами показали, что полимерно-серный битум с добавлением модификатора НП обладает высокой прочностью, улучшенной вязкостью и термостойкостью, т.е. значительно повышена деформационная стойкость битума.

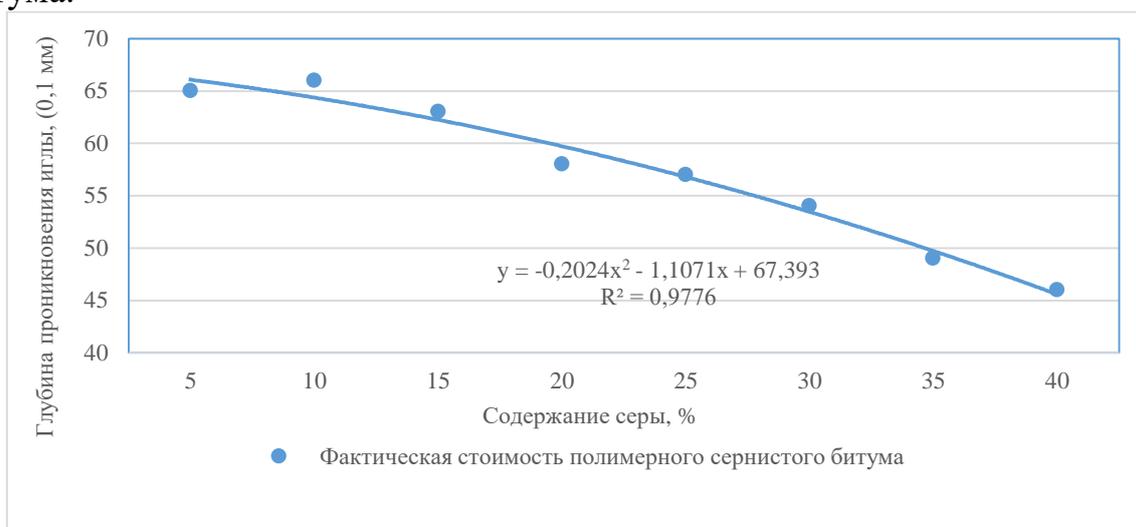


Рисунок 2. График сравнения свойств полимерно-серного битума и вязкого битума марки 60/90 по глубине проникновения иглы.

Для определения глубины проникновения иглы в полимерно-серный битум использовали ненасыщенный полиолифиновый модификатор, полученный результат составил 46°, т.е. проникновение иглы составило 4,6 мм. Кроме того, при модификации серы этим модификатором степень полимеризации серы составила 54 % и было обнаружено, что она превращается в полимер-серу.

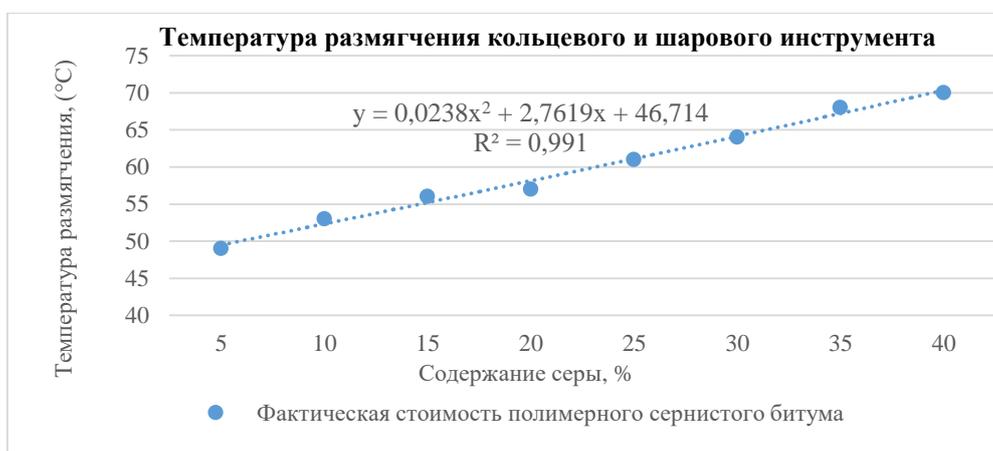


Рисунок 3. График сравнения свойств температуры размягчения полимерно-сернистого битума и вязкого битума марки БНД 60/90.

На этом графике представлен сравнительный график вязкого битума марки БНД 60/90 и полимерно-сернистого битума. На основании результатов, полученных в таблице 3.1, установлено, что при добавлении 20 % серы к битуму температура размягчения достигает 55 °С, а при добавлении 40 % серы температура размягчения достигает 70 °С.

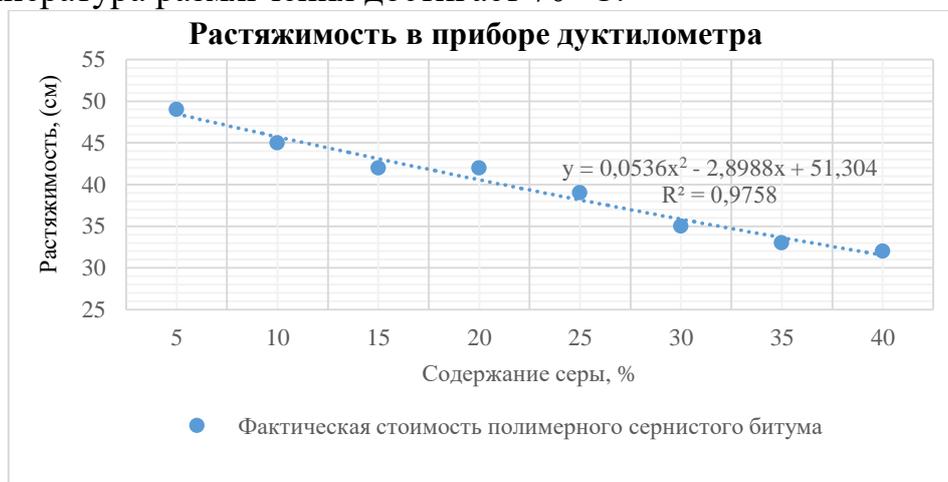


Рисунок 4. График сравнения полимерно-сернистого битума и вязкого битума марки БНД 60/90 по свойствам растяжимости.

Определение температуры хрупкости битума проводится методом Фрааса по ГОСТ 11507-78. Температура хрупкости - это самая низкая температура, при которой битум теряет эластичность в холодной среде, что приводит к растрескиванию. Для испытания битум обезвоживают непрерывным перемешиванием при температуре не выше 160 °С, затем пропускают через сито 0,7 мм и удаляют пузырьки воздуха. Приготовленный битум в количестве $0,40 \pm 0,01$ г наносят на выпуклую сторону стальной пластины и обеспечивают равномерное распределение за 5-10 минут. После высыхания пластины помещают в прибор GD-0613A (Automatic Asphalt Breaking Point Tester) и определяют температуру хрупкости.

Результаты показывают, что в обычных нефтяных битумах температура хрупкости обычно составляет от -6 °С до -15 °С, в то время как в полимерно-сернистых битумах этот показатель снижается до -20 °С. Это свидетельствует о высоком уровне морозостойкости модифицированного вяжущего.

Температуры хрупкости обычного вязкого битума марки БНД и полимерно-серных битумов определяли путем добавления серы и битума в разных процентах (Таблица 1).

Таблица 1

Сравнение видов битума по температуре хрупкости

№	Виды битума	Температура хрупкости, °С (фактическое значение)
1.	БНД 60/90	-11
2.	Полимерно-серный битум (10:90)	-14,2
3.	Полимерно-серный битум (20:80)	-18,9
4.	Полимерно-серный битум (30:70)	-20,3
5.	Полимерно-серный битум (40:60)	-21,5

Температура хрупкости битумов определяет их способность сохранять эластичность в условиях холодного климата. Согласно результатам экспериментальных испытаний, температура хрупкости битума марки БНД 60/90 составляет -11 °С, что ограничивает его возможность использования при низких температурах и увеличивает риск растрескивания в зимний период. Установлено, что полимерно-серный битум сохраняет свою эластичность на холоде, а температура хрупкости значительно снижается. Лучший результат был зафиксирован в полимерно-серном битуме в соотношении 40:60 с температурой хрупкости -21,5 °С.

Эти результаты показывают, что полимерно-серные битумы обладают более высокой морозостойкостью по сравнению с обычными битумами. Такой эффект объясняется химическими связями, образуемыми серой с молекулами битума, и возникающей в результате структурной сетью. Эта сеть повышает механическую и термическую стабильность материала.

Таблица 2

Результаты испытаний битума при кратковременном старении

№	Виды битума	Температура размягчения битума, °С		Растяжимость битума, см			Изменение массы битума, г
		не менее 47 °С	не более 7 °С	не менее 62 см	-	ПБВ 40	
							первоначальный
по ГОСТ 33133-2014 и ГОСТ 22245-90							
1	БНД 60/90	46,5	52,4	70+	32	15	0,12 г (0,34 %)
2	БНД 70/100	47	49,2	70+	29	15	0,13 г (0,34 %)
3	ПОБ (20:80)	54	58,2	42	24	15	0,16 г (0,41 %)
4	ПОБ (30:70)	63	68,2	35	19	15	0,18 г (0,46 %)
5	ПОБ (40:60)	70	76,1	32	17	15	0,23 г (0,59 %)

Полимерный серосодержащий битум (ПСБ) при старении на установке РТФОТ дает информацию, связанную с выделением тепла в процессе производства битума и кратковременным старением.

Для оценки износостойкости битумов были проведены сравнительные анализы на основе таких показателей, как температура размягчения, растяжимость, глубина погружения иглы и изменение массы. Исследования, основанные на ГОСТ 33133-2014 и ГОСТ 22245-90, позволили определить изменения физико-механических свойств полимерно-серных битумов с обычными вязкими битумами. Согласно результатам, хотя температура размягчения после старения увеличилась во всех битумах, этот рост был значительно выше в полимерно-серных битумах - например, в образце с соотношением 40:60 он увеличился на 6,1 °С. Это указывает на то, что разветвленная структура серы повышает термическую стабильность битума.

В то время как в обычных битумах растяжимость резко снизилась с 70 см до 29-32 см, в полимерно-серных битумах этот показатель снизился с 32 см до 17 см, то есть эластичность частично сохранилась. Потеря массы в образце при соотношении 40:60 составила 0,59 %, что объясняется выходом летучих продуктов, но термическая стойкость сохранена на высоком уровне. Хотя показания пенетрометра снизились с 62,7 до 53,6 (-14,5 %), эти значения остались в эксплуатационных нормах.

В целом, полимерно-серный битум в процессе старения в определенной степени сохраняет физико-механические свойства: температура размягчения повышается, снижение растяжимости контролируется, а твердость не выходит за пределы нормативного диапазона. Это подтверждает механическую и термическую устойчивость структурной сети модифицированного вяжущего.

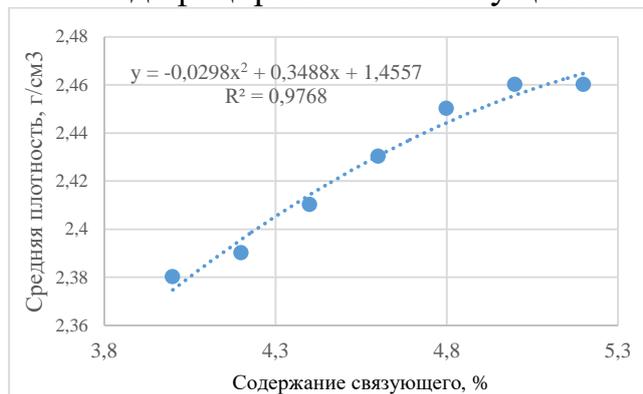


Рисунок 5. Средняя плотность образцов из полимерно-серной асфальтобетонной смеси.

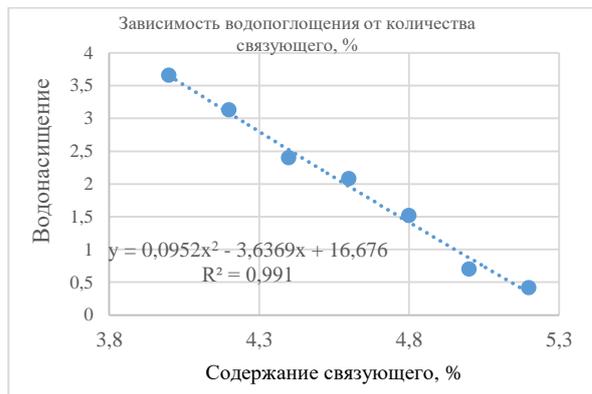


Рисунок 6. Водопоглощение образцов, изготовленных из полимерно-серной асфальтобетонной смеси.

Водонасыщение образцов из полимерно-серной асфальтобетонной смеси определяется по п. 13 ГОСТ 12801-98 по следующей формуле.

Прочность на сжатие образцов полимерно-серного асфальтобетона при температурах 0 °С, 20 °С, 50 °С и 70 °С определяется по п. 15 ГОСТ 12801-98.

Прочность на сжатие образцов, изготовленных из полимерно-серной асфальтобетонной смеси, определяли при температурах 0 °С, 20 °С, 50 °С и 70 °С по отношению к проценту серно-битума в смеси.

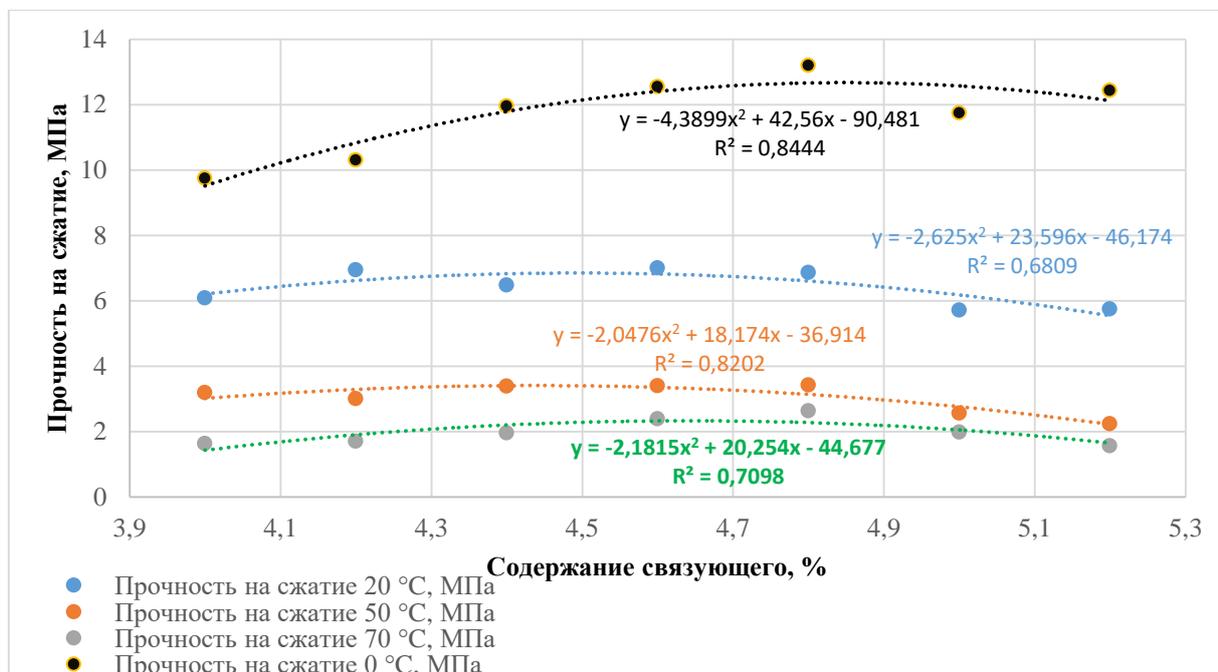


Рисунок 7. Показатели прочности на сжатие полимерно-серного асфальтобетона.

Показатели прочности на сжатие полимерно-серного асфальтобетона существенно зависят от температуры и количества вяжущего. Наибольшее значение прочности при 0 °C наблюдалось при содержании 4,8 % связующего и составило 13 МПа. Это показывает, что прочность материала увеличивается при низких температурах. Оптимальное количество связующего при температуре 20 °C составило 4,8 %, что значительно превышает требования нормативного документа. Результаты при высоких температурах 50 °C и 70 °C иллюстрируют термостойкость материала.

В целом, результаты рисунка 7 показывают, что содержание связующего в полимерно-серном асфальтобетоне 4,6-4,8 % является оптимальным. Этот диапазон играет важную роль в повышении эксплуатационной стойкости асфальтобетона, обеспечивая его стабильность в различных температурных условиях.

Водостойкость полимерно-серного асфальтобетона определяется согласно пункту 19 ГОСТ 12801-98.

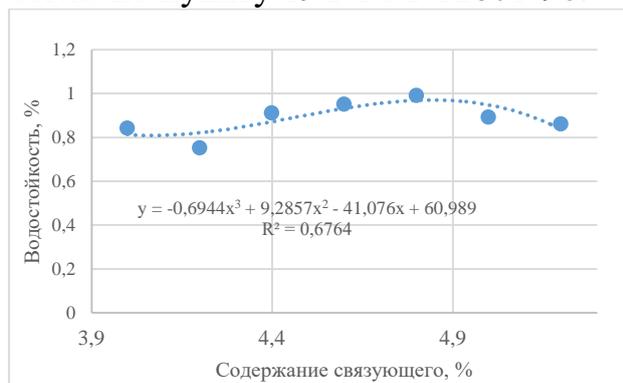


Рисунок 8. Водостойкость полимерно-серного асфальтобетона.

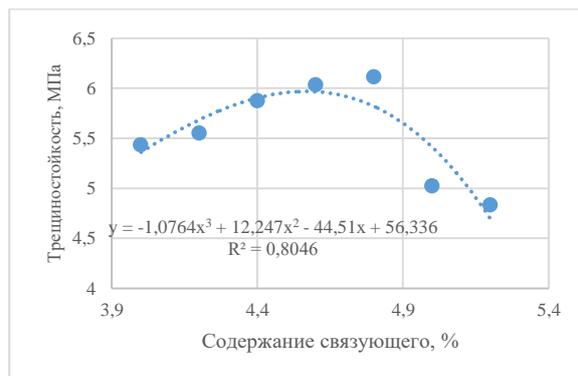


Рисунок 9. Трещиностойкость полимерно-серного асфальтобетона.

На этом рисунке показано изменение водостойкости полимерно-серного асфальтобетона в зависимости от изменения полимерно-серного

битумного вяжущего. При оптимальном количестве связующего 4,8 % водостойкость показала самый высокий результат.

Прочность полимерно-серного асфальтобетона на растрескивание при температуре 0 °С определяется на основании пункта 16 ГОСТ 12801-98.

Прочность полимерно-серного асфальтобетона на растрескивание должна быть в пределах 4,0-6,5 МПа по O'z DSt 3632-2023. Наиболее оптимальное количество связующего составило 4,8, а наибольший результат - 6,11 МПа.

Деформация колеи полимерно-серного асфальтобетонного покрытия определялась по изменению содержания серы. Согласно этому, при добавлении 30 % содержания серы к битуму при температуре 60 °С погружение колеи составило 2,61 мм. Это соответствует требованиям ГОСТа.

Деформация колеи образца полимерно-серного асфальтобетона составила 1,93 мм при температуре 70 °С при содержании серы 40 %. Эти результаты свидетельствуют о том, что полимерно-серные асфальтобетонные покрытия устойчивы к высоким температурам.

Для определения показателя сцепления при сдвиге образцов полимерно-серного асфальтобетона он определяется согласно пункту 18 ГОСТ 12801-98.

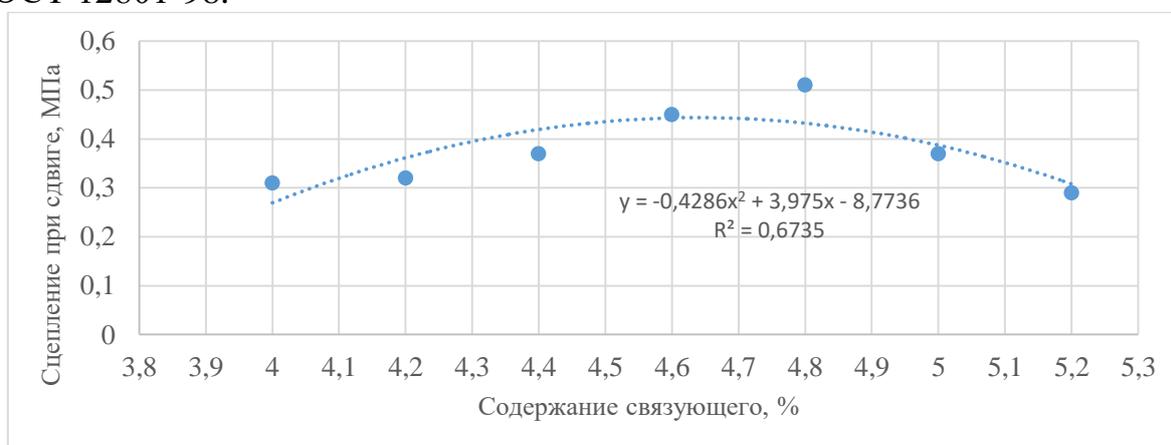


Рисунок 10. Прочность образца полимерно-серного асфальтобетона на сдвиг относительно количества вяжущего.

По результатам испытаний, проведенных при 50 °С, увеличение количества вяжущего повышает деформационную стойкость асфальтобетона. Максимальная прочность на сдвиг 0,51 МПа была зафиксирована при содержании полимерно-серного битума 4,8 %, что обеспечило устойчивость к высоким нагрузкам. При этом увеличение содержания связующего снижает водопоглощение: у 4,0 % - 3,65 %, а у 5,2 % - 0,41 %. Это связано с тем, что вяжущее образует плотный слой в битумной матрице, снижая водопроницаемость. Водостойкость составляет 0,75 для 4,2 % вяжущего, что ниже нормы, а выше 4,4 % находится в пределах 0,91-0,99, что соответствует требованиям O'zMSt 3632:2023. Средняя плотность увеличивается в пределах 2,38-2,46 г/см³, что свидетельствует об укреплении структуры. Содержание связующего 4,6-4,8 % является оптимальным диапазоном, и избыток связующего приводит к размягчению смеси. Трещиностойкость наибольшая при 4,8 % 6,11 МПа, сохраняет эластичность на холоде. В целом, содержание

полимерно-серного битума в пределах 4,6-4,8 % рекомендуется для покрытий с высокой климатической устойчивостью, обеспечивая оптимальные показатели водостойкости, плотности и морозостойкости асфальтобетона.

В таблице 3 ниже приведены значения эксплуатационных показателей полимерно-серного асфальтобетона.

Таблица 3

Эксплуатационные показатели полимерно-серного асфальтобетона

№	Содержание связующего, %	Прочность на сжатие 20 °С, МПа	Прочность на сжатие 50 °С, МПа	Прочность на сжатие 70 °С, МПа	Прочность на сжатие 0 °С, МПа	Сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа	Сцепление при сдвиге при 70 °С, МПа
1	4	6,09	3,19	1,63	9,75	0,31	0,18
2	4,2	6,94	3,01	1,71	10,3	0,32	0,20
3	4,4	6,48	3,39	1,96	11,95	0,37	0,23
4	4,6	7	3,4	2,39	12,55	0,45	0,29
5	4,8	6,86	3,42	2,63	13,2	0,51	0,32
6	5	5,71	2,56	1,98	11,74	0,37	0,22
7	5,2	5,75	2,24	1,57	12,43	0,29	0,18
8	Для типа А 3,9-5,2 %	2,5	не менее 1,0	-	Не менее 13	не менее 0,26	-

В данной таблице представлены результаты исследований эксплуатационных свойств полимерно-серного асфальтобетона - в частности, прочности при сжатии при различных температурах и силе сцепления при сдвиге при высоких температурах.

Таблица 4

Таблица сравнения физико-механических свойств образцов полимерно-серного асфальтобетона с ранее выполненными научными работами

№	Название физико-механических свойств	Результаты исследования, проведенного автором	Требование О'z MSt 3632:2023	Ле Хю Туан в своей научной работе	В научной работе Г.О. Горбика	В научной работе В.Д. Галдиной	В научной работе Г.Б. Васильевой	В научной работе В.А. Гладких
1	Прочность на сжатие 20 °С, МПа	6,86	2,5	5,50	4,3	2,55	2,42	4,8
2	Прочность на сжатие 50 °С, МПа	3,42	1,0	2,31	2,2	0,90	0,78	2,4
3	Прочность на сжатие 70 °С, МПа	2,63	-	-	-	-	-	-

4	Прочность на сжатие 0 °С, МПа	13,2	13,0	9,15	11,3	-	-	-
5	Водостойкость, %	0,99	0,85	0,98	0,91	0,94	0,91	0,93
6	Водонасыщение, %	2,01	2,0-5,0	1,66	1,8	6,9	2,1	1,6
7	Трещиностойкость при 0 °С, МПа	6,11	4,0-6,5	-	5,2	2,9	-	-
8	След колеса, мм	1,97	3,0	-	-	-	-	-
9	Сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа	0,51	не менее 0,26	0,50	-	-	-	-
10	Сцепление при сдвиге при 70 °С, МПа	0,32	-	-	-	-	-	-

Из приведенной ниже таблицы можно сказать, что проведенные автором исследовательские работы по всем признакам превосходят сравниваемые научно-исследовательские работы.

В четвертой главе диссертации **“Разработка рекомендаций по применению полимерно-серного асфальтобетонного покрытия в условиях высокотемпературной эксплуатации”** приведены сведения о технологии приготовления модифицированного полимерно-серного битума в составе модифицированной полимерно-серной асфальтобетонной смеси, технологии производства смеси и экономической эффективности.

Разработка рекомендаций по модификации серы и технологии производства полимерно-серной асфальтобетонной смеси.

В производстве полимерно-серного асфальтобетона модификация серы важна для достижения высокого качества. В предлагаемой технологии повышается термическая устойчивость вяжущего и деформационная стойкость асфальтобетона при высоких температурах даже без добавления полимера. Поскольку обычная сера быстро кристаллизуется и хрупкая, ее необходимо перерабатывать с помощью модификаторов и стабилизаторов.

Процесс модификации осуществляется в специальном реакторе, в который вводятся сера, модификаторы и активаторы. Активатор ускоряет реакцию, а модификатор стабилизирует кристаллическую структуру. В результате получается вещество с улучшенными физическими и термическими свойствами. Образовавшиеся газы удаляются и обезвреживаются. Охлажденная и измельченная сера смешивается с битумом, образуя полимерно-серный битум с высокими реологическими и механическими свойствами.

Производство полимерно-серных асфальтобетонных смесей может осуществляться на стандартном асфальтобетонном заводе, но из-за требований безопасности процесс должен проводиться при температуре не выше 145 °С. Перед добавлением серосодержащего битума в состав модифицированная сера соединяется с битумом в смесителе в отдельном

бункере. Рабочий процесс состоит из следующих этапов: сушка, просеивание и нагрев минеральных материалов до 140-145 °С; смешивание с минеральным порошком; нагрев, обезвоживание и доведение битума до рабочей температуры; приготовление модифицированного полимерно-серного битума и смешивание его с минеральными материалами, а также хранение готовой смеси в бункере для сбора.

Производство предлагаемых полимерно-серных асфальтобетонных смесей можно осуществить на заводе МВА 160 "Mix Mobil."

Все материалы, используемые при производстве полимерно-серной асфальтобетонной смеси, должны соответствовать требованиям нормативных документов: щебень из гранита - ГОСТ 8267-93, дробленый гранитный песок - ГОСТ 8736-93, сланцевый минеральный порошок - ГОСТ 52129-2003 и вязкий дорожный битум - ГОСТ 22245-90. В таких смесях не требуются стабилизирующие добавки, все показатели сырья проверяются в лаборатории асфальтобетонного завода. В процессе производства температурный режим должен строго контролироваться и не превышать 145 °С, так как повышение температуры приводит к увеличению токсичных сернистых газов - сероводорода и диоксида серы.

Приготовление полимерно-серной асфальтобетонной смеси технологически аналогично процессу производства стандартного асфальтобетона, с основным отличием в усилении требований к температурному режиму и экологическому контролю. Процесс начинается с подачи минеральных материалов (щебень, песок, минеральный порошок) из холодных бункеров через дозаторы. Затем влажные материалы транспортируются в сушильный барабан с помощью конвейера, где они сушатся и нагреваются при температуре не выше 145 °С и разделяются по размеру в горячих бункерах. Минеральный порошок хранится в закрытом бункере и смешивается с щебнем и песком в процессе перемешивания, предотвращая выброс пыли. Битум нагревается в цистернах до температуры, не превышающей 145 °С, и направляется в смеситель по нагреваемым трубам. Все компоненты измеряются с точностью, в смесителе проводится процесс сухого перемешивания, затем добавляется полимерно-серный битум и проводится "влажное перемешивание." В конце концов, готовая асфальтобетонная смесь загружается в бункер-накопитель и откуда загружается в транспортные средства. В процессе производства концентрация токсичных газов в воздухе постоянно контролируется и не должна превышать 10 мг/м³.

Оценка экономической эффективности рекомендуемых мероприятий по повышению прочности полимерного сероасфальтобетона

Экономическая эффективность полимерно-серной асфальтобетонной смеси представлена в таблице 4.

Таблица 4

Показатели экономической эффективности 1 тонны полимерно-серной асфальтобетонной смеси марки I типа А с соотношением битума и серы в составе вяжущего 60/40 по сравнению с традиционным асфальтобетоном

№	Материалы в традиционной асфальтобетонной смеси	Количество (кг)	Стоимость 1 кг материала (сум)	Стоимость израсходованного материала (сум)	Материалы в полимерно-серной асфальтобетонной смеси	Количество (кг)	Стоимость 1 кг материала (сум)	Стоимость израсходованного материала (сум)
1	Битум 4,79 %	47,9	6200	296 980	Битум 2,874 %	28,74	6 200	178 188
2					Модификатор 0,192 %	0,192	45 000	8640
3					Модифицированная сера, 1,916 %	19,16	790	15 136,4
4	Щебень 48,552 %	485,52	81	39 327,12	Щебень 48,552 %	485,52	81	39 327 ,12
5	Песок 43,792 %	437,92	59	25 837,28	Песок 43,792 %	437,92	59	25 837 ,28
6	Минеральный порошок 2,856	28,56	350	9996	Минеральный порошок 2,856	28,56	350	9996
7	Транспортные расходы			51 895	Транспортные расходы			51 895
8	Расходы на электроэнергию и газ			10 221	Расходы на электроэнергию и газ			7154,7
9	Расходы на обслуживание АБЗ			59 385	Расходы на обслуживание АБЗ			59 385
	Итого	1000		493 117,8				395 03 5,9

Средняя цена 1 тонны традиционной асфальтобетонной смеси марки I типа А составляет 493 117,8 сумов;

Средняя цена 1 тонны полимерно-серной асфальтобетонной смеси типа А марки I с битумным и модифицированным соотношением полимер-сера 60/40 составила 395 035,9 сум.

ВЫВОДЫ

В результате выполнения данной диссертационной работы были сделаны следующие общие выводы:

1. Из результатов вышеизложенного анализа следует, что недостаточно проведены научные исследования по повышению устойчивости серного асфальтобетона к высоким температурам. В нашей стране научные

исследования по повышению устойчивости серного асфальтобетона к высоким температурам не проводились.

2. При анализе существующих технологий модификации серы были выявлены их недостатки, и с целью их устранения были определены оптимальная температура, время модификации, оптимальная скорость вращения барабана специального модифицирующего реактора и усовершенствованы существующие технологии (температура реактора 170-175 °С, скорость вращения 200 об/мин).

3. Предложен способ добавления серы в состав связующего с целью устранения токсичных газов, выбрасываемых в окружающую среду нефтяными остатками (серой) Мубарекского нефтеперерабатывающего завода и их эффективного использования.

4. Используя технологию удаления токсичных газов, выбрасываемых в окружающую среду в процессе модификации, сера, являющаяся местным вторичным продуктом, была модифицирована модификатором НП (ненасыщенный полиолифин), и количество полимеризации модифицированной серы составило 54 %.

5. При модификации полимерно-серного битума, модифицированного местным модификатором марки НП (ненасыщенный полиолифин), при содержании полимер-серы в связующем 40 % температура размягчения полимерно-серного битума повышается с 46,6 °С до 70 °С.

6. При анализе физико-механических и эксплуатационных показателей полимерно-серного асфальтобетона установлено, что эксплуатационные показатели покрытия зависят, прежде всего, от физико-механических свойств минеральных материалов, гранулометрического состава и оптимального состава смеси.

7. Разработан усовершенствованный новый состав полимер-сероасфальтобетона марки I типа А. Физико-механические и эксплуатационные показатели; средняя плотность 2,45 г/см³, водопоглощение 2,01 %, прочность покрытия на сжатие 13,2 МПа при температуре 0 °С, 6,86 МПа при температуре 20 °С, 3,42 МПа при температуре 50 °С, 2,63 МПа при температуре 70 °С, водостойкость 0,99, глубина деформации колесного следа 2,61 мм при температуре 60 °С (соотношение сера:битум 30:70), 1,97 мм при температуре 70 °С (соотношение сера:битум 40:60), трещиностойкость 6,11 МПа при температуре 0 °С.

8. Оценена экономическая эффективность серного асфальтобетона, при этом экономическая эффективность составила 123 338 280 (сто двадцать три миллиона, триста тридцать восемь тысяч, двести восемьдесят) сумов за счет использования полимерно-серного асфальтобетонного раствора типа А марки I в покрытии площадью 10 000 м² и толщиной 0,05 м.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.15/31.08.2022.T.73.05 ON AWARDING
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TRANSPORT
UNIVERSITY**

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

MAMATMUMINOV ALISHER TURAQULOVICH

**INCREASING THE OPERATIONAL INDICATORS OF POLYMER-
SULFUR ASPHALT CONCRETE PAVEMENT UNDER HIGH-
TEMPERATURE CONDITIONS**

**05.09.02-“Geotechnics” (on the directions of the road, digitalization of roads and road
safety. Road telematics)**

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

Tashkent – 2025

The theme of doctor the philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2025.2.PhD/T5760.

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 www.tstu.uz and on the website of "ZiyoNet" Information and educational portal www.ziynet.uz.

Scientific consultant:

Sadikov Ibragim Salixovich

doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Karimov Maqsud Ubaydulla o'g'li

doctor of technical sciences, professor

Axmedov Sherzod Baxadirovich

doctor of philosophy (PhD), docent

Leading organization:

Tashkent institute of architecture and civil engineering

The defense will take place "____" _____ 2025 at _____ at the meeting of Scientific council No. PhD.15/31.08.2022.T.73.05 at Tashkent State Transport University (Address: 100167, Tashkent, st. Temiryulchilar, 1. Tel./fax: (99871) 293-57-54, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent State Transport University (is registered number No.____). (Address: 100167, Tashkent, st. Temiryulchilar, 1. Tel./fax: (99871) 293-57-54, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru)

Abstract of the dissertation sent out on "____" _____ 2025 y.
(mailing report No. ____ on "____" _____ 2025 y.)

A.X. Urokov

Chairman of the scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
technical sciences, professor

R.M.Hudaykulov

Scientific secretary of scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
philosophy, professor

K.X. Azizov

Deputy chairman of the
academic seminar under the scientific council
awarding scientific degrees, candidate of technical
sciences, professor

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

The aim of the research is to improve the operational indicators of polymer-sulfur asphalt concrete pavement to increase the high-temperature resistance of asphalt concrete pavements on highways.

Research objectives:

- analysis of the technology for producing high-temperature resistant polymer-sulfur asphalt concrete;
- development of sulfur modification technology;
- development of technology for obtaining modified polymer-sulfur bitumen and increasing the physical and mechanical properties of the binder;
- development of a new composition of high-temperature-resistant polymer-sulfur asphalt concrete and improvement of operational indicators;
- assessment of the economic efficiency of high-temperature-resistant polymer-sulfur asphalt concrete.

The object of study work is a polymer-sulfur asphalt concrete mixture and polymer-sulfur asphalt concrete.

The scientific novelty of the research is as follows:

- the technology of obtaining modified polymer-sulfur bitumen has been improved as a result of modifying local raw material sulfur with a modifier of the TP brand;
- for the first time, a new building material with high heat resistance and high strength - polymer-sulfur asphalt concrete - has been obtained for the construction and repair of road pavements;
- improved performance indicators of polymer-sulfur asphalt concrete pavements, such as resistance to wheel tracing, water resistance, shear strength, and high-temperature resistance;
- based on the regularities of changes in the main composition and technological factors (polymer-sulfur composition, preparation temperature, type, amount of modifier, and preparation technology), the physical, mechanical, and operational indicators of polymer-sulfur asphalt concrete were determined.

The practical results of study are as follows:

- a technological regulation for the production of polymer-sulfur asphalt concrete mixture has been developed;
- the results of scientific research were used in the sections “Bonding materials,” “Sulfur asphalt concrete,” “Methods of repairing potholes in asphalt concrete pavements of highways” in the revision of the departmental building codes IQN 82-2024 “Instructions for the repair of public roads in the winter season”;
- an optimal granular composition with improved physical, mechanical, and operational indicators for type A polymer-sulfur asphalt concrete mixture of grade I has been developed;
- the economic efficiency of using an improved method of polymer-sulfur asphalt concrete to improve the physical, mechanical, and operational indicators of asphalt concrete pavements was assessed.

Scientific and practical significance of research results. The scientific significance of the research results lies in the fact that, as a result of the analysis, the reasons for the decrease in the operational properties of asphalt concrete pavements under the influence of high temperatures were identified, and the improvement of the properties of the asphalt concrete binder based on sulfur polymerization, reducing the harmful impact on the environment and ecology by processing sulfur, which is a waste of gas processing plants, and increasing the operational indicators of the polymer-sulfur asphalt concrete pavement.

The practical significance of the research results is explained by the fact that the polymer-sulfur asphalt concrete mixture, prepared on the basis of the developed composition, increases the high-temperature resistance of the pavement by laying the upper layer of the pavement during the construction and repair of asphalt concrete pavements of highways, repairing grooves in asphalt concrete pavements of highways.

Appobation of research results. The results of this study were presented and discussed at 2 international and 6 republican scientific and practical conferences, 2 local and 7 international (including 1 conference included in the "Scopus" database) conferences.

Publication of research results. A total of 25 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, including 5 articles in scientific publications recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for the publication of the main scientific results of doctoral dissertations, including 3 in republican and 2 in foreign journals, and 1 certificate for a computer program has been obtained. Also, an application for copyright for the invention was sent to the Intellectual Property Agency.

The contents and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and appendices. The total volume of the dissertation is 116 pages.

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

I bo'lim (I часть; I-part)

1. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, “Modifikatsiyalangan polimer oltingugurtli bitumni tayyorlash texnologiyasi”, Me'morchilik va qurilish muammolari, 2024-yil, №4-son (4-qism), 163-165 bb (05.00.00, №14).

2. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, S.M. Tilakov, Sh.X.Buriyev, “The method of improving the physical-mechanical properties of high temperature-resistant cast gold-sulfur asphalt concrete”, The scientific journal of vehicles and roads, Special Issue, 2023, 27-35 p. (05.00.00, №15).

3. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, S.M. Tilakov, E.S.Sottiqulov, “Serobitum tayyorlash texnologiyasini takomillashtirish”, Me'morchilik va qurilish muammolari, 2022-yil, №3-son (1-qism), 104-107 bb. (05.00.00, №14).

II bo'lim (II часть; II part)

4. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, S.M. Tilakov, R.R. Soataliyev, “An effective technology for producing modified sulfur bitumen”, AIP Conferences 3045, 050035 12 March, (2024).

5. И.С.Садиков, А.М.Карабаев, А.Т.Маматмуминов, “Модифицированный серобитум на основе местного сырья” “Scientific horizon in the context of social crises” Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference, TOKYO, JAPAN, 11-12.04.2021, 611-617 p.

6. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, “Mahalliy homashyo asosida modifikatsiyalangan serobitumning tarkibini o'rganish”, “Temir yo'l transportida resurs tejamkor texnologiyalar” mavzusidagi xalqaro ilmiy texnikaviy anjuman. Toshkent: TDTU, 2020. 3-4 dekabr. 161-163 bb.

7. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, “Mahalliy homashyo asosida O'zbekiston iqlim sharoitiga chidamli modifikatsiyalangan seroasfaltbeton qorishmasi tarkibini o'rganish”, Yosh ilmiy tadqiqotchi XVIII Xalqaro ilmiy-amaliy anjumani. Toshkent: TTYMI, 2020. 137-139 bb.

8. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, E.S.Sottiqulov, “Modifikatsiyalangan serobitumni tayyorlash texnologiyasi”, “Transportda resurs tejamkor texnologiyalar” mavzusidagi respublika ilmiy-texnika anjumani. Toshkent: TDTU, 2021. 18-19 dekabr. 203-206 bb.

9. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, E.S.Sottiqulov, “Modifikatsiyalangan serobitumni tayyorlash texnologiyasi va uning xususiyatlarini o'rganish” “TRANSPORT SOHASIDAGI XALQARO MUTAXASSISLARNI TAYYORLASH” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi to'plami. Toshkent, TDTU, 21-22-aprel, 2022. 570-573 bb.

10. И.С.Садиков, А.Т.Маматмунинов, “Оценка экономической эффективности применения сероасфальтобетона в условиях Республики Узбекистан”, “ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО И ЕГО ИНЖЕНЕРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ”. Материалы Международной научно-технической конференции, Минск, БНТУ-2021. с. 142-145.

11. А.Т.Маматмунинов, I.S.Sadikov, E.S.Sottiqulov, “Seroasfaltbeton qorishmasining fizik-mexanik xususiyatlarini tadqiq qilish” “METALLORGANIK YUQORI MOLEKULALI BIRIKMALAR SOHASIDAGI DOLZARB MUAMMOLARNINIG INNOVATSION YECHIMLARI” Xalqaro ilmiy-amaliy onlayn-konferensiya. Toshkent 28-may, 2021-yil, №3-son, 37-40 bb.

12. А.Т.Маматмунинов, I.S.Sadikov, E.S.Sottiqulov, “Seroasfaltbeton qorishmasining tarkibini va fizik-mexanik xususiyatlarini o‘rganish”, “Zamonaviy tadqiqotlar, innovatsiyalar, texnika va texnologiyalarning dolzard muammolari va rivojlanish tendensiyalari” ilmiy-texnik anjuman 2021. Jizzax. 15-19 bb.

13. А.Т.Маматмунинов, I.S.Sadikov, “Seroasfaltbeton qorishmasining tarkibini tanlash”, Yosh ilmiy tadqiqotchi I ilmiy-amaliy anjumani. Toshkent: TDTU, 2021, 16-17 aprel. 229-230 bb.

14. А.Т.Маматмунинов, I.S.Sadikov, E.S.Sottiqulov, “Seroasfaltbeton qorishmasining zichligi va suv shimuvchanligini tadqiq qilish”, “METALLORGANIK YUQORI MOLEKULALI BIRIKMALAR SOHASIDAGI DOLZARB MUAMMOLARNINIG INNOVATSION YECHIMLARI” Xalqaro ilmiy-amaliy onlayn konferensiya. Toshkent 28-may, 2021-yil, №3-son, 31-34 bb.

15. А.Т.Маматмунинов, I.S.Sadikov, F.K.Baxramov, “Serobitumni modifikatsiya qilish bo‘yicha adabiyotlar tahlili”, “CREDO MAJMUASIDA AXBOROTNI MODELLASHTIRISH TEXNOLOGIYALARI” mavzusida xorijiy hamkorlar ishtirokidagi ilmiy-amaliy anjuman. Toshkent, 2022. 260-263 bb.

16. А.Т.Маматмунинов, I.S.Sadikov, S.M.Tilakov, E.S.Sottiqulov, “MODIFIKATSIYALANGAN SEROBITUMNI TAYYORLASH TEXNOLOGIYASI VA UNING XUSUSIYATLARINI O‘RGANISH”, “KOMPLEKS BIRIKMALAR KIMYOSI VA ANALITIK KIMYO FANLARINING DOLZARB MUAMMOLARI” respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi. Termiz: TerDU, 2022. 334-337 bb.

17. А.Т.Маматмунинов, I.S.Sadikov, S.M.Tilakov, E.S.Sottiqulov, “Modifikatsiyalangan serobitum tayyorlash texnologiyasi”, “Science and innovation”. International scientific journal volume 1 issue 6. 2022. 617-621 bb. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7196924>.

18. А.Т.Маматмунинов, N.I.Tursunboyeva, D.T.Mamatmuminov, “STUDY OF THE DISADVANTAGES OF ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS IN HOT CLIMATES”. “Science and innovation”. International scientific journal volume 3 issue 4. 2024. 315-319 bb. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11090161>.

19. A.T.Mamatmuminov, M.B.Tuxtayev, J.A.Isayev, “Наличие запасов серы в Узбекистане”, “Молодой Учёный” международный научный журнал, Часть 22. 2023.

20. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, “Mahalliy homashyo asosida O‘zbekiston iqlim sharoitiga chidamli modifikatsiyalangan oltingugurtli-asfaltbeton qorishmasi tarkibini o‘rganish”, “O‘ZBEKISTONDA AVTOMOBIL TRANSPORTINI RIVOJLANTIRISH ISTIQBOLLARI: *LOYIHALASH, ISHLATISH VA LOGISTIKA*” mavzusida xalqaro ilmiy texnik anjumani, Andijon, 2024. 254-257 bb.

21. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, E.S.Sottiqulov, “Polimer oltingugurtli bitum ishlab chiqarishda yuzaga keladigan zararli gazlarni zararsizlantirishning innovatsion yechimi”, “ATROF-MUHIT MUAMMOLARINI HAL QILISHDA TABIATGA ASOSLANGAN YECHIMLAR” mavzusidagi xalqaro ilmiy amaliy anjuman. Toshkent. 28-29-noyabr. 2024. 639-643 bb.

22. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, “Oltingugurtli bitumning xususiyatlarini o‘rganishning texnologik ahamiyati”, “ENERGIYA VA RESURS TEJAMKOR BINOLAR QURILISHIDA, ZAMONAVIY QURILISH MATERIALLARI VA TEXNOLOGIYALARI” mavzusida xalqaro konferensiya. FPI. 19-20-dekabr, I tom, 2024. 59-61 bb.

23. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, “Evaluation of the economic efficiency of a sulfur containing asphalt concrete mixture”, “Transportda resurs tejamkor texnologiyalar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-texnikaviy anjumani. Toshkent: TDTU, 2024. 20-21 dekabr. 381-383 bb.

24. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, S.M.Tilakov, N.B.Abdug‘afforov, “Modifikatsiyalangan oltingugurtli bitumni fizik-mexanik xossalari modifikatsiya qilish jarayonidagi haroratning ta’siri”. YO‘L va SHAHAR INFRATUZILMALARI MUHANDISLIGI XALQARO JURNALI, Toshkent, 2025, №1 (1-qism), 15-19 bb.

25. A.T.Mamatmuminov, I.S.Sadikov, E.S.Sottiqulov, “Polimer-oltingugurtli asfaltbeton qorishmasining mineral qismi tarkibini aniqlash”, O‘zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi № DGU 54474 31.08.2025 y.