

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

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

NARMANOV AKBAR QUZIBOYEVICH

**YUQORI HARORATLI SHAROITDA ASFALTBETON
QOPLAMALARIDA YUZAGA KELADIGAN PLASTIK
DEFORMATSIYALARNI OLDINI OLISH USULLARI**

**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 yil

**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**

Narmanov Akbar Quziboyevich

Yuqori haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish usullari.....3

Narmanov Akbar Quziboyevich

Методы предотвращения пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях при высоких температура25

Narmanov Akbar Quziboyevich

Methods for Preventing Plastic Deformations in Asphalt Concrete Pavements under High-Temperature Conditions.....49

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works.....53

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

TOSHKENT DAVLAT TRANSPORT UNIVERSITETI

NARMANOV AKBAR QUZIBOYEVICH

**YUQORI HARORATLI SHAROITDA ASFALTBETON
QOPLAMALARIDA YUZAGA KELADIGAN PLASTIK
DEFORMATSIYALARNI OLDINI OLISH USULLARI**

**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 yil

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.2.PhD/T5763 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:

Urokov Aslidin Xushvaktovich
texnika fanlari doktori (DSc), professor

Rasmiy opponenlar:

Qosimov Ibrohim Irkinovich
Texnika fanlari doktori, professor

Amirov Tursoat Jummayevich
Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent

Yetakchi tashkilot:

Namangan davlat texnika 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).

I.S.Sadikov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi o'rinbosari, t.f.d., professor

R.M.Xudaykulov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash kotibi, PhD, professor

I.S.Sadikov

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

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyaga avtoreferat)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda avtomobil yo‘llarining asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni o‘rganish, asfaltbeton qoplamalarining mustahkamligi va yuqori havo haroratiga chidamliligini hamda ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini ta‘minlash muhim ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Bunday tadqiqotlar orqali, yuqori haroratli sharoitlarda asfaltbeton qoplamalarining deformatsiyalanish sabablarini aniqlash, ularni kamaytirish hamda yuqori haroratga chidamli asfaltbeton qoplamalarini yaratish bo‘yicha innovatsion yechimlarni ishlab chiqish kabi masalalar muhim ahamiyatga ega. Olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, jahon miqyosida asfaltbeton qoplamalarida plastik deformatsiyalarni kamaytirish bo‘yicha keng ilmiy izlanishlar olib borilmoqda¹, jumladan, AQSh, Yaponiya, Germaniya va Janubiy Koreya kabi davlatlarda yuqori havo haroratining asfaltbeton xususiyatlariga ta‘siri, modifikatsiyalangan bitumlar qo‘llanilishi hamda ularning barqarorligini oshirish masalalariga alohida e‘tibor qaratilmoqda. Shuningdek, polimerbitumlar, nanostruktural qo‘shimchalar va mustahkam mineral aralashmalarni ishlab chiqish kabilar eng muhim ilmiy yechimlar sifatida qaralmoqda.

Jahonda avtomobil yo‘llarini ekspluatatsiya qilish bo‘yicha olib borilgan tajribalar va ilmiy tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, asfaltbeton qoplamalarda kuzatiladigan plastik deformatsiyalar, xususan g‘ildirak izi deformatsiyalarining yuzaga kelishi asosan yuqori harorat sharoitida sodir bo‘lmoqda. Ushbu yo‘nalishda olib borilgan ilmiy ishlar tahliliga ko‘ra, asfaltbeton qoplamasi tarkibida qo‘llaniladigan materiallarning fizik-mexanik va deformatsion xususiyatlari yuqori harorat ta‘sirida yuzaga keladigan g‘ildirak izi deformatsiyasi va uning rivojlanish tezligini belgilab beruvchi asosiy omil hisoblanmoqda. Hozirgi kunda, global iqlim isishi, xususan havo haroratining so‘ngi yillarda oshib borishi asfaltbeton qoplamalarida plastik deformatsiyalarning yuzaga kelish muammosini yanada oshirmoqda. Shu bilan birga, avtomobil yo‘llari qatnov qismida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalar, xususan g‘ildirak izi deformatsiyasini tadqiq qilish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda avtomobil yo‘llarining xizmat muddatini oshirish, ularning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini yaxshilash hamda amaldagi standartlar asosida belgilangan ta‘mirlash jarayonlari samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi yangi texnologiyalarni ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish bo‘yicha keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan “Yo‘l infratuzilmasini takomillashtirish va avtomobil yo‘llari tarmog‘ini jadal rivojlantirish”² bo‘yicha vazifalar belgilangan. Mazkur vazifalarni samarali amalga oshirishda, eng avvalo, zamonaviy talablar darajasida avtomobil yo‘llarini qurish va mavjud tarmoqlarni ekspluatatsiya qilish orqali ularning xizmat muddatini uzaytirish dolzarb ahamiyat

¹ <https://infotechnology.fhwa.dot.gov/straightedge/>

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 28.01.2022 yildagi PF-60-son “2022 — 2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” gi farmoni.

kasb etadi. Shuningdek, tabiiy-iqlim omillari ta'sirida asfaltbeton qoplamalarda yuzaga keladigan g'ildirak izi deformatsiyalarini prognozlash, yo'l qoplamasining mustahkamlik ko'rsatkichlarini baholashda ilg'or hisoblash dasturlaridan foydalanish asosida avtomobil yo'llariga oid kompleks ma'lumotlar bazasini shakllantirish va ishlarini ilmiy asoslangan tarzda rejalashtirish, qoplamalarning uzoq muddatli xizmat ko'rsatishini ta'minlashda muhim omil hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-60-sonli "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi farmoni, PQ-330-son "Yo'l xo'jaligi sohasini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi va O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining VMQ-901-sonli "Avtomobil yo'llarini qurish, rekonstruksiya qilish, ta'mirlash va ulardan foydalanish ishlarini tashkil etish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Dissertatsiya ishi bo'yicha tadqiqotlar respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining II "Energetika, energiya va resurs-tejamkorlik, transport va asbobsozlik" ustuvor yo'nalishiga mos keladi.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Hozirgi kungacha avtomobil yo'llaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarning paydo bo'lish sabablarini o'rganish bo'yicha O'zbekiston va xorijda bir qator ilmiy tadqiqot ishlari amalga oshirilgan. Jumladan xorijda: N.N.Ivanov, A.K.Birulya, A.M.Boguslavskiy, B.I.Ladigin, N.Ya.Xarxuta, A.P.Vasilev, M.L.Popov, V.D.Kazarnovskiy, M.S.Koganzon, A.V.Rudenskiy, A.V.Smirnov, N.N.Maslov, Y.M.Yakovlev, A.N.Aleksandrov, A.N.Yelgonov, B.V.Justareva, S.Yu.Kanigin, G.N.Kiryuxin, Z.A.Mevlidinov, A.A.Negomedzyanov, A.V.Edelman, V.B.Fadeev, Saad Al-Jafari, M.V.Nemchinov, M.B.Korsunskiy, B.P.Matua, L.I.Panasyuk, S.V.Lugov, Ye.V.Ugolova, O.A.Krasikov, Yu.A.Muravev, T.Vatanatade, F.V.Matvienko, V.Nijboyer, A.A.Berlin, O.Dobozi, J.Romona, R.Sotrrer, L.M.Goxman, M.I.Volkov, L.B.Gezensvey, N.V.Gorelishhev, N.V.Ivanov, A.F.Kemalov, A.S.Kolbanovskaya, M.I.Kuchma, A.I.Lisixina, V.V.Mixaylov, B.G.Pecheniy, P.A.Rebinder, D.A.Rozental, I.A.Ribev, V.A.Zolotarev, I.V.Korolev, A.M.Aliyev, Veverki, Gshvendt, Xusheka, Maksvell, O'zbekistonda I.S.Sodiqov, A.X.Urokov, I.I.Kasimov, Y.Maxmudov, Sh.X.Buriev, S.Z.Qurbonov va boshqalar ko'plab tadqiqot ishlari olib borishgan.

Ushbu olimlar transport oqimining harakat miqdori va tarkibini hamda yuqori havo harorati ta'siri natijasida asfaltbeton qoplamalarida plastik deformatsiyalarning shakllanish jarayonini o'rganishgan, lekin asfaltbetonning tiplariga bog'liq ravishda yuqori havo haroratida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni to'raligicha o'rganishmagan.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi Toshkent davlat transport universitetining "Avtomobil yo'llarini qurish va ekspluatatsiya qilish" kafedrasida olib borilgan "Avtomobil yo'llarini qurish va

ekspluatatsiya qilish uchun yo‘l-iqlim tumanlashtirishning metodologiyasi” (2022-2025 y) mavzusidagi ilmiy-tadqiqot ishlari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi Respublikamizning yuqori havo-iqlim sharoitlarini hisobga olgan holda asfaltbeton qoplamalaridagi g‘ildirak izi deformatsiyalarini yuzaga kelishini tadqiq qilish va uni oldini olish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

asfaltbeton qoplamalaridagi plastik deformatsiyalarining yuzaga kelishi sabablarini va bu bo‘yicha bajarilgan ilmiy tadqiqot ishlarini tahlil qilish;

yuqori havo harorati ta’sirida asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan g‘ildirak izi deformatsiyalarining asfaltbeton tiplariga va uning tarkibidagi tosh materiallarining mineralogik tarkibiga hamda asfaltbog‘lovchilari turiga bog‘liqligini laboratoriya sharoitida tadqiq qilish;

asfaltbeton tiplaridan kelib chiqib yuqori havo harorati ta’sirida yuzaga keladigan g‘ildirak izi chuqurligining me’yoriy ko‘rsatkichlarini aniqlash;

yozgi hisobiy davrlarda havo haroratining asfaltbeton qoplamasi haroratiga ta’sirini tadqiq qilish;

O‘zbekiston Respublikasi hududini asfaltbeton qoplamalarida g‘ildirak izi deformatsiyasi yuzaga kelish sharoiti bo‘yicha yo‘lga oid tumanlashtirish;

yuqori haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish usullarini ishlab chiqish.

Tadqiqot obyekti sifatida ekspluatatsiya qilinayotgan asfaltbeton qoplamali umumiy foydalanishdagi avtomobil yo‘llari tarmog‘i qabul qilingan.

Tadqiqot predmeti sifatida yuqori havo-iqlim sharoitida asfaltbeton qoplamali avtomobil yo‘llarida yuzaga keladigan g‘ildirak izi deformatsiyalari olindi.

Tadqiqotning usullari. Tadqiqot jarayonida eksperiment, tizimli va nazariy tahlil, matematik statistika, korrelyasion-regression tahlil va modellashtirish, yo‘lga oid tumanlashtirish, asosiy komponentlarni sintezlash usullari qo‘llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

- yuqori havo va qoplama harorati (60 °C va 70 °C)da yuqori mustaxkamlikka ega granit tosh materialini asosida tayyorlangan asfaltbeton qoplamasida yuzaga keladigan g‘ildirak izi chuqurligi ko‘rsatkichi eng kichik va me’yoriy chegaradan oshmasligi aniqlangan;

- modifikatsiyalangan polimerbitum qo‘llanilganda asfaltbeton qatlamlarida g‘ildirak izi deformatsiyasi chuqurligi 30–45 % gacha kamayishiga va qoplamaning ta’mirlashlararo xizmat muddati ikki barobarga oshishiga erishilgan;

- O‘zbekiston Respublikasi havo-iqlim sharoitini hisobga olgan holda turli tipdagi asfaltbeton qoplamalari uchun g‘ildirak izi chuqurligining me’yoriy ko‘rsatkichlari aniqlangan;

- yozgi hisobiy davrlarda asfaltbeton qoplamasi haroratining havo haroratiga bog‘liqlik qonuniyati va havo haroratining har 1 °C ga ortishi qoplama haroratini 3,5–4,0 °C ga ko‘tarilishiga olib kelishi aniqlangan;

- yuqori havo harorati ta'sirida asfaltbeton qoplamalarida g'ildirak izi deformatsiyasi yuzaga kelish sharoiti bo'yicha Respublika hududi yetakchi omil metodi asosida to'rtta yo'l tumaniga tumanlashtirilgan;

- yuqori haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni kamaytirish va oldini olish maqsadida asfaltbeton tarkibini takomillashtirish usullari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

Respublikaning yuqori havo harorati sharoitidagi hududlarida granitli tosh materiali asosida tayyorlangan asfaltbeton qoplamalarini amaliyotda qo'llash natijasida g'ildirak izi chuqurligi qoplama harorati 50 °C bo'lganda 11–13% ga, 60 °C bo'lganda 18–20% ga, 70 °C bo'lganda 24–26% gacha kamayishi asoslangan;

yo'l qurilishi obyektlarida BND 60/90 bitumga nisbatan modifikatsiyalangan polimerbitum PMB-40 qo'llanilganda g'ildirak izi chuqurligi 30–45 % gacha kamayishi asoslangan;

amaliyotda g'ildirak izi chuqurligining chegaraviy ruxsat etilgan me'yorlardan oshish muddati BND 60/90 bitum ishlatilgan asfaltbeton qoplamalarda 2–3 yilni, PMB 40 markali polimerbitum asosida tayyorlangan asfaltbetonlarda 4–6 yilni tashkil etadi va PMB 40 polimerbitumi asosidagi asfaltbetonlarda ta'mirlashlararo muddat BND 60/90 bitum asosidagi asfaltbetonlarga nisbatan 2 barobarga yuqori bo'lishi asoslangan;

amaliyotda A, B va V tiplardagi asfaltbeton qoplamalarida modifikatsiyalangan polimerbitum PMB40 qo'llanilishi yuqori havo harorati 70 °C da g'ildirak izi deformatsiyasini A tipda 52,2% ga, B tipda 43,4% ga, V tipda 19% ga kamaytirishi asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi laboratoriya sharoitida o'tkazilgan kompleks tajribalar yuqori aniqlikda ishlaydigan zamonaviy raqamli qurilmalarda, turli asfaltbeton tiplari va bitum markalari bo'yicha qayta-qayta o'lchovlar o'tkazilganligi hamda statistik tahlil asosida ta'minlandi. Natijalar mavjud ilmiy adabiyotlarda keltirilgan ma'lumotlar bilan solishtirilib, ular bilan uyg'unligi ko'rsatildi. Shuningdek, yuqori harorat sharoitida olingan eksperimental qiymatlar mantiqan izchil va fizik-mexanik qonuniyatlarga mos kelishi tadqiqot natijalarining ishonchliligini ta'minlaydi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundaki, asfaltbeton qoplamalarida yuqori havo harorat ta'sirida yuzaga keladigan plastik deformatsiya jarayonlari turli bitum markalari va asfaltbeton tiplari misolida kompleks o'rganildi hamda ularning yuqori haroratda g'ildirak izlarining yuzaga kelishiga chidamliligi aniqlandi. Bu orqali g'ildirak izi deformatsiyasining yuzaga kelishi jarayonini havo haroratiga bog'liqligi ilmiy asoslandi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, tadqiqot natijalari asosida turli hududlar uchun yuqori samarada ishlaydigan asfaltbeton tiplarini tanlash, ta'mirlashlar davriyligini belgilash va iqtisodiy samaradorlikni oshirish bo'yicha aniq tavsiyalar ishlab chiqilganligi va yo'l qurilishida qo'llash bo'yicha ko'rsatmalar berilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Yuqori haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish usullari bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari asosida:

yuqori havo va qoplama harorati (60°C va 70°C)da yuqori mustaxkamlikka ega granit tosh materiali asosida tayyorlangan asfaltbeton qoplamasida yuzaga keladigan g'ildirak izi chuqurligi ko'rsatkichi eng kichik va me'yoriy chegaradan oshmasligi aniqlanganligi Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli O'zyo'lloyiha loyiha qidiruv instituti davlat unitar korxonasida amaliyotga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari Qo'mitasining 2025 yil 07 oktabrdagi 02-4425-son ma'lumotnomasi). Natijada, asfaltbeton tarkibini takomillashtirish va granit asosidagi aralashmalardan foydalanish orqali asfaltbeton qoplamalarning yuqori haroratlarda plastik deformatsiyaga bardoshlilik oshirilib, g'ildirak izi chuqurligi kamayishi hamda qoplama xizmat muddati 1,5 barobarga uzayishiga erishilgan;

modifikatsiyalangan polimerbitum qo'llanilganda asfaltbeton qatlamlarida g'ildirak izi deformatsiyasi chuqurligi 30–45% gacha kamayishiga va qoplamaning ta'mirlashlararo xizmat muddati ikki barobarga oshishiga erishilganligi Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli Avtomagistral IAYKTB davlat unitar korxonasida amaliyotga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari Qo'mitasining 2025 yil 07 oktabrdagi 02-4425-son ma'lumotnomasi). Natijada, modifikatsiyalangan polimerbitum qo'llanilishi orqali asfaltbeton qoplamalarning yuqori harorat sharoitlarida deformatsiyaga bardoshlilik 45-55% ga oshirilib, g'ildirak izi chuqurligi kamayishi, qoplama mustahkamligi va barqarorligining ortishi hamda ta'mirlashlararo muddat 2 barobarga oshishiga erishilgan;

O'zbekiston Respublikasi havo-iqlim sharoitini hisobga olgan holda turli tipdagi asfaltbeton qoplamalari uchun g'ildirak izi chuqurligining me'yoriy ko'rsatkichlari aniqlanganligi O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli Avtomagistral IAYKTB davlat unitar korxonasida amaliyotga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari Qo'mitasining 2025 yil 07 oktabrdagi 02-4425-son ma'lumotnomasi). Natijada, turli tipdagi asfaltbeton qoplamalarda g'ildirak izi chuqurligining belgilangan me'yoriy qiymatlari asosida yo'llarning ekspluatatsion holati, deformatsiyaga chidamliligi, yuklangan transport oqimiga moslashuvchanligi hamda mustahkamlik darajasi baholandi. Ushbu baholash asosida qoplamalarning real xizmat muddati va ishonchlilik ko'rsatkichlari yaxshilanib, yo'lning ekspluatatsion ko'rsatkichlarini oshirish bo'yicha samarali yechimlarga erishildi;

yo'zgi hisobiy davrlarda asfaltbeton qoplamasi haroratining havo haroratiga bog'liqlik qonuniyati va havo haroratining har 1°C ga ortishi qoplama haroratini $3,5\text{--}4,0^{\circ}\text{C}$ ga ko'tarilishiga olib kelishi aniqlanganligi O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli markaziy sinov laboratoriyasi davlat muassasasida amaliyotga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari Qo'mitasining 2025 yil 07 oktabrdagi 02-4425-son ma'lumotnomasi). Natijada, yuqori havo

harorati sharoitlarida asfaltbeton qoplamalari harorati aniqlangan va shunga asosan qoplama tiplari va bitum markasini to'g'ri tanlash imkoniyati yaratilgan hamda asfaltbeton qoplamalarining yuqori havo harorati (70 °C)ga bardoshlilik ta'minlangan;

yuqori havo harorati ta'sirida asfaltbeton qoplamalarida g'ildirak izi deformatsiyasi yuzaga kelish sharoiti bo'yicha Respublika hududi yetakchi omil metodi asosida to'rtta yo'lga oid tumanlarga tumanlashtirish natijalari O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli Toshkent viloyati yo'llardan muntazam foydalanish davlat muassasasida amaliyotga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari Qo'mitasining 2025 yil 07 oktabrdagi 02-4425-son ma'lumotnomasi). Natijada, yuqori haroratli iqlim mintaqalar uchun mos asfaltbeton tiplarini to'g'ri tanlash va ularni optimal qo'llash imkoniyati yaratilgan;

yuqori haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni kamaytirish va oldini olish maqsadida asfaltbeton tarkibini takomillashtirishga asoslangan samarali usullar ishlab chiqilganligi O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari qo'mitasiga qarashli markaziy sinov laboratoriyasi davlat muassasasida amaliyotga joriy etildi (O'zbekiston Respublikasi Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo'llari Qo'mitasining 2025 yil 07 oktabrdagi 02-4425-son ma'lumotnomasi). Natijada, asfaltbeton qoplamalarining yuqori havo harorati (70 °C)ga barqarorligi va ekspluatatsion ishonchligini oshirilishiga erishilgan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur dissertatsiya tadqiqot natijalari jami 6 ta, jumladan xalqaro va respublika miqyosidagi 3 ta ilmiy, ilmiy-texnik anjuman va seminarlarda hamda 3 ta xalqaro anjumanlarda ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 15 ta ilmiy ish chop etilgan, shulardan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining falsafa doktori (PhD) dissertatsiyalari asosiy ilmiy nashrlarda 6 ta ilmiy maqola, shulardan 1 tasi "Scopus" bazasida indekslangan. Shuningdek, 1 ta EHM dasturi uchun mualliflik guvohnomalari rasmiylashtirilgan.

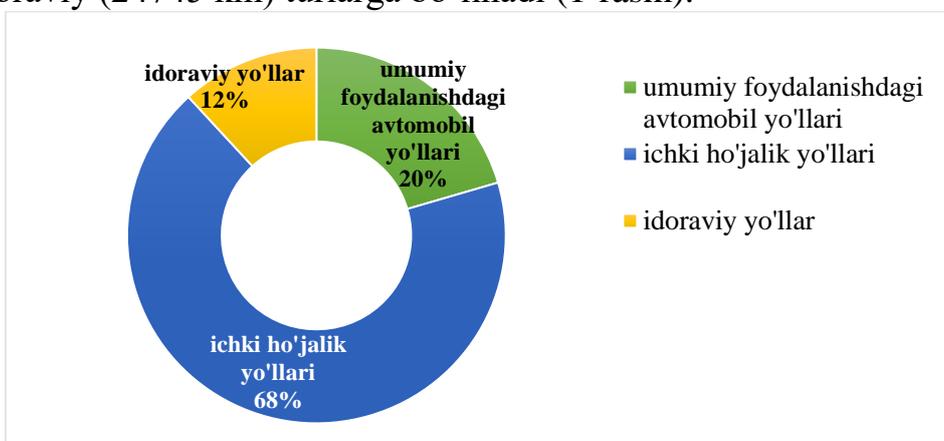
Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 120 sahifani tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida o'tkazilgan tadqiqotning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, muammoning o'rganilganlik darajasi, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqot maqsadi va vazifalari, obykti va predmetlari tavsiflangan, tadqiqotning usullari, tadqiqotning ilmiy yangiligi, tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarining joriy qilinishi, dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy-ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi, tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi, tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Muammoning bugungi holati, tadqiqotning maqsadi va vazifalari”** deb nomlangan birinchi bobida O‘zbekiston Respublikasi avtomobil yo‘llari tarmog‘ining bugungi holati, asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni tadqiq qilish bo‘yicha bajarilgan ilmiy tadqiqot ishlari tahlili, asfaltbeton qoplamalarida plastik deformatsiyalarini yuzaga kelish sabablari tahlili, O‘zbekiston Respublikasi havo-iqlim sharoitining o‘ziga xos xususiyatlari o‘rganilgan.

O‘zbekiston Respublikasidagi avtomobil yo‘llari tarmog‘ining hozirgi holati haqidagi rasmiy ma‘lumotlar Transport vazirligi huzuridagi Avtomobil yo‘llari qo‘mitasining rasmiy internet sahifasida e‘lon qilingan. Unga muvofiq, hozirda mamlakatda umumiy uzunligi 209469 km bo‘lgan avtomobil yo‘llari tarmog‘i mavjud. Yo‘l tarmog‘i zichligi har 100 km² hududga 47 km dan to‘g‘ri keladi. Mazkur yo‘llar umumiy foydalanishdagi (42695 km), ichki xo‘jalik (141882 km) hamda idoraviy (24745 km) turlarga bo‘linadi (1-rasm).



1-rasm. O‘zbekiston respublikasi avtomobil yo‘llari tarmog‘ining holati

Umumiy foydalanishdagi avtomobil yo‘llari O‘zbekiston Respublikasining xalqaro shartnomalari bilan uyg‘un ravishda xalqaro avtomobil yo‘llari tizimiga kiruvchi yo‘llarni o‘z ichiga oladi. Ular viloyatlar va tumanlarning ma‘muriy markazlarini, viloyat tasarrufidagi shaharlar, sanoat va madaniyat markazlarini o‘zaro bog‘lovchi hamda ushbu hududlarni xalqaro darajadagi transport arteriyalari, aeroportlar, temir yo‘l stansiyalari, daryo portlari, shuningdek qo‘shni mamlakatlar bilan integratsiyalovchi yo‘llardan iboratdir. Shuningdek, bu turdagi yo‘llar tuman markazlarini shaharchalar, qishloqlar, ovullar hamda davlat ahamiyatiga ega asosiy yo‘llar bilan birlashtiruvchi magistrallarni ham qamrab oladi.

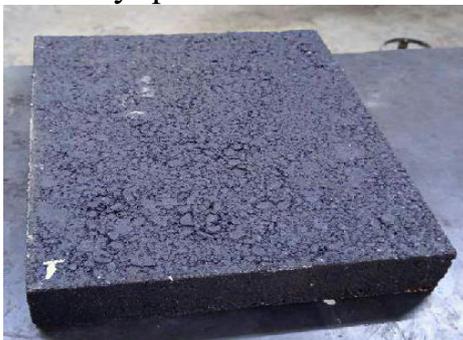
Asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni o‘rganishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar keng ko‘lamda olib borilayotgan bo‘lsa-da, ularning shakllanish sabablari va rivojlanish mexanizmlarini O‘zbekiston Respublikasi havo-iqlim sharoitining o‘ziga xos xususiyatlari bilan bog‘liq holda tahlil qilish bugungi kunda dolzarb masala bo‘lib qolmoqda. Xususan, yuqori harorat sharoitida asfaltbeton qoplamalarining mustahkamlik xossalarini pasayishi va og‘ir transport vositalarining ortishi natijasida g‘ildirak izi ko‘rinishidagi plastik deformatsiyalar yuzaga kelishi yanada ortadi. Shu bois, mavjud ilmiy-uslubiy yondashuvlarni takomillashtirish, plastik deformatsiyalarning shakllanish

jarayonini kompleks tahlil qilish hamda ularni kamaytirish bo'yicha samarali yechimlarni ishlab chiqish zarur hisoblanadi.

Dissertatsiyaning **“Asfaltbeton qoplamalarida g'ildirak izi deformatsiyasini yuzaga kelishiga havo-iqlim sharoitining ta'sirini tadqiq qilish”** deb nomlangan ikkinchi bobida asfaltbeton qoplamalarida plastik deformatsiyasining yuzaga kelishini tadqiq qilish qurilmalari va usullari, asfaltbeton tarkibini tashkil qiluvchi materiallarning xossalarini laboratoriya sharoitida tadqiq qilish, amaldagi standartlar asosida tayyorlangan asfaltbeton qorishmalarining turlari va ularga qo'yilgan me'yoriy talablar, asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarning asfaltbeton tiplariga bog'liqligini tadqiq qilish, asfaltbeton qoplamalarida plastik deformatsiyasini yuzaga kelishiga havo haroratining ta'sirini tadqiq qilish keltirilgan.

Yuqori havo haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalar, xususan g'ildirak izi deformatsiyalari avtomobil yo'llarining xizmat qilish muddati va harakatlanayotgan transport vositalarining harakat xavfsizligiga jiddiy ta'sir ko'rsatadi. Bu muammoni tizimli o'rganish uchun zamonaviy laboratoriya qurilmalari, ya'ni statik va dinamik yuklamalarni qabul qila oladigan qurilmalar orqali turli yuqori harorat va og'ir transport vositalaridan qoplamaga tushadigan yuklamalarni tahlil qilish usullari keng qo'llanilmoqda.

Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarining yuzaga kelish jarayonini baholash maqsadida asfaltbetonning turli tiplari laboratoriya sharoitida UK-1 qurilmasida sinovdan o'tkazildi. Sinovlar o'tkazishdan oldin asfaltbeton qorishmasining donadorlik tarkibi, zichligi, bog'lovchi miqdori hamda mustahkamlik ko'rsatkichlari aniqlanib, GOST 9128 talablari asosida optimal tarkib tanlab olindi. Keyingi bosqichda, tanlangan tarkib asosida tayyorlangan namunalar (2-rasm) yuqori haroratlarda (50–70 °C) g'ildirak izining chuqurligi bo'yicha sinovdan o'tkazildi. Sinov jarayonida UK-1 qurilmasining termo-kameralari yordamida harorat $\pm 0,5$ °C aniqlikda barqaror ushlab turildi, bu esa o'lchovlarning aniqligi va ishonchligini ta'minladi. Olib borilgan tadqiqotlar asfaltbeton tiplarining yuqori haroratda plastik deformatsiyalarga bardoshlilik darajasini baholash, ularning yuqori haroratga chidamlilik xususiyatlarini aniqlash hamda amaliy qo'llanish samaradorligini ilmiy asosda tasdiqlash imkonini berdi.



a) Sinovdan oldingi holat

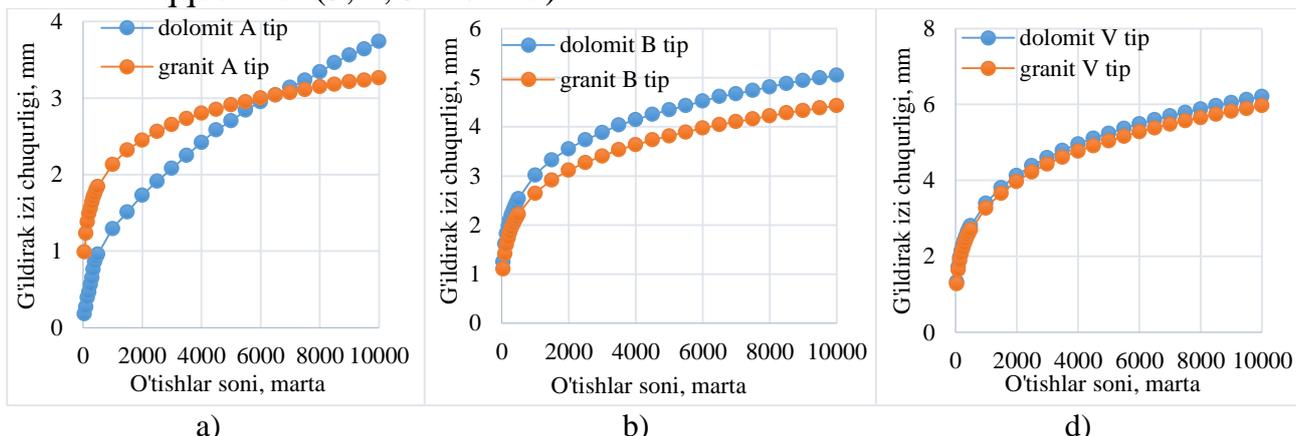


b) Sinov o'tkazilgandan keyingi holat

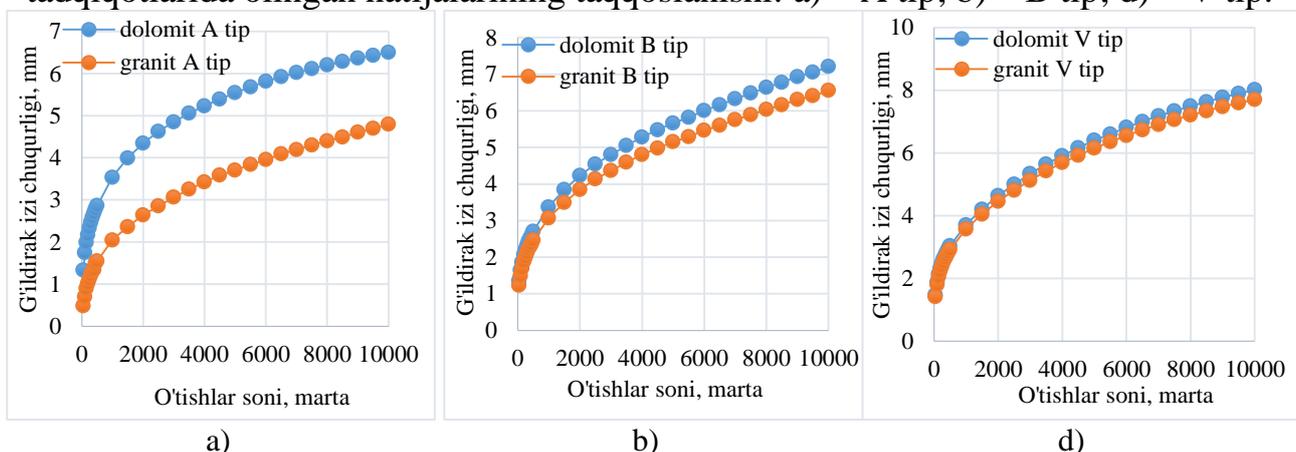
2-rasm. G'ildirak izining yuzaga kelishini sinash uchun tayyorlangan namunalar

Tadqiqot doirasida asfaltbeton namunalari ikki xil dolomit va granit turdagi tosh materiallaridan hamda BND 60/90 markali bitum bog'lovchisi asosida

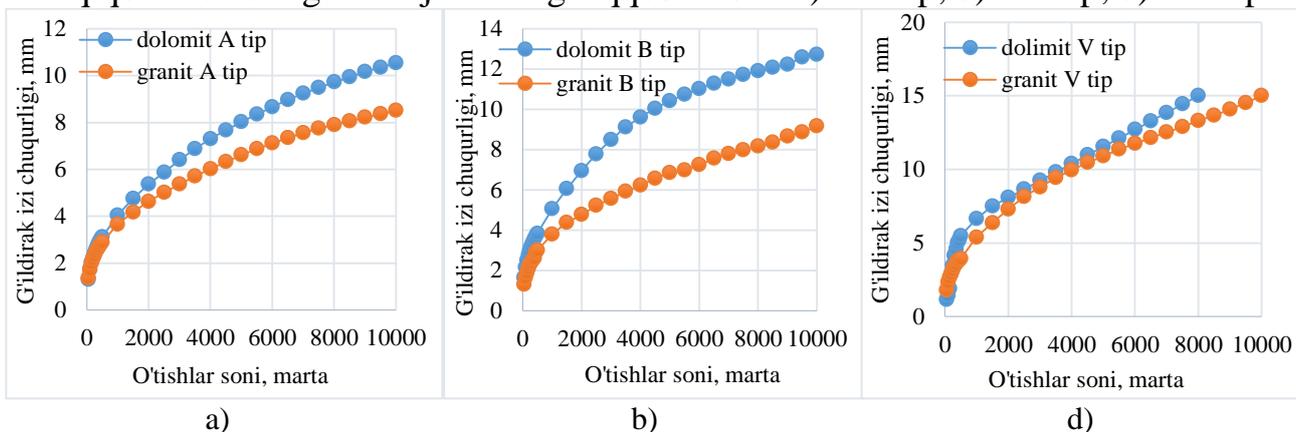
tayyorlandi. Tayyorlangan asfaltbetonning A, B va V tipdagi namunalari 50°C, 60°C va 70°C haroratlarda g'ildirak izi chuqurligi bo'yicha o'lchangan natijalari o'zaro taqqoslandi (3, 4, 5-rasmlar).



3-rasm. Dolomit va granit tosh materiallaridan tayyorlangan asfaltbeton namunalarining 50°C haroratda g'ildirak izi chuqurligini laboratoriya tadqiqotlarida olingan natijalarining taqqoslanishi: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.



4-rasm. Dolomit va granit tosh materiallaridan tayyorlangan asfaltbeton namunalarining 60 °C haroratda g'ildirak izi chuqurligini laboratoriya tadqiqotlarida olingan natijalarining taqqoslanishi: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.

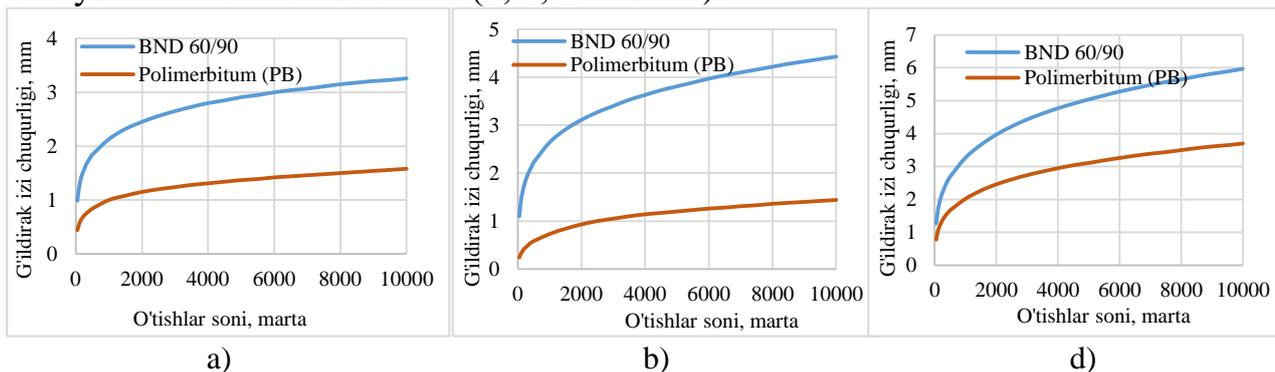


5-rasm. Dolomit va granit tosh materiallaridan tayyorlangan asfaltbeton namunalarining 70 °C haroratda g'ildirak izi chuqurligini laboratoriya tadqiqotlarida olingan natijalarining taqqoslanishi: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.

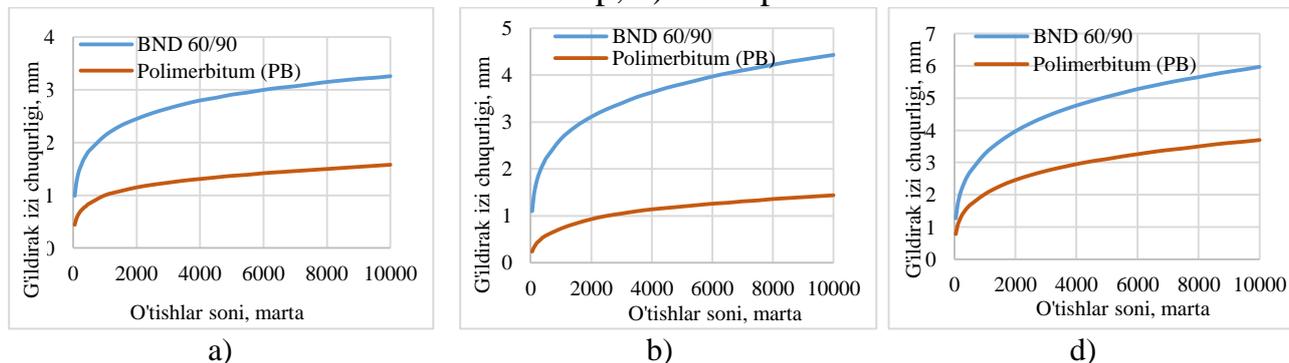
Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, granit tosh materiallari asosida tayyorlangan asfaltbeton namunalari barcha A, B va V tiplar kesimida dolomit tosh

materiallaridan tayyorlangan asfaltbeton namunalariga nisbatan yuqoriroq haroratga va deformatsiyaga chidamli hisoblanadi.

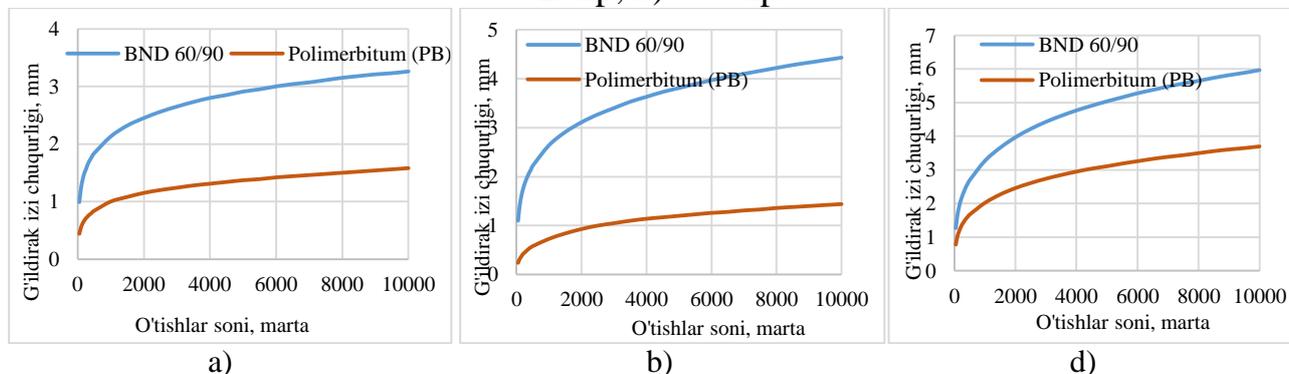
Tadqiqot davomida asfaltbeton qoplamalarida yuqori harorat ta'sirida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish va yuqori haroratga bardoshlilikini oshirish maqsadida BND 60/90 markali bitumga nisbatan ko'rsatkichlari yaxshi bo'lgan quyimolekulyar polietilendan olingan polimerlar asosida modifikatsiyalashgan polimerbitumdan tayyorlangan asfaltbetonning A, B va V tipdagi namunalari tayyorlandi. Har bir tayyorlangan asfaltbeton namunalarida 50°C, 60°C va 70°C haroratlarda g'ildirak izi yuzaga kelishi bo'yicha sinovlar olib borildi (6, 7, 8-rasmlar).



6-rasm. BND 60/90 va polimerbitum(PMB40) lardan tayyorlangan asfaltbeton namunalarining 50 °C haroratdagi g'ildirak izi chuqurligi qiymatlari: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.

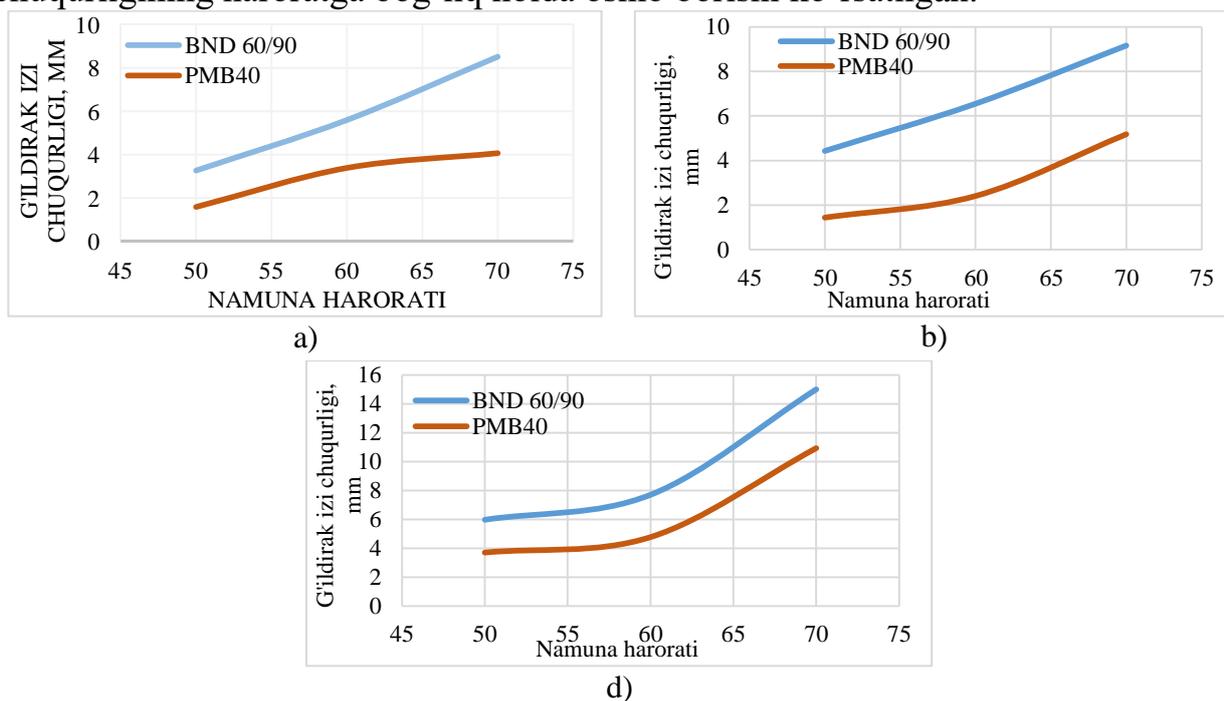


7-rasm. BND 60/90 va polimerbitum(PMB40) lardan tayyorlangan asfaltbeton namunalarining 60 °C haroratdagi g'ildirak izi chuqurligi qiymatlari: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.



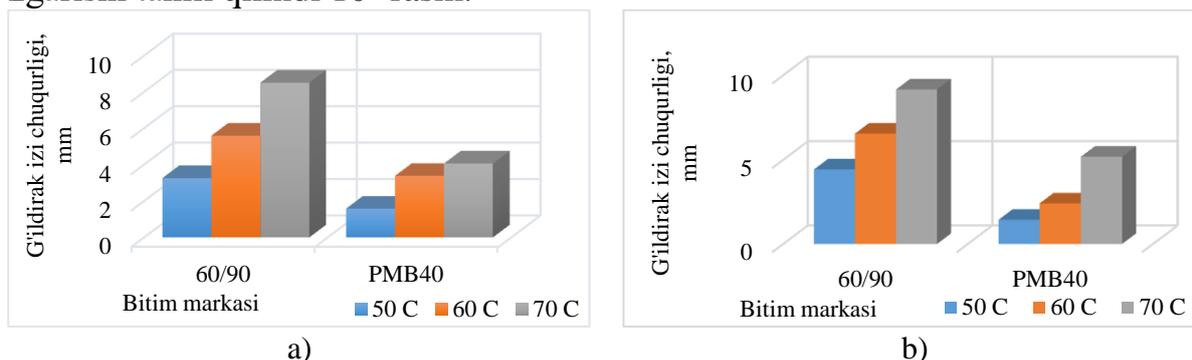
8-rasm. BND 60/90 va polimerbitum(PMB40) lardan tayyorlangan asfaltbeton namunalarining 70 °C haroratdagi g'ildirak izi chuqurligi qiymatlari: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.

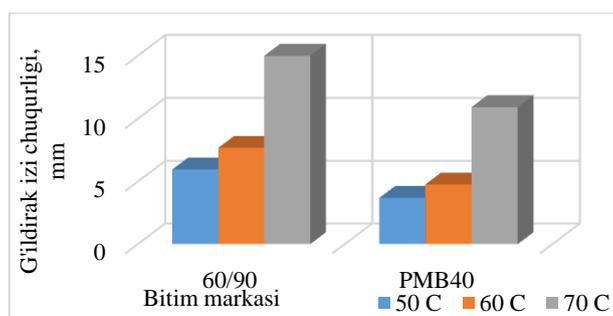
Tadqiqot natijalariga ko'ra, haroratning 50 °C dan 70 °C gacha ortib borishi bilan, har ikkita bitum turlarida g'ildirak izi deformatsiyasi ortib bordi, biroq bu ortishning jadalligi bog'lovchining termoplastik xossalariga qarab sezilarli darajada farq qildi. Grafiklardan ko'rinib turibdiki, BND 60/90 bitum markasidan foydalanilgan asfaltbeton namunalarida deformatsiya chuqurligi eng yuqori bo'lib, u yuqori haroratga nisbatan moyillik darajasining yuqoriligini ifodalaydi. Aksincha, polimerbitum (PMB40) qo'llanilgan namunalar barcha haroratlarda eng past deformatsiya qiymatlarini ko'rsatgan, bu esa uning termik barqarorligi va yuqori haroratga nisbatan qarshilik darajasini tasdiqlaydi. Mazkur farqlanishlar quyidagi 9-rasmda asfaltbetonning A, B va V tiplari uchun g'ildirak izi chuqurligining haroratga bog'liq holda oshib borishi ko'rsatilgan.



9-rasm. Bitum markalariga qarab yuqori harorat ta'sirida asfaltbeton namunalarida yuzaga keladigan g'ildirak izi chuqurligining tadqiqot natijalari keltirilgan: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.

Tadqiqot davomida asfaltbeton qoplamalarining yuqori haroratli sharoitlarda mustahkamlik ko'satkichlarini baholashda, ishlatilgan bitumning fizik-mexanik xossalari muhim omil sifatida alohida e'tibor qaratildi. Xususan, BND 60/90 va modifikatsiyalangan polimerbitum (PMB 40) markali bitumlardan tayyorlangan asfaltbeton namunalarida, harorat ortishi bilan plastik deformatsiyalarning dinamik o'zgarishi tahlil qilindi 10- rasm.





d)

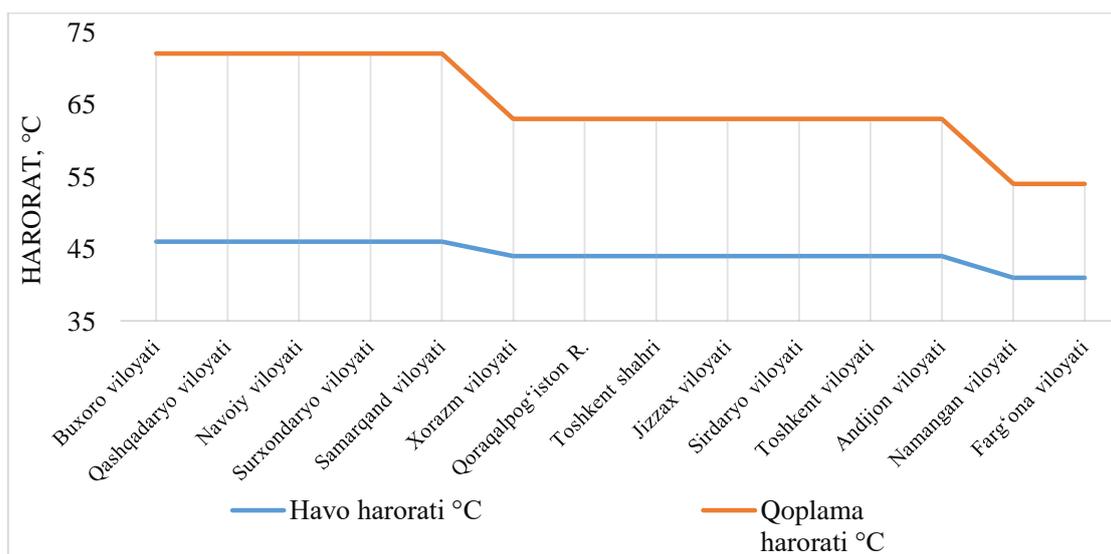
10- rasm. Bitum markalari bo'yicha asfaltbeton tiplari uchun harorat ta'sirida g'ildirak izi chuqurligining umumiy taqqoslanishi keltirilgan: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.

Olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko'ra, asfaltbeton qoplamalarining yuqori haroratli sharoitlarda g'ildirak izi ko'rinishida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarga uchrash darajasi bir nechta omillarga, avvalo bitumning markasi, ishlatilgan tosh materiallarining turlari va mineralogik tarkibiga hamda asfaltbeton tipiga bevosita bog'liq ekani aniqlangan.

Dissertatsiyaning **“Yuqori havo haroratini hisobga olgan holda asfaltbeton qoplamalaridagi yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarning oldini olish usullari”** nomli uchinchi bobida O'zbekiston Respublikasi hududini asfaltbeton qoplamalarining yozgi hisobiy davrdagi harorati bo'yicha yo'lga oid tumanlashtirish, yuqori haroratli ekspluatatsion sharoitlarda asfaltbetonning plastik deformatsiyaga chidamlilik xususiyatlarini baholash, O'zbekiston Respublikasi hududini asfaltbeton qoplamalarida g'ildirak izi paydo bo'lish sharoiti bo'yicha tumanlashtirish, yuqori haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish usullari keltirilgan.

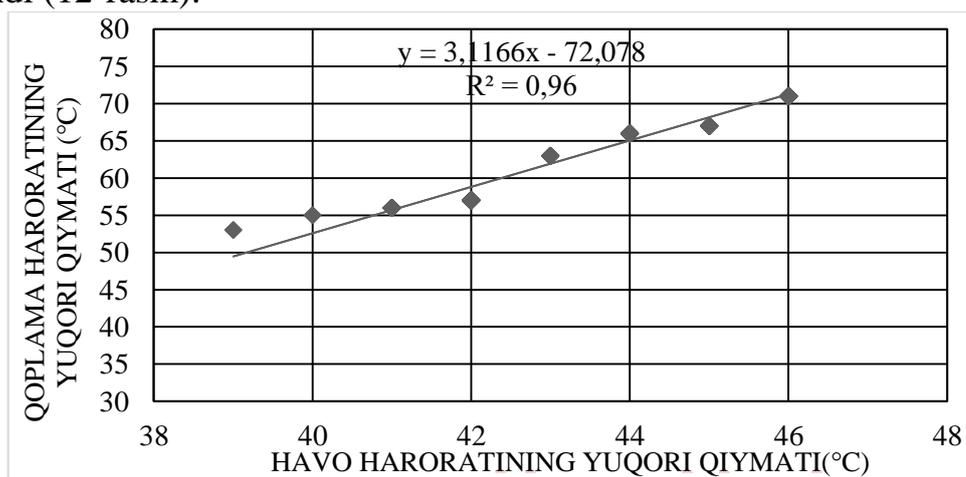
O'zbekiston Respublikasi hududida asfaltbeton qoplamalarining ekspluatatsion xususiyatlariga ta'sir etuvchi eng muhim omillardan biri bu – yozgi mavsumda kuzatiladigan yuqori havo haroratidir. Asfaltbeton qoplamalarning ustki yuzasining harorati, yozda havo haroratiga nisbatan ancha yuqori bo'lishi natijasida plastik deformatsiyalar, xususan g'ildirak izi deformatsiyalari yuzaga keladi.

O'zbekiston hududi bo'yicha o'lchangan maksimal havo harorati va asfaltbeton qoplamasi harorati ma'lumotlari 11-rasmdagi grafikda keltirilgan. Grafikdan ko'rinib turibdiki, janubiy viloyatlarda havo harorati 46 °C atrofida bo'lganda qoplama harorati 72–73 °C gacha, shimoliy va sharqiy hududlarda esa havo harorati 41–44 °C bo'lganda qoplama harorati 58–66 °C gacha yetadi.



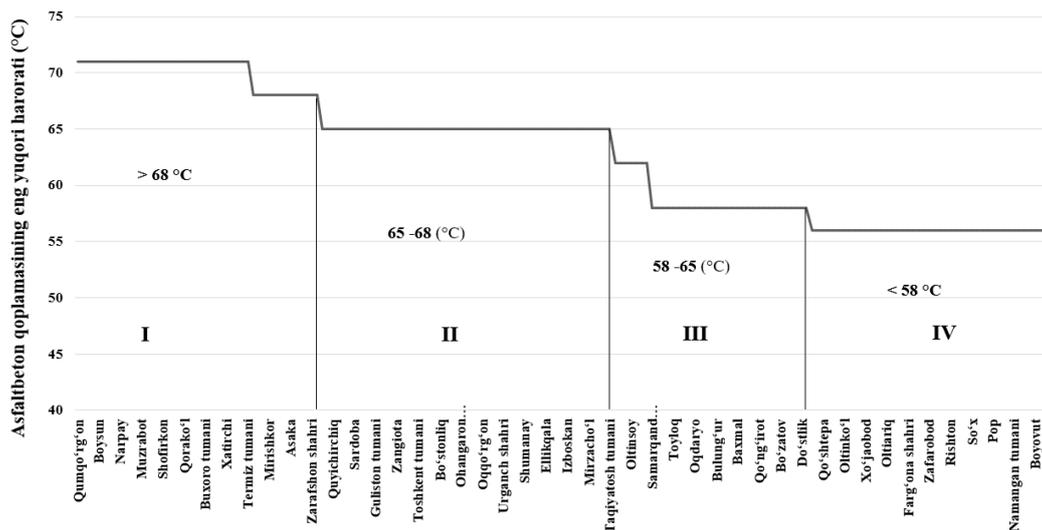
11-rasm. O‘zbekiston Respublikasi viloyatlari bo‘yicha yoz mavsumida kuzatilgan maksimal havo haroratlari hamda asfaltbeton qoplamasining ustki yuzasida o‘lchangan eng yuqori harorati

Yuqoridagi 11-rasmda keltirilgan ma’lumotlarga asosan havo haroratining asfaltbeton qoplamasi haroratiga bog‘liqlik qonuniyati yozgi hisobiy davr uchun aniqlandi (12-rasm).



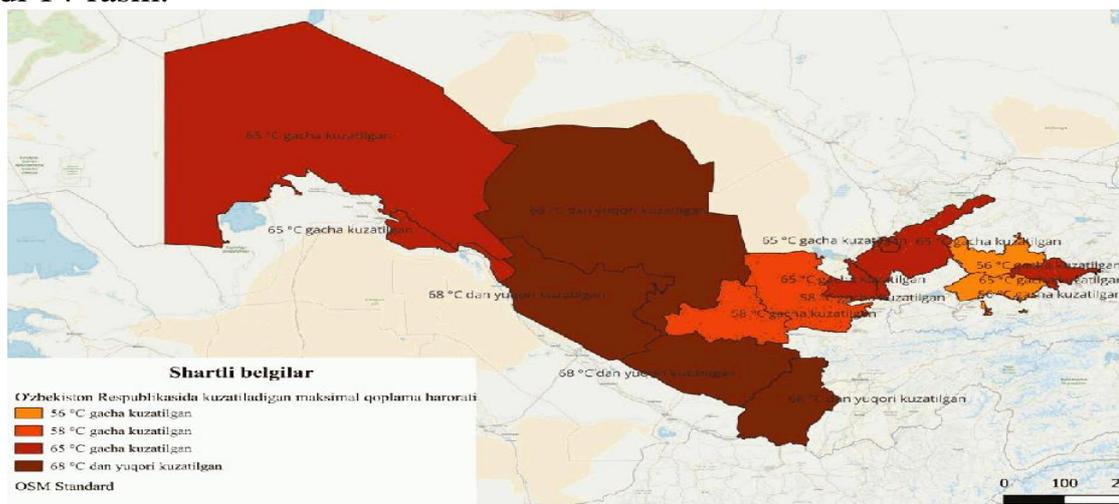
12-rasm. Asfaltbeton qoplamasi haroratining havo haroratiga bog‘liqligi grafigi

Tadqiqotlar davomida havoning eng yuqori harorati bilan asfaltbeton qoplamasining eng yuqori harorati o‘rtasidagi bog‘liqlik aniqlandi (28-rasm). Natijada, qoplama haroratining hududlar bo‘yicha o‘zgarish dinamikasi tizimlashtirildi va O‘zbekiston Respublikasi hududida asfaltbeton qoplamasining maksimal harorati bo‘yicha yo‘lga oid tumanlashtirildi va hududlar to‘rtta yo‘l tumanlariga ajratildi 13-rasm.



13-rasm. Respublika hududini asfaltbeton qoplamalarining yuqori harorat bo'yicha yo'lga oid tumanlar chegarasini aniqlash grafigi

Ushbu grafik asosida Respublikamizdagi asfaltbeton qoplamalarining maksimal kuzatiladigan harorati bo'yicha yo'lga oid tumanlashtirish xaritasi ishlab chiqildi 14-rasm.

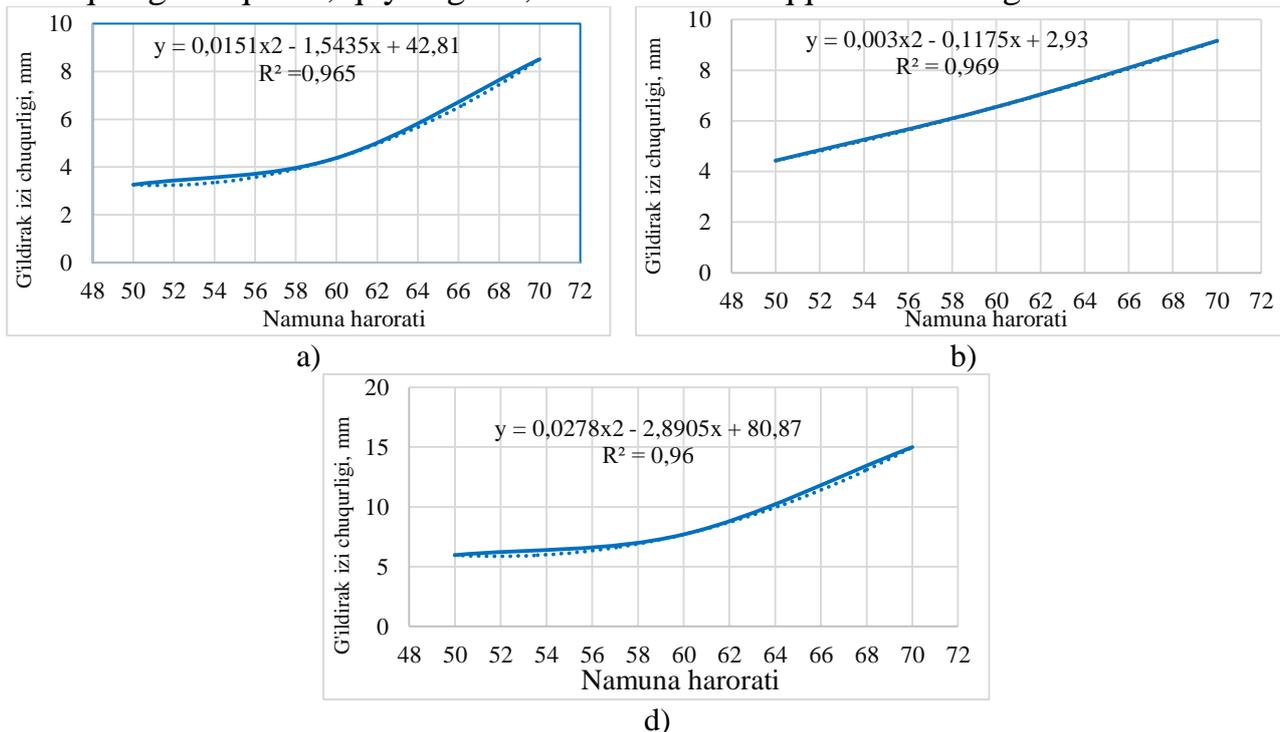


14-rasm. Respublika hududini asfaltbeton qoplamalarining yuqori harorati bo'yicha yo'lga oid tumanlashtirish xaritasi

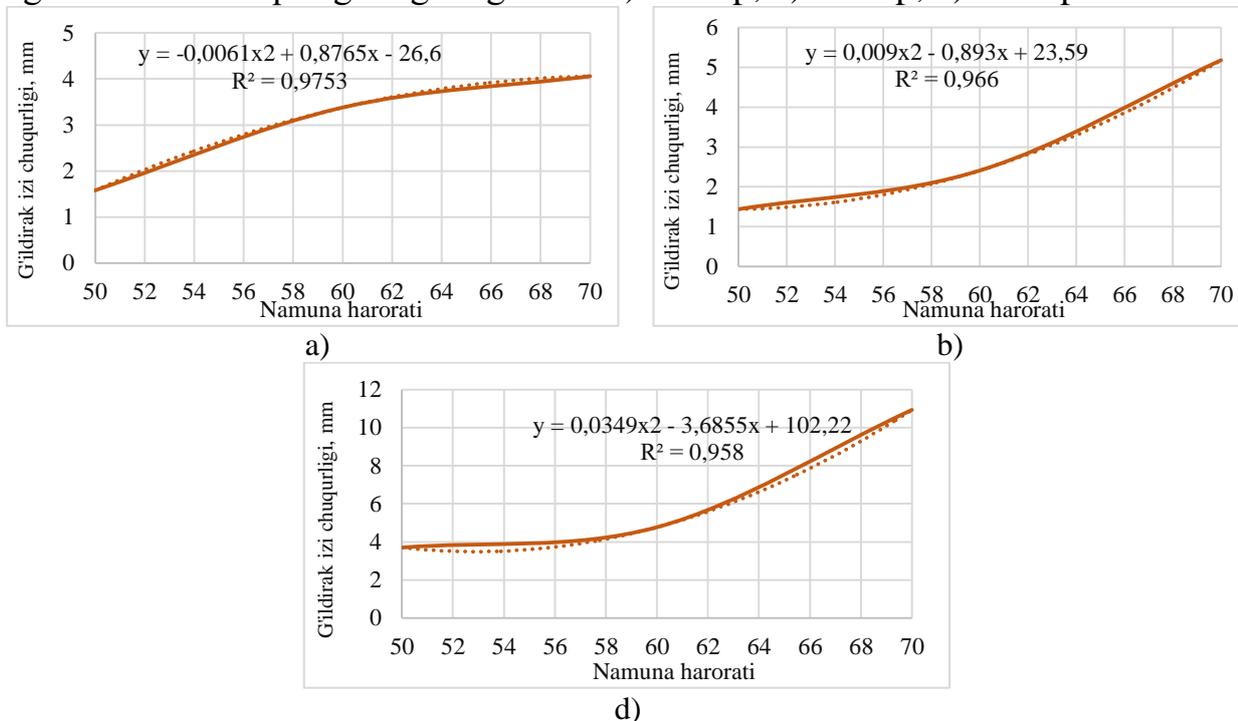
Grafikda ko'rsatilganidek, havo haroratining 41–46 °C oralig'ida bo'lishi asfaltbeton qoplamasining 58–72 °C gacha ko'tarilishini ko'rsatadi (12-rasm). Hududiy farqlar natijasida ayrim tumanlarda qoplama harorati 70 °C dan yuqori bo'lgan ko'rsatgich qayd etildi.

Asfaltbeton qoplamalarining yuqori haroratli sharoitlarda barqarorligini baholashda g'ildirak izi chuqurligining haroratga nisbatan o'zgarishi muhim omillardan biridir. Harorat ortishi bilan bitum yumshab, plastik deformatsiyalarga moyilligi kuchayadi. Turli markadagi bitumlar harorat ta'siriga nisbatan turlicha bo'ladi, jumladan, oddiy bitumlarda (BND 60/90) yuqori haroratda yuqori deformatsiya kuzatilsa, polimer modifikatsiyalangan bitumda deformatsiya nisbatan kam bo'ladi.

Tadqiqotlar davomida har xil bitum turlaridan tayyorlangan asfaltbeton namunalarida 50°C, 60°C va 70°C haroratda g'ildirak izi deformatsiyasining chuqurligi aniqlanib, quyidagi 15, 16-rasmlarda taqqoslab keltirilgan.



15- rasm. BND 60/90 markali bitumdan foydalangan holda tayyorlangan A, B va V tipdagi asfaltbeton namunalarining harorat oshishi bilan yuzaga keladigan g'ildirak izi chuqurligining o'zgarishi: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.

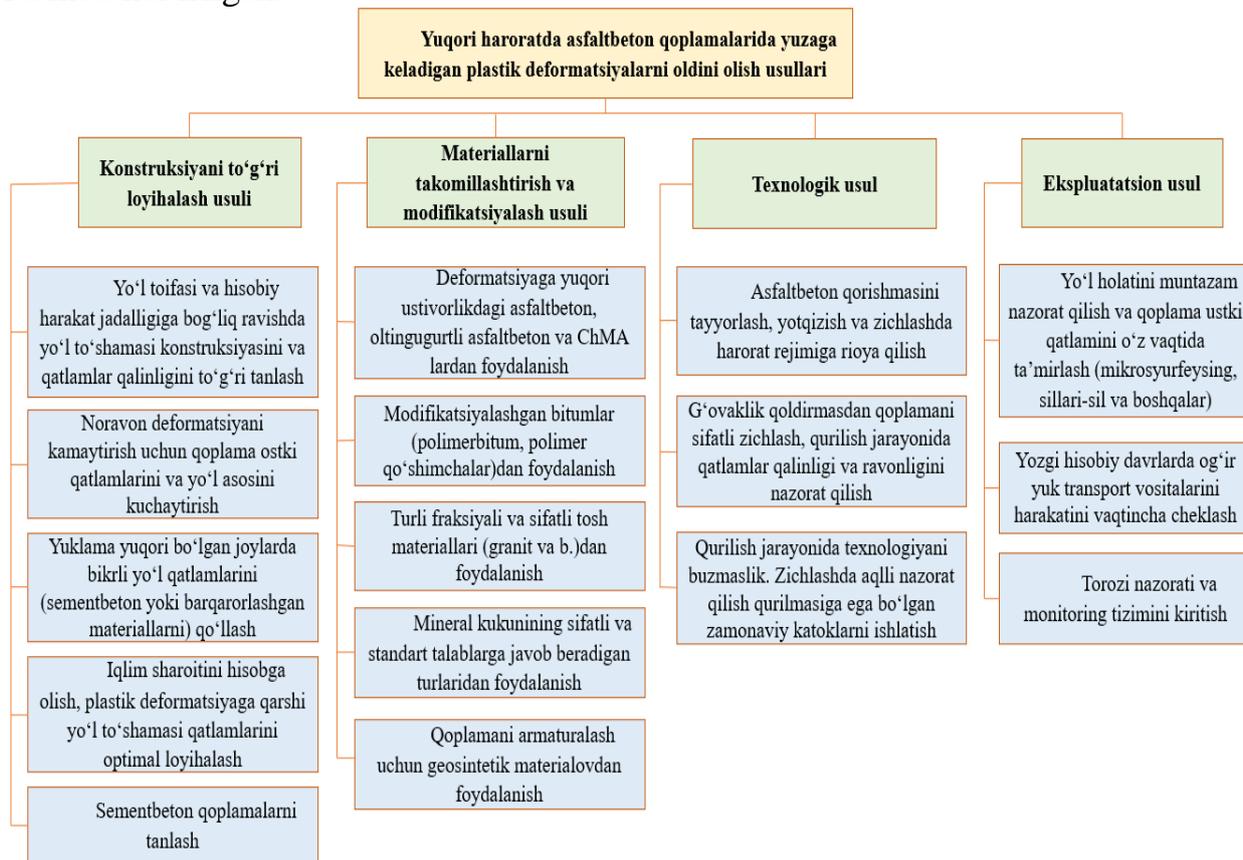


16- rasm. Polimerbitumdan foydalangan holda tayyorlangan A, B va V tipdagi asfaltbeton namunalarining harorat oshishi bilan yuzaga keladigan g'ildirak izi chuqurligining o'zgarishi: a) – A tip; b) – B tip; d) – V tip.

Grafiklardan ko'rinib turibdiki, harorat oshishi bilan asfaltbeton namunalarida yuzaga keladigan g'ildirak izi chuqurligi tez o'sadi, lekin

polimerbitum qoʻllangan asfaltbetonlarda bu koʻrsatkich oddiy bitumlarga nisbatan yaxshi natija berishini koʻrishimiz mumkin boʻladi.

Olib borilgan tadqiqotlar asosida aniqlanishicha, asfaltbeton tarkibiga qoʻshiladigan bogʻlovchi materiallarini turli polimer modifikatorlar yordamida modifikatsiyalash yuqori harorat sharoitida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarga qarshilikni oshiradi. Asfaltbeton qoplamasining yuqori harorat natijasida plastik deformatsiyalarga qarshilikni oshirishning asosiy usullari 17-rasmda keltirilgan.



17-rasm. Asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish usullari

Yuqoridagi 17-rasmda keltirilgan usullarni qoʻllash orqali asfaltbeton qoplamalarida yuqori haroratli sharoitda yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish va ularning ekspluatatsion barqarorligini oshirishga erishiladi. Konstruksiyanı toʻgʻri loyihalash, qatlam qalınlıgını optımal tanlash hamda iqlım sharoıtlarını hisobga olısh qoplamanıng deformatsion turgʻunlıgını taʻmınlaydı. Materiallarnı takomillashtırırsh va modifikatsiyalash bitum va tosh materiallarnıng ısıqlıkka chıdamlılıgını oshırırsh, qoplama mustahkamlıgı va elastıklıgını yaxshılaydı. Texnologik va ekspluatatsion usullarnı toʻgʻri qoʻllash esa qoplama sıfatını hamda saqlanganlıgını taʻmınlaydı, gʻıldırak ızı hosıl boʻlıshını kamaytıradı va xızmat muddatını uzaytıradı.

Dıssertatsıyanıng “Asfaltbeton qoplamalarıda yuzaga keladıgan plastik deformatsıyalarnıng oldını olısh boʻyicha tavsiyalar ishlab chıqırsh va ularnıng iqtısođıy samaradorlıgını baholash” nomlı toʻrtınchı bobıda Respublıka hududını asfaltbeton qoplamalarıda gʻıldırak ızı paydo boʻlısh sharoıtı

bo'yicha tumanlashtirish xaritasi asosida asfaltbeton tiplarini qo'llash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish, yuqori haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan g'ildirak izi deformatsiyalarni oldini olish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish, ishlab chiqilgan tavsiyalar iqtisodiy samaradorligini aniqlash keltirilgan.

Tadqiqot jarayonida A, B va V turdagi asfaltbeton namunalarini yuqori harorat sharoitlarida (50 °C, 60 °C va 70 °C) ko'p marotaba sinovdan o'tkazilib, ularning yuqori haroratda deformatsiyaga chidamliligi va g'ildirak izi chuqurligining o'zgarish qonuniyatlari aniqlangan. Olingan natijalar amaldagi GOST 9128 talablari bilan taqqoslab tahlil qilinib, BND 60/90 bitum markasi uchun g'ildirak izi chuqurligining me'yoriy va chegaraviy qiymatlari ilmiy asosda belgilandi (1-jadval). Ushbu natijalar yuqori havo haroratli sharoitlarida asfaltbeton qoplamalarning haroratga bardoshlilikini baholash, ularning ekspluatatsion ishonchliligini oshirish hamda deformatsion turg'unligini ta'minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

1-jadval

Amaldagi GOST 9128 ga asosan BND 60/90 bitum markasi uchun g'ildirak izi chuqurligining me'yorlari

Bitum markasi		Asfaltbeton tiplari uchun g'ildirak izi chuqurligi me'yorlari, mm		
		A	B	V
BND 60/90	Me'yoriy	< 4	4.1-6.0	6.1-8.0
	Chegaraviy	< 6	< 10	< 12

Hozirgi kunda asfaltbeton qoplamasida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarning yuzaga kelishi sabablarini o'rganishda, hududning yuqori harorati va qoplama haroratini, har bir hududga mos bitum turini, tosh materiallarining mineralogik tarkibini, mayda to'ldiruvchilar turini, qatlamni zichlash darajasini hisobga olish zarur. Yuqoridagilardan kelib chiqib, asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish to'g'ri yechim bo'ladi.

Quyidagi jadvalda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan (2 -jadval).

Yoʻnalish	Materiallar	Tavsif	Amaliy natijalar va samaradorlik (%)
Bogʻlovchi materiallarni toʻgʻri tanlash	Polimerbitum (PMB40) qoʻllash	Bitunning haroratga chidamliligini oshiradi, gʻildirak izi chuqurligini sezilarli kamaytiradi	Gʻildirak izi chuqurligini 30–40 % gacha kamaytiradi (tajriba natijalari asosida)
	Polimeroltingugurtli bitumlarni qoʻllash	Bitunning haroratga chidamliligini oshiradi, gʻildirak izi chuqurligini sezilarli kamaytiradi	Gʻildirak izi chuqurligini 40–50 % gacha kamaytiradi (tajriba natijalari asosida)
	BND 50/70 bitum qoʻllash	Yuqori haroratli hududlarda BND 60/90 ga qaraganda barqarorroq	Gʻildirak izi chuqurligi 12–15 % yaxshilanadi (amaliy loyihalar asosida)
Tosh materiallarini toʻgʻri tanlash	Granitli tosh materiallaridan foydalanish	Dolomitga nisbatan yuqori mustahkamlik va issiqqa chidamlilikka ega	Gʻildirak izi chuqurligini 11–13 % kamaytiradi (laboratoriya natijalari)
Asfalt bogʻlovchilarni toʻgʻri tanlash	Mayda toʻldiruvchilar sifatida slanetsli mineral kukunlardan foydalanish	Slanets mineral kukuni bitunning qovushqoqligini va asfaltbetonning yuqori haroratga chidamliligini oshiradi	Gʻildirak izi chuqurligi 8–12 % kamayadi; xizmat muddati 10–15 % uzayadi; suvga chidamlilik 5–7 % yaxshilanadi

Asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish usullaridan foydalanishda quyidagilar tavsiya etiladi:

1. Polimerbitumlardan foydalanish, asfaltbeton qoplamasini haroratga chidamliligini oshiradi va gʻildirak izi chuqurligini 30–40 % gacha kamaytiradi;
2. Polimeroltingugurtli bitumlar ishlatilganda, asfaltbetonning yuqori haroratga bardoshliligi yanada ortib, gʻildirak izi chuqurligini 40–50 % gacha kamaytiradi;
3. Yuqori haroratli boʻlmagan hududlarda BND 50/70 bitum qoʻllash BND 60/90 ga nisbatan gʻildirak izi chuqurligini 12–15 % gacha kamaytiradi;
4. Granit tosh materiallaridan foydalanish qoplamaning issiqlik va mustahkamlik xususiyatlarini yaxshilab, gʻildirak izi chuqurligini 11–13 % gacha kamaytiradi;
5. Slanets mineral kukunlaridan foydalanish bitumning qovushqoqligini oshiradi, natijada gʻildirak izi chuqurligi 8–12 % kamayadi, xizmat muddati 10–15 % uzayadi va suvga chidamlilik 5–7 % yaxshilanadi.

Ushbu tavsiyalarni amalda qoʻllash asfaltbeton qoplamalarining yuqori haroratli sharoitlarda barqarorligini oshiradi va plastik deformatsiyalarni sezilarli kamaytiradi.

Ushbu usullarni amaliyotda qoʻllash asfaltbeton qoplamalarining xizmat muddatini uzaytirish, ularning ekspluatatsion ishonchliligi va barqarorligini oshirish orqali yuqori iqtisodiy samaradorlikka erishish imkonini beradi. Takomillashtirilgan material tarkiblari va texnologik yechimlar natijasida

ta'mirlash ishlari oraliq muddati oshadi, qoplama konstruksiyasining xizmat muddati 2 barobar uzayadi, bu esa yo'l infratuzilmasi bo'yicha sarflanadigan kapital xarajatlarni sezilarli qisqartiradi. Natijada, asfaltbeton qoplamalarning uzoq muddatli ishlash ko'rsatkichlari yaxshilanadi, yo'lning ekspluatatsion xarajatlari kamayadi hamda umumiy iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichi oshadi.

Iqtisodiy samaradorlik asfaltbeton qoplamalarining ekspluatatsiya davri mobaynidagi mablag'lar hisobidan kelib chiqib hisoblanadi va quyidagi formula asosida amalga oshiriladi:

$$B_t = C_{eski}^{joriy} - C_{yangi}^{joriy}$$

Bu yerda B_t - ya'ni, t-yildagi ekspluatatsiya xarajatlarining kamayishi, ya'ni yangi qoplama qo'llanilganda, yoki bitum bog'lovchi materialini modifikatsiya qilish orqali asfaltbeton qoplamasining xizmat muddati oshishi hisobiga ta'mirlashlar soni kamayadi, ekspluatatsiya xarajatlari qisqaradi. Misol uchun eski sharoitda qoplamani har 2 yilda ta'mirlashga zarurat yuzaga kelsa, modifikatsiyalangan polimerbitumini qo'llash orqali bu muddat 4 yilga uzaytirilsa, u holda:

$$B_t = C_{eski}^{joriy} - C_{yangi}^{joriy} = 3091647853 - 1324991937 = 1\ 766\ 655\ 916$$

so'm.

C_{eski}^{joriy} – eski holatda har 2 yilda ta'mir xarajatlari,

C_{yangi}^{joriy} – yangi holatda, uzaytirilgan muddat bo'yicha xarajat.

Bunda B_t — t-yildagi foyda — shu ikkisi orasidagi farqdir.

Hozirgi kunda 1 km yo'l bo'lagini joriy ta'mirlash xarajati, $C_{joriy\ ta'mir} = 441\ 663\ 979$ so'm/km.

Eski holatda: har 2 yilda bitta ta'mir → taxminan 7 marta ($15/2 \approx 7$) = 3 091 647 853 so'm.

Yangi tavsiyada: har 4 yilda ta'mir → 3 marta ($15/4 \approx 3$) = 1 324 991 937 so'm.

Rejalashtirilgan joriy ta'mirlash xarajatlari C_t — 441 663 979 so'm.

Hisob ishlaridan ma'lum bo'ldiki, Ib toifali avtomobil yo'lida qoplamaning ta'mirlashlararo muddatini oshirish natijasida ekspluatatsiya xarajatlarining kamayishi hisobiga keladigan iqtisodiy samaradorlik bir yil davomida 1 km yo'l bo'lagidan 1766655916 so'mni tashkil qiladi.

XULOSALAR

1. O'tkazilgan laboratoriya tadqiqotlari natijasida asfaltbeton qoplamalarining g'ildirak izi deformatsiyasiga bardoshlilik xususiyati asfaltbeton tarkibidagi tosh materialining mineralogik tarkibiga bog'liqligi, jumladan, dolomit asosidagi asfaltbetonning mustahkamligiga nisbatan granit tosh materiali asosidagi asfaltbetonning mustahkamligi 20–22% ga yuqoriligi aniqlandi;

2. Laboratoriya tadqiqotlari natijalari asosida granit tosh materiali asosida tayyorlangan asfaltbeton namunalarida yuqori qoplama haroratida yuzaga

kelgan g'ildirak izi chuqurligi dolomit tosh materiali asosida tayyorlangan namunalarga nisbatan qoplama harorati 50 °C bo'lganda 11–13% ga, 60 °C bo'lganda 18–20% ga, 70 °C bo'lganda 24–26% kamligi aniqlandi;

3. Tadqiqot natijalari asosida BND 60/90 bitumga nisbatan PMB40 qo'llanganda esa g'ildirak izi chuqurligi 30–45 % gacha kamayishi aniqlandi;

4. Tadqiqot natijalari asosida g'ildirak izi chuqurligining chegaraviy ruxsat etilgan me'yorlari va ushbu chegaraviy me'yordan oshish muddati BND 60/90 bitum ishlatilgan asfaltbeton qoplamalarda 2–3 yilni, PMB 40 markali polimer-bitum asosida tayyorlangan asfaltbetonlarda 4–6 yilni tashkil etishi va PMB 40 polimerbitumi asosidagi asfaltbetonlarda ta'mirlashlararo muddat BND 60/90 bitum asosidagi asfaltbetonlarga nisbatan 2 barobargacha yuqori ekanligini aniqlandi;

5. Tadqiqotlar natijasida havo harorati va asfaltbeton qoplamasi haroratlari o'rtasidagi bog'liqlik qonuniyati aniqlandi. Bunda havo harorati 41 °C bo'lganda qoplama harorati 54 °C ($\delta=+13$ °C), 44 °C bo'lganda 63 °C ($\delta=+19$ °C), 46 °C bo'lganda esa 72 °C ($\delta=+26$ °C) gacha ortishi, shuningdek, havo haroratining har 1 °C ortishi qoplama haroratining o'rtacha 3,5–4,0 °C ga ko'tarilishiga olib kelishi tasdiqlandi. Yozgi hisobiy davrlarda asfaltbeton qoplamasi haroratining havo haroratiga bog'liqlik qonuniyati $t_{qop} = 3,1166 t_{havo} - 72,078$ ifoda ko'rinishini va determinatsiya koeffitsiyenti $R^2 = 0,96$ ni tashkil qilishi aniqlandi.

6. Yuqori havo harorati ta'sirida asfaltbeton qoplamalarida g'ildirak izi deformatsiyasi yuzaga kelish sharoiti bo'yicha QGIS dasturidan foydalanib respublika hududi yo'lga oid tumanlashtirildi hamda ushbu tumanlashtirish xaritasi asosida amaldagi asfaltbeton tiplarini qo'llash bo'yicha amaliy ko'rsatmalar ishlab chiqildi;

7. Laboratoriya tadqiqotlari natijalariga ko'ra, g'ildirak izi o'lchamlari qoplama harorati 50-70 °C bo'lganda BND 60/90 bitumi asosida tayyorlangan A tip asfaltbetonda 3,26-8,51 mm ni, B tip asfaltbetonda 4,43-9,16 mm ni, V tip asfaltbetonda 5,97-15,00 mm qiymatdan kattani tashkil qilishi, shuningdek, PMB 40 polimerbitum asosida tayyorlangan A tip asfaltbetonda 1,58-4,06 mm, B tip asfaltbetonda 1,44-5,18 mm, V tip asfaltbetonda 5,07-12,15 mm qiymatni tashkil qilishi hamda A, B va V tiplardagi asfaltbeton qoplamalarida modifikatsiyalangan polimerbitum PMB 40 qo'llanilishi natijasida yuqori havo harorati 70 °C da g'ildirak izi deformatsiyasini a tipda 52,2 % ga, B tipda 43,4 % ga, V tipda 19 % ga kamayishi aniqlandi;

8. Yuqori haroratli sharoitda asfaltbeton qoplamalarida yuzaga keladigan plastik deformatsiyalarni oldini olish usullari ishlab chiqildi;

9. Ishlab chiqilgan chora-tadbirlarni amaliyotda qo'llash orqali umumiy foydalanishdagi I^b-toifali avtomobil yo'lining 1 km bo'lagi uchun 1766655916 so'm iqtisodiy samaradorlikka erishildi.

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

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТРАНСПОРТНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

НАРМАНОВ АКБАР КУЗИБОВЕВИЧ

**МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ,
ВОЗНИКАЮЩИХ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ В
УСЛОВИЯХ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

**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 Кабинете Министров Республики Узбекистан за
B2025.2.PhD/T5763**

Диссертация выполнена в Ташкентском государственном транспортном университете.

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

Научный руководитель:

Уроков Аслидин Хушвактович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Касимов Ибрагим Иркинович
доктор технических наук, профессор

Амиров Турсоат Жуммаевич
Доктор философии по техническим наукам (PhD),
доцент

Ведущая организация:

**Наманганский государственный технический
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 Адылхожаева, 1. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail: tashiit_rektorat@mail.ru).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского государственного транспортного университета. (зарегистрирована №_____). (Адрес: 100167. г. Ташкент, улица Адылхожаева, 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).

И.С.Садиков

Заместитель председателя Научного совета по
присуждению учёных степеней,
д.т.н., профессор

Р.М.Худайкулов

Учёный секретарь Научного совета по
присуждению учёных степеней,
PhD, профессор

И.С.Садиков

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и необходимость темы диссертации. В мире изучение пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог, обеспечение прочности и устойчивости к высоким температурам воздуха и эксплуатационных показателей асфальтобетонных покрытий является одним из важных научных направлений. Большое значение имеют такие исследования, как выявление причин деформации асфальтобетонных покрытий в условиях высоких температур, их минимизация и разработка инновационных решений по созданию асфальтобетонных покрытий, устойчивых к высоким температурам. Проведенный анализ показывает, что во всем мире ведутся обширные научные исследования по снижению пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях.¹ В частности, в таких странах, как США, Япония, Германия и Южная Корея, особое внимание уделяется влиянию высоких температур воздуха на свойства асфальтобетона, применению модифицированных битумов и повышению их стабильности. Кроме того, разработка полимербитумов, наноструктурных добавок и прочных минеральных смесей рассматривается в качестве важнейших научных решений.

В мире результаты экспериментов и научных исследований по эксплуатации автомобильных дорог показывают, что пластические деформации, наблюдаемые в асфальтобетонных покрытиях, в частности, колееобразование, происходят преимущественно в условиях высоких погодных температур. Согласно анализу научных работ, проведенных в этом направлении, физико-механические и деформационные свойства материалов, используемых в составе асфальтобетонного покрытия, являются основным фактором, определяющим колееобразование и скорость ее развития, возникающую под воздействием высоких температур. В настоящее время глобальное потепление климата, повышение температуры воздуха в последние годы, еще больше усугубляет проблему возникновения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях. Вместе с тем, исследование пластических деформаций, возникающих на проезжей части автомобильных дорог, в частности, колееобразование, считается одной из актуальных задач.

В нашей республике осуществляются широкомасштабные мероприятия по разработке и внедрению в практику новых технологий, способствующих увеличению срока службы автомобильных дорог, улучшению их эксплуатационных качественных показателей и повышению эффективности процессов ремонта, установленных на основе действующих стандартов. В новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы определены задачи, в том числе по “совершенствованию дорожной инфраструктуры и ускоренному развитию сети автомобильных дорог”². В

¹ <https://infotechnology.fhwa.dot.gov/straightedge/>

² O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning tarqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi Farmoni.

эффективной реализации этих задач, прежде всего, приобретает актуальное значение строительство автомобильных дорог на уровне современных требований и продление срока их службы путем эксплуатации существующих сетей. Кроме того, важным фактором обеспечения долгосрочной службы покрытий является прогнозирование колееобразования, возникающих на асфальтобетонных покрытиях под воздействием природно-климатических факторов, формирование комплексной базы данных по автомобильным дорогам на основе использования передовых расчетных программ при оценке прочностных показателей дорожного покрытия и научно обоснованное планирование работ.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит обеспечению исполнения задач, установленных в нормативно-правовых документах, а также в Указе Президента Республики Узбекистан №60 “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы”, ПП №330 “О мерах по дальнейшему совершенствованию сферы дорожного хозяйства”, ПП №4545 “О мерах по дальнейшему совершенствованию системы управления дорожной отраслью”, а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере деятельности.

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

Степень изученности проблемы. До настоящего времени как в Узбекистане, так и за рубежом был проведен ряд научно-исследовательских работ по изучению причин возникновения колееобразования на автомобильных дорогах. В частности, за рубежом: Н.Н.Иванов, А.К.Бируля, А.М.Богуславский, Б.И.Ладыгин, Н.Я.Хархута, А.П.Васильев, М.Л.Попов, В.Д.Казарновский, М.С.Коганзон, А.В.Руденский, А.В.Смирнов, Н.Н.Маслов, Ю.М.Яковлев, А.Н.Александров, А.Н.Елгонов, Б.В.Жустарева, С.Ю.Канигин, Г.Н.Кириухин, З.А.Мевлидинов, А.А.Негомедзянов, А.В.Эдельман, В.Б.Фадеев, Саад Аль-Джафари, М.В.Немчинов, М.Б.Корсунский, Б.П.Матуа, Л.И.Панасюк, С.В.Лугов, Е.В.Угорова, О.А.Красиков, Ю.А.Муравьев, Т.Ватанатаде, Ф.В.Матвиенко, В.Нийбоер, А.А.Берлин, О.Добози, Ж.Ромона, Р.Сотрре, Л.М.Гохман, М.И.Волков, Л.Б.Гезенцевей, Н.В.Горелышев, Н.В.Иванов, А.Ф.Кемалов, А.С.Колбановская, М.И.Кучма, А.И.Лисихина, В.В.Михайлов, Б.Г.Печеный, П.А.Ребиндер, Д.А.Розенталь, И.А.Рыбьев, В.А.Золотарев, И.В.Королев, А.М.Алиев, Веверки, Гшвендт, Хушека, Максвелл, а в Узбекистане И.С. Содиков, А.Х. Уроков, И.И.Касимов, Ю. Махмудов, Ш.Х. Буриев, С. Курбонов и другие провели множество исследовательских работ. Они изучали процесс формирования остаточных деформаций на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог в результате

воздействия различного состава транспортного потока и высоких температур воздуха.

Анализ литературы показывает, что хотя эти ученые исследовали процесс формирования пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях под воздействием количества движения тяжелых транспортных средств и высокой температуры воздуха, в исследованиях не были полностью изучены пластические деформации, возникающие при высоких температурах воздуха в зависимости от типов асфальтобетона.

Соответствие диссертационного исследования планам научно-исследовательской работы высшего учебного заведения, в котором выполнялась диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы на тему “Методология дорожно-климатического районирования для строительства и эксплуатации автомобильных дорог” (2022-2025 гг.), проводимой на кафедре “Строительство и эксплуатация автомобильных дорог” Ташкентского государственного транспортного университета.

Целью исследования является изучение колееобразования на асфальтобетонных покрытиях с учетом высоких погодно-климатических условий Республики и разработка рекомендаций по их предотвращению.

Задачи исследования:

анализ причин возникновения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях и обзор проведенных научно-исследовательских работ по данной проблеме;

исследование в лабораторных условиях зависимости колееобразования, возникающих в асфальтобетонных покрытиях под воздействием высоких температур воздуха, от типов асфальтобетона, минералогического состава каменных материалов в его составе, а также от вида асфальтовых вяжущих;

определение нормативных показателей глубины колеи, образующейся под воздействием высокой температуры воздуха, исходя из типов асфальтобетона;

исследование влияния температуры воздуха на температуру асфальтобетонного покрытия в летний расчетный период;

дорожное районирование территории Республики Узбекистан по условиям возникновения колееобразующей деформации на асфальтобетонных покрытиях;

разработка методов предотвращения пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях в условиях высоких температур.

В качестве объекта исследования принята эксплуатируемая сеть автомобильных дорог общего пользования с асфальтобетонным покрытием.

Предметом исследования являются деформации в виде колееобразования, возникающие на автомобильных дорогах с асфальтобетонным покрытием в условиях высоких температур воздуха.

Методы исследования. В процессе исследования применялись методы эксперимента, системного и теоретического анализа, математической

статистики, корреляционно-регрессионного анализа и моделирования, дорожного районирования, синтеза основных компонентов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

- установлено, что при высокой температуре воздуха и покрытия (60 °С и 70 °С) показатель глубины колеи, образующейся в асфальтобетонном покрытии, изготовленном на основе высокопрочного гранитного каменного материала, минимален и не превышает нормативного предела;

- достигнуто уменьшение глубины деформации колеи в слоях асфальтобетона на 30-45% при использовании модифицированного полимербитума и увеличение межремонтного срока службы покрытия в два раза;

- определены нормативные показатели глубины колеи для различных типов асфальтобетонных покрытий с учетом климатических условий Республики Узбекистан;

- установлена закономерность зависимости температуры асфальтобетонного покрытия от температуры воздуха в летние расчетные периоды, и выявлено, что повышение температуры воздуха на каждый 1°С приводит к увеличению температуры покрытия на 3,5-4,0°С;

- территории республики районирования на четыре дорожных района на основе метода ведущего фактора по условиям колееобразования на асфальтобетонных покрытиях под воздействием высокой температуры воздуха;

- разработаны эффективные методы, основанные на совершенствовании состава асфальтобетона с целью уменьшения и предотвращения пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях в условиях высоких температур.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

обосновано снижение глубины колеи на 11-13% при температуре покрытия 50 °С, на 18-20% при 60 °С и на 24-26% при 70 °С в результате практического применения асфальтобетонных покрытий на основе гранитного каменного материала в регионах республики с высокой температурой воздуха;

обосновано снижение глубины колеи на 30-45% с применением модифицированного полимербитума ПМБ-40 по сравнению с битумом БНД 60/90 на объектах дорожного строительства;

обосновано, что на практике срок превышения предельно допустимых норм глубины колеи составляет 2-3 года для асфальтобетонных покрытий с использованием битума БНД 60/90, 4-6 лет для асфальтобетонов на основе полимер-битума марки ПМБ 40, а межремонтный срок для асфальтобетонов на основе полимер-битума ПМБ 40 в 2 раза выше, чем для асфальтобетонов на основе битума БНД 60/90;

обосновано, что применение на практике модифицированного полимербитума ПМБ40 в асфальтобетонных покрытиях типов А, Б и В снижает колееобразования на 52,2% в типе А, на 43,4% в типе Б и на 19% в типе В при высокой температуре воздуха 70 °С.

Достоверность результатов исследования обеспечивалась проведением комплексных экспериментов в лабораторных условиях на современных цифровых устройствах, работающих с высокой точностью, многократными измерениями для различных типов асфальтобетона и марок битума, а также статистическим анализом. Результаты были сопоставлены с данными, представленными в существующей научной литературе, и была показана их согласованность. Кроме того, экспериментальные значения, полученные в условиях высоких температур, логически последовательны и соответствуют физико-механическим закономерностям, что также подтверждает достоверность результатов исследования.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что процессы пластической деформации, возникающие в асфальтобетонных покрытиях под воздействием высоких температур воздуха, были комплексно изучены на примере различных марок битума и типов асфальтобетона, а также определена их устойчивость к колееобразованию при высоких температурах. Таким образом, научно обоснована зависимость процесса возникновения колееобразования от температуры воздуха.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что на основе результатов исследований разработаны конкретные рекомендации по выбору высокоэффективных типов асфальтобетона для различных регионов, установлению периодичности ремонта и повышению экономической эффективности, а также даны указания по их применению в дорожном строительстве.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов исследований методов предотвращения пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях в условиях высоких температур:

установлено, что при высокой температуре воздуха и покрытия (60 °С и 70 °С) показатель глубины колеи, образующейся в асфальтобетонном покрытии, изготовленном на основе высокопрочного гранитного каменного материала, минимален и не превышает нормативного предела, данные результаты внедрены в практику в государственном унитарном предприятии проектно-изыскательского института "Узйуллойиха", подведомственного Комитету автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан (справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 7 октября 2025 года № 02-4425). В результате за счет усовершенствования состава асфальтобетона и использования смесей на основе гранита повышена устойчивость асфальтобетонных покрытий к пластической деформации при высоких температурах, уменьшена глубина колеи, а срок службы покрытия увеличен в 1,5 раза;

достигнуто уменьшение глубины деформации колеи в слоях асфальтобетона на 30-45% при использовании модифицированного полимербитума и увеличение межремонтного срока службы покрытия в два

раза, данные результаты внедрены в практику в Государственном унитарном предприятии "Автомагистраль ИАКТБ", подведомственного Комитету автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан (справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 7 октября 2025 года № 02-4425). В результате применения модифицированного полимербитума повышена деформационная стойкость асфальтобетонных покрытий в условиях высоких температур на 45-55%, уменьшена глубина колеи, увеличены прочность и устойчивость покрытия, а также достигнуто двукратное увеличение межремонтного срока;

определены нормативные показатели глубины колеи для различных типов асфальтобетонных покрытий с учетом климатических условий Республики Узбекистан и внедрены в практику в Государственном унитарном предприятии "Автомагистраль ИАКТБ", подведомственного Комитету автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан (справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 7 октября 2025 года № 02-4425). В результате, на основе установленных нормативных значений глубины колеи на асфальтобетонных покрытиях различных типов, было оценено эксплуатационное состояние дорог, их устойчивость к деформации, адаптивность к интенсивному транспортному потоку и уровень прочности. На основе этой оценки были улучшены фактический срок службы и показатели надежности покрытий, а также разработаны эффективные решения по повышению эксплуатационных показателей дороги;

установлена закономерность зависимости температуры асфальтобетонного покрытия от температуры воздуха в летние расчетные периоды, и выявлено, что повышение температуры воздуха на каждый 1°C приводит к увеличению температуры покрытия на 3,5-4,0°C, данные результаты внедрены в практику Государственном учреждении Центральной испытательной лаборатории, подведомственного Комитету автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан (справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 7 октября 2025 года № 02-4425). В результате определена температура асфальтобетонных покрытий в условиях высоких температур воздуха, и на этой основе создана возможность правильного выбора типов покрытий и марки битума. Кроме того, обеспечена устойчивость асфальтобетонных покрытий к высоким температурам воздуха (70 °C).

результаты районирования территории республики на четыре дорожных района на основе метода ведущего фактора по условиям колееобразования на асфальтобетонных покрытиях под воздействием высокой температуры воздуха внедрено в практику в государственном учреждении по регулярному обслуживанию дорог Ташкентской области, подведомственного Комитету автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан (справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 7 октября

2025 года № 02-4425). В результате создана возможность правильного подбора типов асфальтобетона, подходящих для климатических зон с высокими температурами, и их оптимального применения.

разработаны эффективные методы, основанные на совершенствовании состава асфальтобетона с целью уменьшения и предотвращения пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях в условиях высоких температур и внедрены в практику в Государственном учреждении Центральной испытательной лаборатории, подведомственного Комитету автомобильных дорог при Министерстве транспорта Республики Узбекистан (справка Комитета по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта Республики Узбекистан от 7 октября 2025 года № 02-4425). В результате была достигнута повышенная устойчивость асфальтобетонных покрытий к высокой температуре воздуха (70 °С) и увеличена их эксплуатационная надежность.

Апробация результатов исследования. Результаты данного диссертационного исследования были представлены и обсуждены на 6 научных мероприятиях, в том числе на 3 международных и республиканских научных, научно-технических конференциях и семинарах, а также на 3 международных конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из них 6 научных статей в ведущих научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора философии (PhD), 1 из которых индексирована в базе данных "Scopus". Кроме того, получено авторское свидетельство на 1 программу для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

В введении обосновываются актуальность и необходимость исследования, уровень изученности проблемы, ее соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники республики, цели и задачи, объекты и предметы исследования, описаны методы исследования, научная новизна исследования, показаны результаты исследования, научная и практическая значимость, внедрение результатов исследования, связь диссертационного исследования с исследовательскими планами вуза, утверждение результатов исследования, публикация результатов исследования и информация о структуре диссертации.

В первой главе диссертации, озаглавленной "**Современное состояние проблемы, цель и задачи исследования**" проанализированы текущее состояние сети автомобильных дорог Республики Узбекистан, научно-исследовательские работы по изучению пластических деформаций,

возникающих в асфальтобетонных покрытиях, причины возникновения пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях, а также специфические особенности климатических условий Республики Узбекистан.

Официальная информация о текущем состоянии сети автомобильных дорог Республики Узбекистан опубликована на официальном интернет-сайте Комитета автомобильных дорог при Министерстве транспорта. Согласно этим данным, в настоящее время в стране имеются автомобильные дороги общей протяженностью 209469 км. Плотность дорожной сети составляет 47 км на каждые 100 км² территории. Эти дороги подразделяются на категории общего пользования (42695 км), внутрихозяйственные (141882 км) и ведомственные (24745 км) (рис. 1).



Рис. 1. Состояние сети автомобильных дорог Республики Узбекистан

Автомобильные дороги общего пользования включают в себя дороги, входящие в международную систему автомобильных дорог в соответствии с международными договорами Республики Узбекистан. Они представляют собой пути сообщения, соединяющие административные центры областей и районов, города областного подчинения, промышленные и культурные центры, а также обеспечивающие связь этих территорий с транспортными артериями международного значения, аэропортами, железнодорожными станциями, речными портами, а также с соседними странами. Кроме того, дороги этой категории охватывают магистрали, соединяющие районные центры с поселками городского типа, кишлаками, аулами и основными дорогами государственного значения.

Несмотря на то, что научные исследования, направленные на изучение пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях, проводятся в широких масштабах, анализ причин их формирования и механизмов развития в связи с особенностями климатических условий Республики Узбекистан остается актуальной задачей на сегодняшний день. В частности, в условиях высоких температур в результате снижения прочностных свойств асфальтобетонных смесей и увеличения нагрузки от тяжелых транспортных средств возрастает образование пластических деформаций. Поэтому необходимо совершенствовать существующие научно-методические подходы, проводить комплексный анализ процесса формирования пластических деформаций и разрабатывать эффективные

решения по их уменьшению.

Во второй главе диссертации, озаглавленной "**Исследование влияния воздушно-климатических условий на колееобразование в асфальтобетонных покрытиях**" представлены устройства и методы исследования возникновения пластической деформации в асфальтобетонных покрытиях, изучение свойств материалов, составляющих асфальтобетон, в лабораторных условиях, виды асфальтобетонных смесей, приготовленных на основе действующих стандартов, и нормативные требования к ним, исследование влияния колееобразования на образование трещин в асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог, изучение зависимости пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях, от типов асфальтобетона, исследование влияния температуры воздуха на возникновение пластической деформации в асфальтобетонных покрытиях.

Пластические деформации, возникающие в асфальтобетонных покрытиях в условиях высоких температур воздуха, в частности деформации в виде колеи, оказывают существенное влияние на срок службы автомобильных дорог и безопасность движения транспортных средств. Для системного изучения этой проблемы широко применяются современные лабораторные установки — особенно методы анализа нагрузок на покрытие от различных транспортных средств при высоких температурах с помощью устройств, способных воспринимать статические и динамические нагрузки.

С целью оценки процесса колееобразования на асфальтобетонных покрытиях различные типы асфальтобетона были испытаны в лабораторных условиях на установке УК-1. Перед проведением испытаний определялись зерновой состав, плотность, количество вяжущего и показатели прочности асфальтобетонной смеси, и на основе требований ГОСТ 9128 выбирался оптимальный состав. На следующем этапе образцы, изготовленные на основе выбранного состава (рис. 2), испытывались на глубину колеи при высоких температурах (50-70 °С). В процессе испытаний с помощью термокамер установки УК-1 температура поддерживалась стабильной с точностью $\pm 0,5$ °С, что обеспечило точность и достоверность измерений. Проведенные исследования позволили оценить степень устойчивости различных типов асфальтобетона к пластическим деформациям при высоких температурах, определить их свойства теплостойкости и научно обосновать эффективность их практического применения.



а) Перед испытанием



б) После испытания

Рис. 2. Образцы, подготовленные для испытания на колееобразования

В рамках исследования были сопоставлены результаты глубины колеи образцов асфальтобетона типов А, Б и В, изготовленных на основе битумной марки БНД 60/90 с использованием двух видов каменных материалов — доломита и гранита, при температурах 50°C, 60°C и 70°C (рис. 3-5). Образцы асфальтобетона были подготовлены с применением этих двух типов каменных материалов.

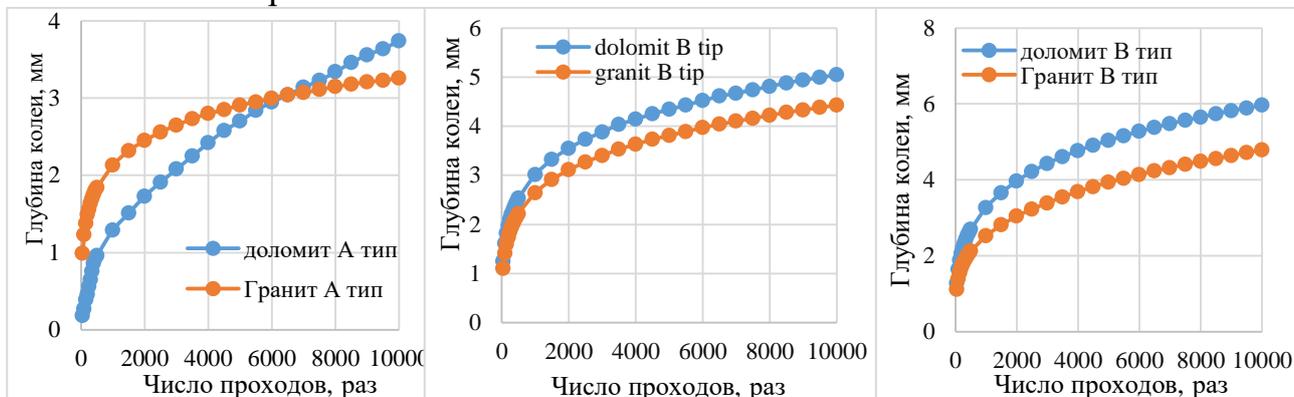


Рис. 3. Сравнение результатов лабораторных испытаний глубины колеи при температуре 50°C для образцов асфальтобетона, изготовленных на доломитовом и гранитном заполнителях:

а) –для типа А, б) –для типа Б, д) –для типа В

Результаты исследования показали, что образцы асфальтобетона, изготовленные из гранитных каменных материалов, обладают более высокой температурной и деформационной стойкостью, чем образцы асфальтобетона, изготовленные из доломитовых каменных материалов во всех сечениях типов А, Б и В.

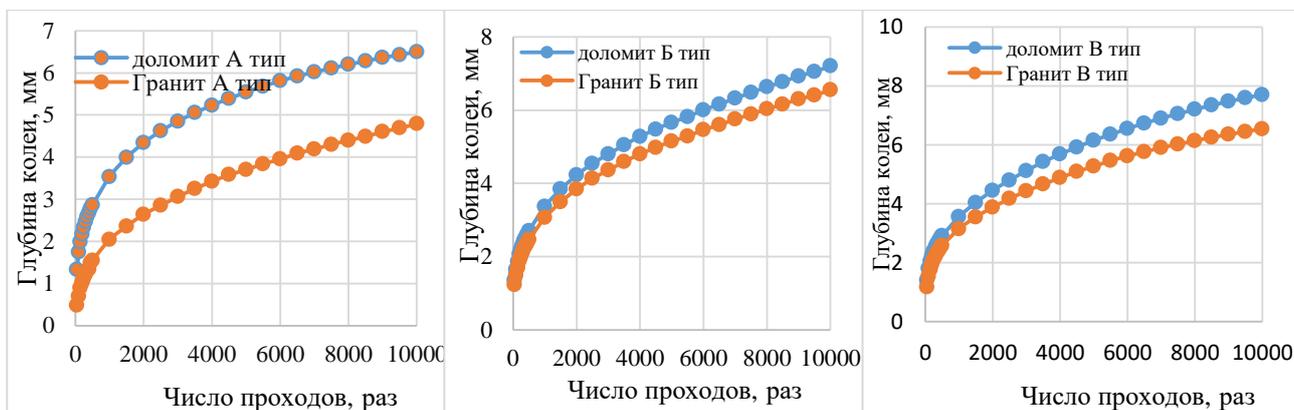


Рис. 4. Сравнение результатов лабораторных испытаний глубины колеи при температуре 60°C для образцов асфальтобетона, изготовленных на доломитовом и гранитном заполнителях:

а) –для типа А, б) –для типа Б, д) –для типа В

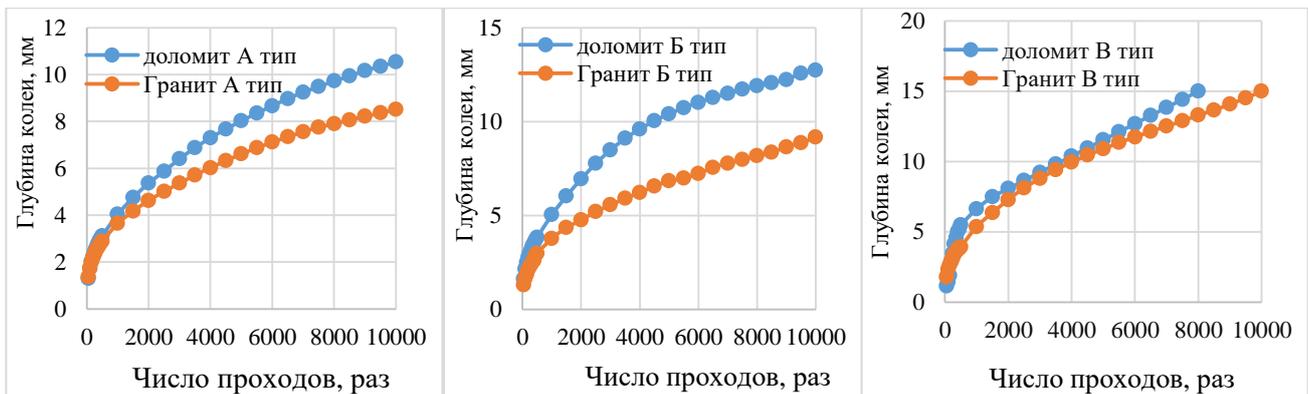
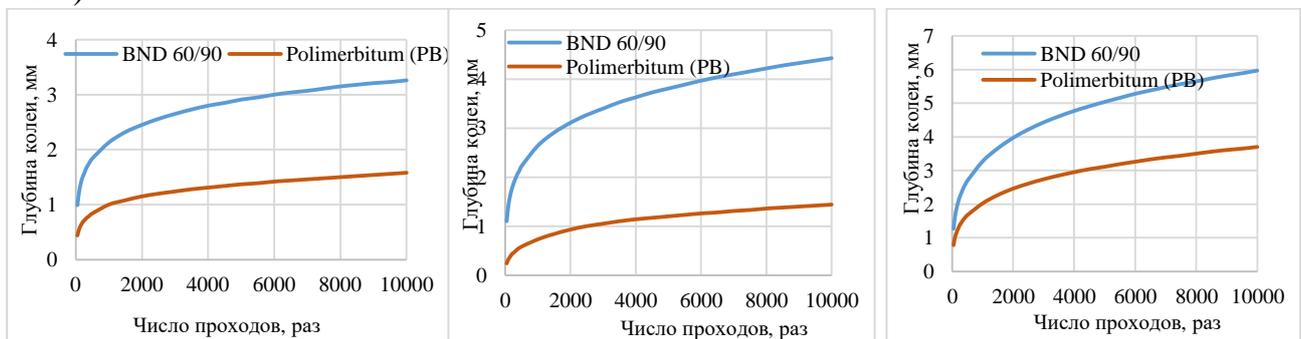


Рис. 5. Сравнение результатов лабораторных испытаний глубины колеи при температуре 70°С для образцов асфальтобетона, изготовленных на доломитовом и гранитном заполнителях:

а) –для типаА, б) –для типа Б, д) –для типа В

В ходе исследования с целью повышения высокотемпературной стойкости пластических деформаций, возникающих под воздействием высоких температур в асфальтобетонных покрытиях, помимо битума БНД 60/90 был получен полимербитум, полученный путем модификации битума на основе полимеров, полученных от низкомолекулярного полиэтилена, а также изготовлены образцы асфальтобетона марок А, Б и В, приготовленные на основе этих битумов. Каждый изготовленный образец асфальтобетона был испытан на колеобразование при температурах 50°С, 60°С и 70°С (рисунки 6-8).



Рисунки 6. Значения глубины колеи при 50 °С для образцов асфальтобетона из БНД 60/90 марок А, Б и В и полимербитума (ПМБ40):

а) –для типаА, б) –для типа Б, д) –для типа В

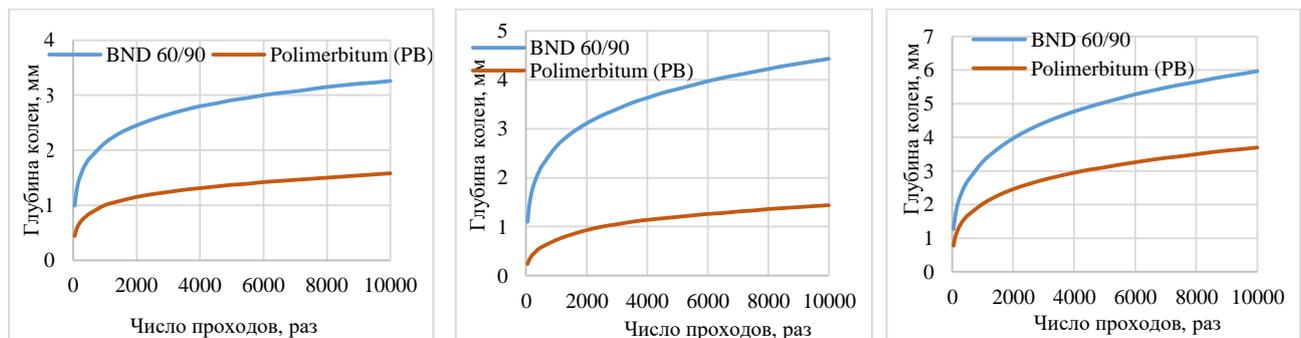


Рис. 7. Значения глубины колеи при 60 °С для образцов асфальтобетона из БНД 60/90 марок А, Б и В и полимербитума (ПМБ40):

а) –для типаА, б) –для типа Б, д) –для типа В

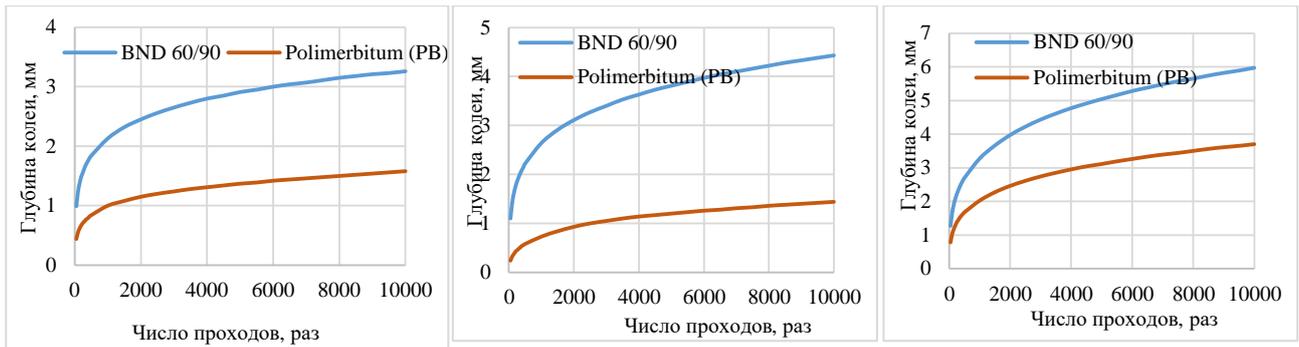


Рис. 8. Значения глубины колеи при 70 °С для образцов асфальтобетона из БНД 60/90 марок А, Б и В и полимербитума (ПМБ40)

Согласно результатам исследования, с повышением температуры от 50°С до 70°С колееобразование увеличивалась для обоих типов битума, однако интенсивность этого увеличения существенно различалась в зависимости от термопластичных свойств вяжущего. Как видно из графиков, глубина деформации была наибольшей у образцов асфальтобетона с использованием битума БНД 60/90, что свидетельствует о высоком уровне чувствительности к высоким температурам. Напротив, образцы с использованием полимерного битума (ПМБ40) показали наименьшие значения деформации при всех температурах, что подтверждает его термостойкость и стойкость к высоким температурам. Эти различия проиллюстрированы на рисунках 21, 22, 23 ниже, где увеличение глубины колеи для типов асфальтобетона А, Б и В зависит от температуры.

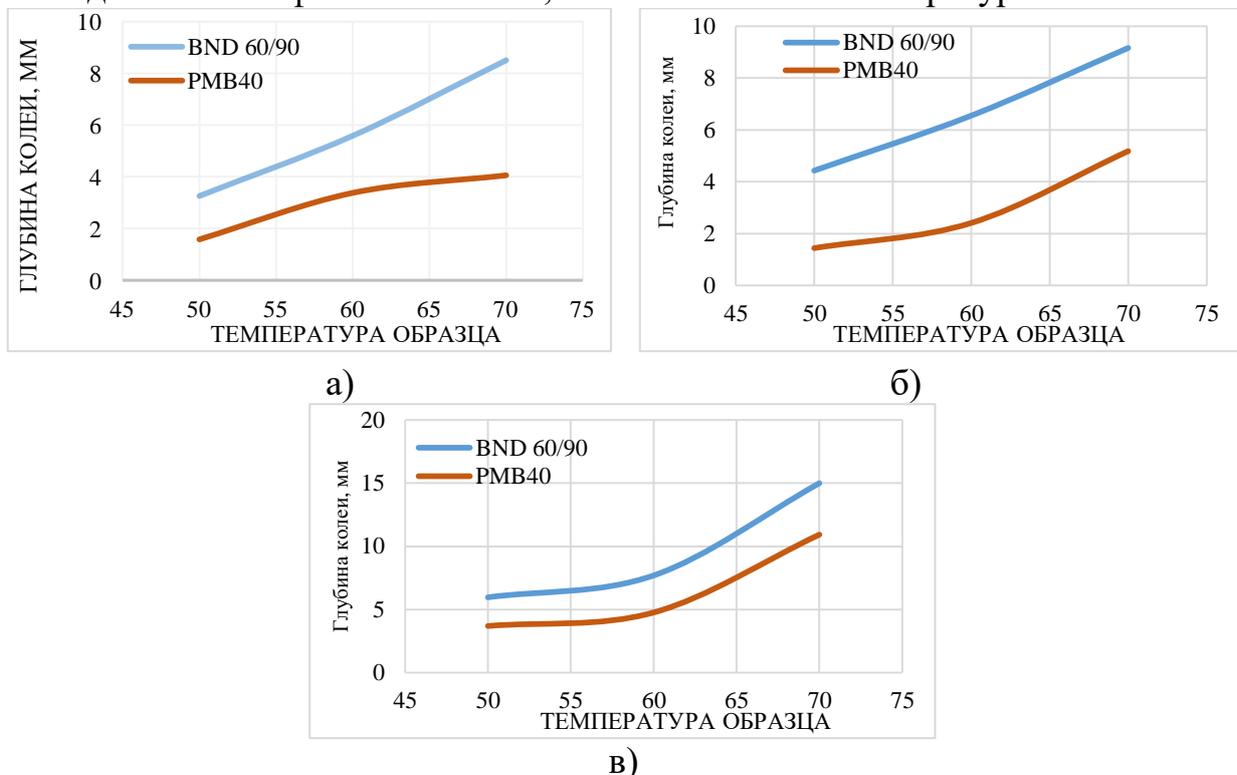


Рис. 9. Результаты, полученные в рамках исследования глубины колеи на образцах асфальтобетона, подверженных воздействию высоких температур, в зависимости от марок битума:

а) – для типа А, б) – для типа Б, в) – для типа В

В ходе исследований особое внимание уделялось физико-механическим свойствам битума, используемого как важному фактору оценки прочностных показателей асфальтобетонных покрытий в условиях повышенных температур. В частности, проведен анализ динамики изменения пластических деформаций с повышением температуры образцов асфальтобетона, изготовленных на основе битума марок БНД 60/90 и модифицированного полимербитума (ПМБ 40) (рис. 10).

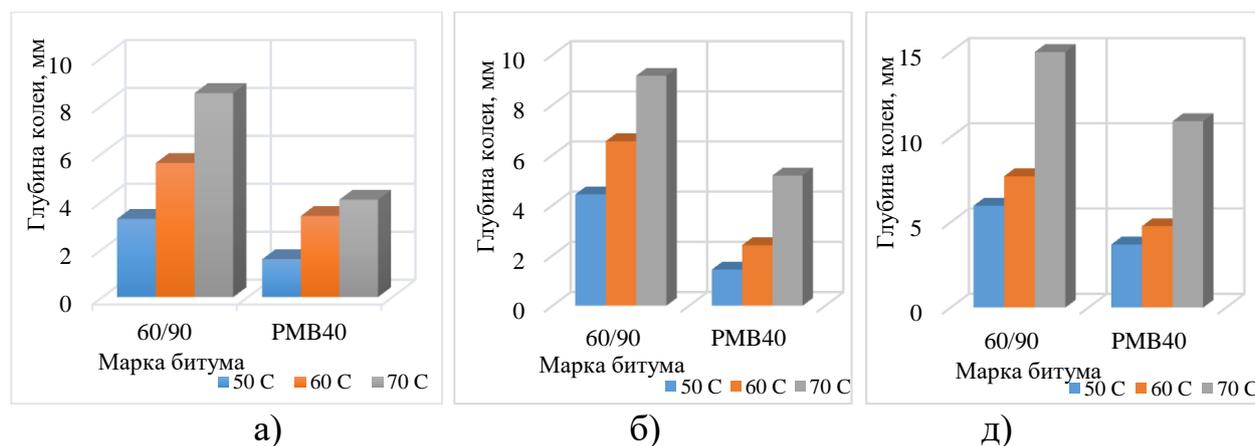


Рис. 10. Общее сравнение глубины колеи под воздействием температуры для всех типов асфальтобетона по марке битума:
а) – для типа А, б) – для типа Б, д) – для типа В

По результатам проведенных исследований установлено, что степень пластической деформации асфальтобетонных покрытий в виде колееобразования в условиях высоких температур напрямую зависит от ряда факторов – в первую очередь от марки битума, видов и минералогического состава применяемых заполнителей, а также типа асфальтобетона.

В третьей главе диссертации под названием «Методы предотвращения пластических деформаций асфальтобетонных покрытий с учетом высоких температур воздуха» представлены дорожное районирование территории Республики Узбекистан по температуре асфальтобетонных покрытий в летний расчетный период, оценка свойств сопротивления асфальтобетона пластическим деформациям в условиях эксплуатации при высоких температурах, районирование территории Республики Узбекистан по условиям колееобразования на асфальтобетонных покрытиях, методы предотвращения пластических деформаций асфальтобетонных покрытий в условиях высоких температур и выводы по третьей главе.

Одним из важнейших факторов, влияющих на эксплуатационные свойства асфальтобетонных покрытий в Республике Узбекистан, является высокая температура воздуха в летний период. В результате значительного превышения температуры верхней поверхности асфальтобетонных покрытий над температурой воздуха в летний период возникают пластические деформации, в частности, колееобразования.

На основе этих данных приведены и графически отображены значения максимальной температуры воздуха и асфальтобетонного покрытия, измеренные в регионах Узбекистана. Как видно из графика, в южных регионах при температуре воздуха около 46 °С температура покрытия достигает 72–73 °С, а в северных и восточных регионах при температуре воздуха 41–44 °С температура покрытия достигает 58–66 °С.

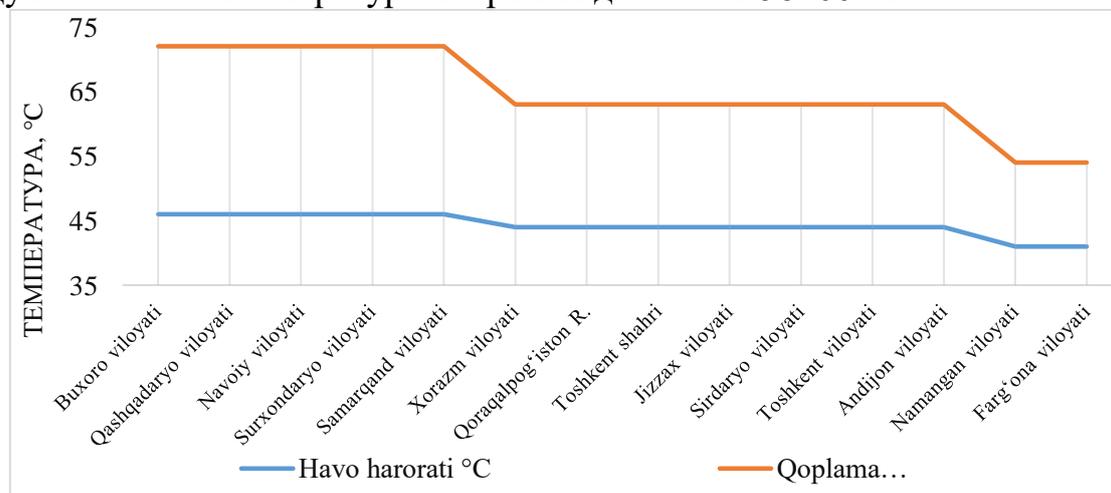


Рис. 11. Максимальные температуры воздуха, наблюдавшиеся в летний период по регионам Республики Узбекистан и самая высокая температура, измеренная на верхней поверхности асфальтобетонного покрытия.

На основании приведенных данных рис. 11, определены закономерности зависимости температуры воздуха от температуры асфальтобетонного покрытия для настоящего расчетного периода (рис. 12).

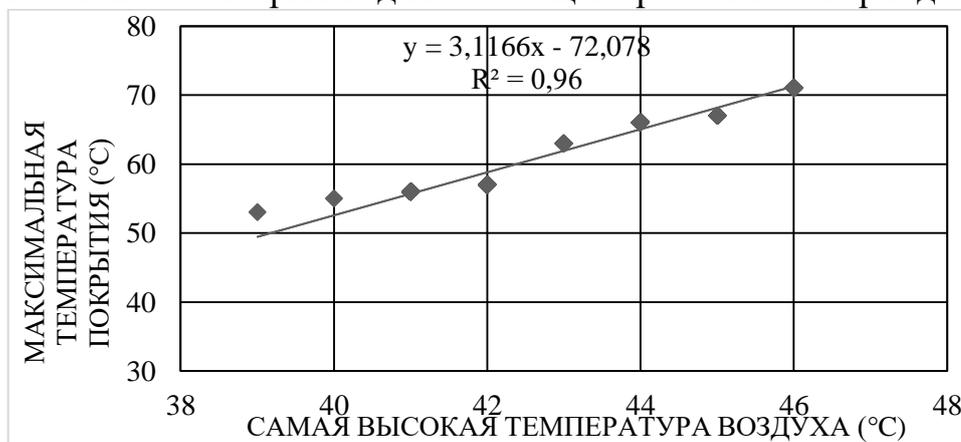


Рисунок 12. Зависимость температуры воздуха от температуры асфальтобетонного покрытия

В ходе исследований была выявлена зависимость между самой высокой температурой воздуха и самой высокой температурой асфальтобетонного покрытия (рис.13). В результате была систематизирована динамика изменения температуры покрытия по регионам, и в результате анализа максимальной температуры асфальтобетонного покрытия на территории Республики Узбекистан регионы были разделены на четыре дорожных районов.

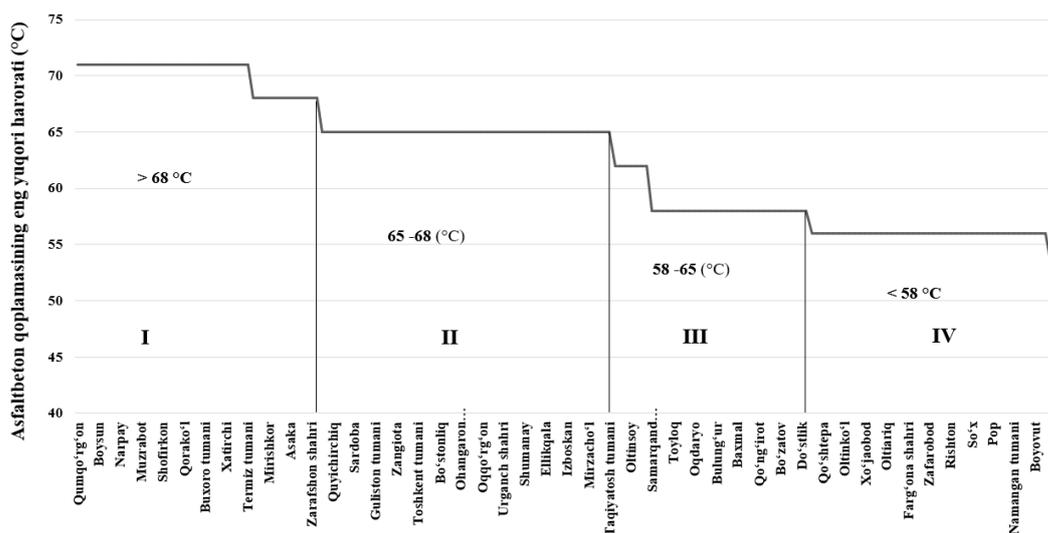


Рис. 13. График распределения границ дорожных районов на территории республики по максимальной температуре асфальтобетонных покрытий.

На основе этого графика разработана карта дорожного районирования по максимальной наблюдаемой температуре асфальтобетонных покрытий на территории республики (рис. 14)

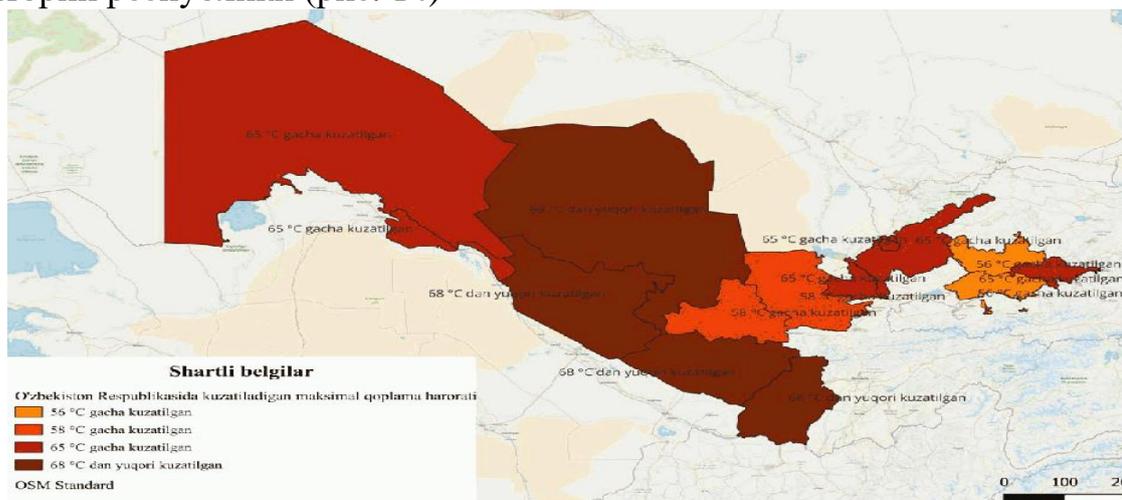


Рисунок 14. Карта районирования дорог республики по повышенной температуре асфальтобетонных покрытий

Как показано на графике, температура воздуха в диапазоне 41-46 °C указывает на повышение асфальтобетонного покрытия до 58-72 °C (Рисунок 28). В результате региональных различий температура покрытия в некоторых районах превысила 70 °C.

Изменение глубины колеи в зависимости от температуры является одним из важных факторов при оценке устойчивости асфальтобетонных покрытий в условиях высоких температур. С повышением температуры битум размягчается, и его склонность к пластическим деформациям усиливается. Битумы различных марок по-разному реагируют на температурное воздействие. В частности, если обычные битумы (БНД 60/90) демонстрируют значительные деформации при высоких температурах, то

полимерно-модифицированный битум проявляет относительно стабильное деформационное поведение.

В ходе исследований была определена глубина колееобразования в образцах асфальтобетона, изготовленных из различных видов битума, при температурах 50°C, 60°C и 70°C, что сравнивается на рисунках 31-36 ниже.

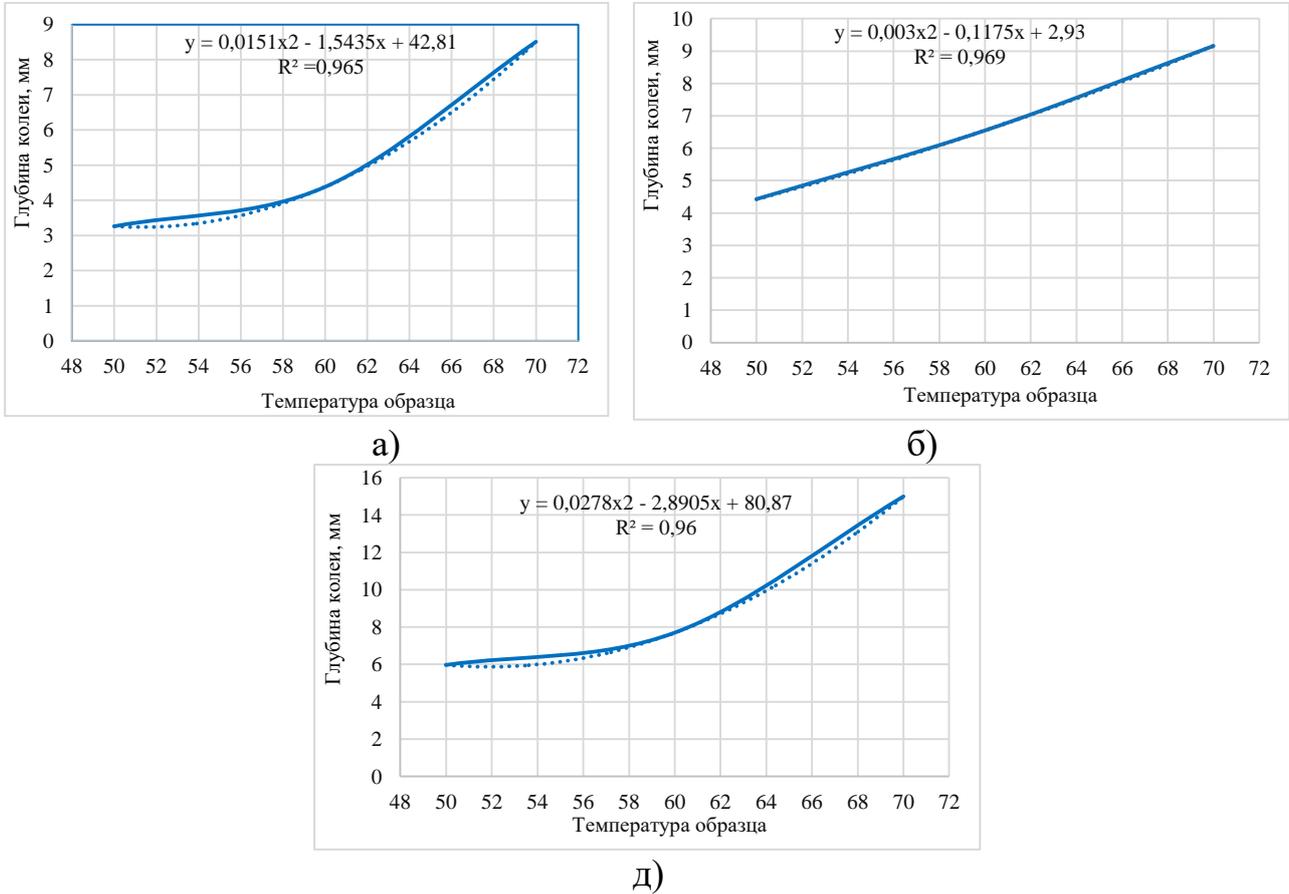
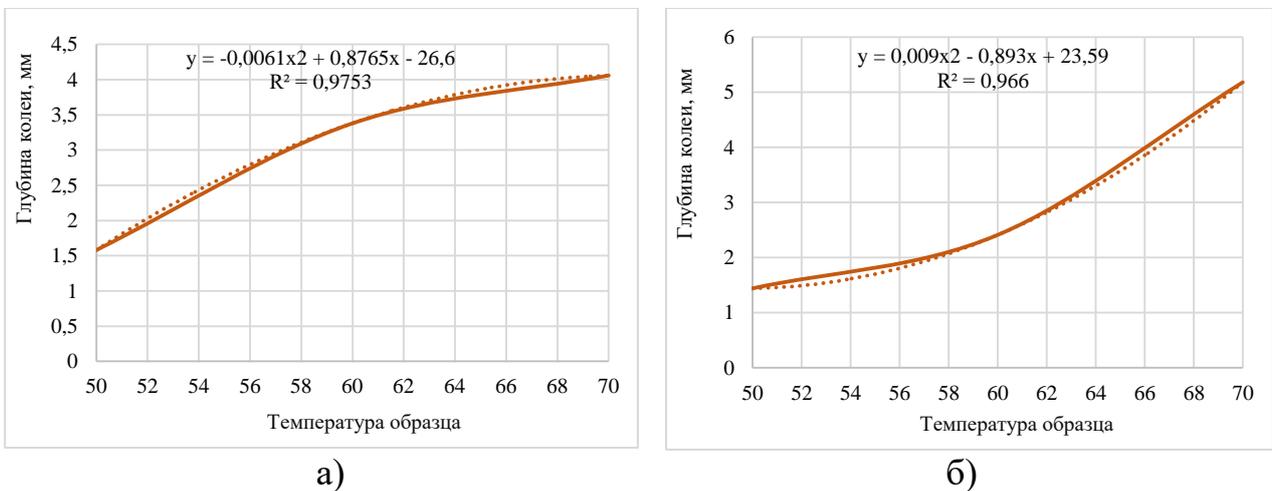
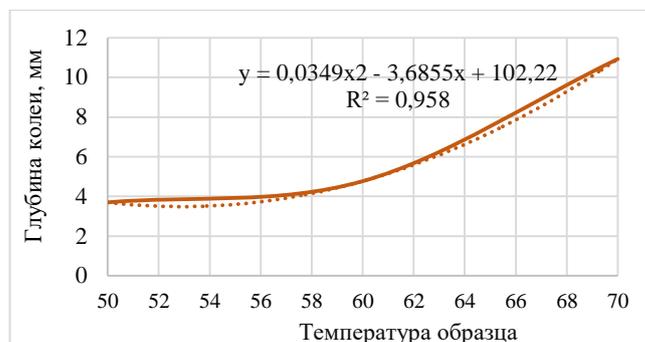


Рис. 15. Изменения глубины колеи, возникающие при повышении температуры образцов асфальтобетона типов А, Б и В, изготовленных с использованием битума марки БНД 60/90:
а) – для типа А, б) – для типа Б, д) – для типа В





д)

Рис. 16. Изменения глубины колеи, возникающие при повышении температуры образцов асфальтобетона типов А, Б и В, изготовленных с использованием полимербитума.

Как видно из графиков, с повышением температуры глубина колеи, образующаяся в образцах асфальтобетона, быстро увеличивается, однако можно заметить, что в асфальтобетонах с применением полимербитума этот показатель демонстрирует лучшие результаты по сравнению с обычными битумами.

На основе проведенных исследований установлено, что модификация связующих материалов, добавляемых в состав асфальтобетона, с помощью различных полимерных модификаторов повышает устойчивость к пластическим деформациям, возникающим в условиях высоких температур. Основные способы повышения сопротивления асфальтобетонного покрытия пластическим деформациям в результате воздействия высоких температур представлены на рис. 17.



Рис. 17. Способы предотвращения пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях

Применяя методы, представленные на рисунке 17, предотвращено пластические деформации, возникающие в асфальтобетонных покрытиях в условиях высоких температур и повышена их эксплуатационную стабильность. Правильное проектирование конструкции, оптимальный выбор толщины слоя и учет климатических условий обеспечивают деформационную устойчивость покрытия. Совершенствование и модификация материалов повышают термостойкость битумных и каменных материалов, улучшая прочность и эластичность покрытия. Правильное применение технологических и эксплуатационных методов обеспечивает качество покрытия, уменьшает колееобразование и продлевает срок службы.

В четвертой главе диссертации под названием **"Разработка рекомендаций по предотвращению пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях, и оценка их экономической эффективности"** представлены следующие результаты: разработаны рекомендации по применению типов асфальтобетона на основе карты районирования территории республики по условиям колееобразования в асфальтобетонных покрытиях, разработаны рекомендации по предотвращению колееобразования, возникающих в асфальтобетонных покрытиях в условиях высоких температур, определена экономическая эффективность разработанных рекомендаций. Также приведены выводы по четвертой главе и общие выводы.

В процессе исследования образцы асфальтобетона типа А, Б и В многократно испытывались в условиях высоких температур (50°C, 60°C и 70°C), определялись закономерности изменения их устойчивости к деформации при высоких температурах и глубины колеи. Полученные результаты были проанализированы в сравнении с действующими требованиями ГОСТ 9128, и на научной основе были установлены нормативные и предельные значения глубины колеи для битумной марки БНД 60/90 (Таблица 1). Эти результаты имеют важное научно-практическое значение для оценки термостойкости асфальтобетонных покрытий в условиях высоких температур воздуха, повышения их эксплуатационной надежности и обеспечения деформационной устойчивости.

Таблица 1

Нормы глубины колеи для марки битума БНД 60/90 согласно действующему ГОСТ 9128

Марка битума		Нормы глубины колеи для асфальтобетонных типов, мм		
		А	В	V
BND 60/90	Норма	< 4	4.1-6.0	6.1-8.0
	Предел	< 6	< 10	< 12

В настоящее время при изучении причин возникновения пластических деформаций в асфальтобетонном покрытии недостаточно ограничиваться высокой температурой региона и температурой покрытия — для каждого региона необходимо разработать рекомендации по предотвращению

пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях, с учетом состава слоя, типа битума, минералогического состава каменных материалов, использования прочных каменных материалов, применения сланцевых минеральных порошков в качестве мелких заполнителей и точного определения степени уплотнения.

Таблица 2.

Направление	Материалы	Характеристика	Практические результаты и эффективность (%)
Правильный выбор вяжущих материалов	Применение полимерного битума (ПМБ40)	Повышает термостойкость битума, значительно уменьшает глубину колеи	Уменьшает глубину колеи до 30-40% (по результатам эксперимента)
	Применение полимерсернистых битумов	Повышает термостойкость битума, значительно уменьшает глубину колеи	Уменьшает глубину колеи до 40-50% (по результатам эксперимента)
	Применение битума БНД 50/70	Более стабильный, чем BND 60/90, в регионах с высокой температурой	Глубина колеи улучшается на 12-15% (на основе практических проектов)
Правильный выбор каменных материалов	Использование гранитных каменных материалов	Обладает более высокой прочностью и термостойкостью по сравнению с доломитом	Уменьшает глубину колеи на 11-13% (лабораторные данные)
Правильный выбор асфальтовых вяжущих	Использование сланцевых минеральных порошков в качестве мелких заполнителей	Минеральный порошок сланца повышает вязкость битума и устойчивость асфальтобетона к высоким температурам.	Глубина колеи уменьшается на 8-12%; срок службы увеличивается на 10-15%; водостойкость улучшается на 5-7%

При использовании методов предотвращения пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях, рекомендуется следующее:

1. Использование полимербитумов повышает термостойкость асфальтобетонного покрытия и уменьшает глубину колеи на 30-40%;
2. Использовании полимерсернистых битумов еще больше повышает термостойкость асфальтобетона, а глубина колеи уменьшает на 40-50%;
3. Применение битума БНД 50/70 в районах с невысокой температурой снижает глубину колеи на 12-15% по сравнению с БНД 60/90;
4. Использование гранитных каменных материалов улучшает тепловые и прочностные свойства покрытия, снижая глубину колеи на 11-13%;
5. Использование сланцевых минеральных порошков повышает вязкость битума, в результате чего глубина колеи уменьшается на 8-12%, срок службы увеличивается на 10-15%, а водостойкость улучшается на 5-7%.

Практическое применение этих рекомендаций повышает устойчивость асфальтобетонных покрытий в условиях высоких температур и значительно снижает пластические деформации.

Применение этих методов на практике позволяет достичь высокой экономической эффективности за счет увеличения срока службы асфальтобетонных покрытий, повышения их эксплуатационной надежности

и устойчивости. В результате усовершенствованных составов материалов и технологических решений повышается межремонтные сроки, срок службы конструкции покрытия увеличивается в 2 раза, что значительно сокращает капитальные затраты на дорожную инфраструктуру. В результате улучшаются долгосрочные эксплуатационные показатели асфальтобетонных покрытий, снижается эксплуатационная стоимость дороги и комплексно повышается показатель общей экономической эффективности.

Экономическая эффективность рассчитывается исходя из затрат за период эксплуатации асфальтобетонных покрытий и определяется по следующей формуле:

$$V_t = C_{\text{ст}}^{\text{тек}} - C_{\text{нов}}^{\text{тек}}$$

Здесь V_t — это уменьшение эксплуатационных расходов в t -м году при применении нового покрытия или за счет увеличения срока службы асфальтобетонного покрытия путем модификации битумного вяжущего материала. В результате уменьшается количество ремонтов и сокращаются эксплуатационные расходы. Например, если в прежних условиях покрытие ремонтировалось каждые 2 года при необходимости ремонта, но при использовании модифицированного полимерного битума этот срок увеличивается до 4 лет, то:

$$V_t = C_{\text{ст}}^{\text{тек}} - C_{\text{нов}}^{\text{тек}} = 3091647853 - 1324991937 = 1\,766\,655\,916 \text{ со'м.}$$

$C_{\text{ст}}^{\text{тек}}$ — затраты на ремонт в прежнем состоянии каждые 2 года,

$C_{\text{нов}}^{\text{тек}}$ — расходы в новом состоянии на продленный срок.

Здесь V_t — прибыль в t -м году — представляет собой разницу между этими двумя показателями.

В настоящее время стоимость текущего ремонта 1 км участка дороги составляет $C_{\text{текущий ремонт}} = 441\,663\,979$ сум/км.

В прежнем состоянии: один ремонт каждые 2 года → примерно 7 раз $(15/2 \approx 7) = 3\,091\,647\,853$ сум.

Согласно новой рекомендации: ремонт каждые 4 года → 3 раза $(15/4 \approx 3) = 1\,324\,991\,937$ сумов.

Планируемые расходы на текущий ремонт C_t составляют 441 663 979 сумов.

Расчетные показатели, что экономическая эффективность за счет снижения эксплуатационных расходов в результате увеличения межремонтного срока покрытия на автомобильной дороге категории I^b составляет 1766655916 сумов на 1 км участка дороги в течение одного года.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных лабораторных исследований установлено, что устойчивость асфальтобетонных покрытий к колееобразованию зависит от минералогического состава каменного материала в асфальтобетоне, в частности, прочность асфальтобетона на основе гранитного камня выше на 20-22% по сравнению с прочностью асфальтобетона на основе доломита;

2. По результатам лабораторных исследований установлено, что глубина колеи, образовавшаяся при высокой температуре покрытия в образцах асфальтобетона, изготовленных на основе гранитного каменного материала, при температуре покрытия 50 °С на 11-13% меньше, при 60 °С на 18-20% меньше, при 70 °С на 24-26% меньше, чем в образцах, изготовленных на основе доломитового каменного материала;

3. По результатам исследований установлено, что при использовании РМВ40 глубина колеи уменьшается на 30-45% по сравнению с битумом БНД 60/90;

4. На основании результатов исследований установлено, что предельно допустимые нормы глубины колеи и срок превышения этих предельных норм составляют 2-3 года для асфальтобетонных покрытий с использованием битума БНД 60/90 и 4-6 лет для асфальтобетонов на основе полимер-битума марки ПМБ 40, а межремонтный срок для асфальтобетонов на основе полимер-битума ПМБ 40 в 2 раза выше, чем для асфальтобетонов на основе битума БНД 60/90;

5. В результате исследований установлена закономерность взаимосвязи между температурой воздуха и температурой асфальтобетонного покрытия. При этом было подтверждено, что при температуре воздуха 41°С температура покрытия повышается до 54°С ($\delta=+13^{\circ}\text{C}$), при 44°С до 63°С ($\delta=+19^{\circ}\text{C}$), а при 46°С до 72°С ($\delta=+26^{\circ}\text{C}$), а также подтверждено, что каждое повышение температуры воздуха на 1°С приводит к повышению температуры покрытия в среднем на 3,5-4,0°С. Установлено, что в летний расчетный период зависимость температуры асфальтобетонного покрытия от температуры воздуха выражается формулой $t_{\text{пок}} = 3,1166 t_{\text{возд}} - 72,078$, а коэффициент детерминации составляет $r^2 = 0,96$.

6. Используя программу QGIS по условиям колееобразования на асфальтобетонных покрытиях под воздействием высокой температуры воздуха, территория республики была районирована, и на основе этой карты районирования были разработаны практически рекомендации по применению существующих типов асфальтобетона;

7. По результатам лабораторных исследований установлено, что при температуре покрытия 50-70 °С размеры колеи в асфальтобетоне типа А на основе битума БНД 60/90 составляют 3,26-8,51 мм, в типе В — 4,43-9,16 мм, в типе С — значение более 5,97-15,00 мм, а также в асфальтобетоне типа А на основе полимер-битума ПМБ 40 — 1,58-4,06 мм, в типе В — 1,44-5,18 мм, в типе С — значение 5,07-12,15 мм, и что применение модифицированного полимер-битума ПМБ 40 в асфальтобетонных покрытиях типов А, В и С

приводит к уменьшению деформации колеи при высокой температуре воздуха 70 °С на 52,2% в типе А, на 43,4% в типе В, на 19% в типе С;

8. Разработаны методы предотвращения пластических деформаций, возникающих в асфальтобетонных покрытиях в условиях высоких температур;

9. За счет практического применения разработанных мероприятий достигнута экономическая эффективность в размере 1 766 655 916 сумов на 1 км участка автомобильной дороги Іб-категории общего пользования.

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

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

NARMANOV AKBAR QUZIBOYEVICH

**METHODS FOR PREVENTING PLASTIC DEFORMATIONS
OCCURRING IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS 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 Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2025.2.PhD/T5763

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.ziyo.net.

Scientific consultant:

Urokov Aslidin Xushvaktovich

doctor of technical sciences (DSc), professor

Official opponents:

Kasimov Ibrohim Irkinovich

doctor of technical sciences, Professor

Amirov Tursoat Jummayevich

doctor of philosophy (PhD), docent

Leading organization:

Namangan state technical university

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. Adylkhodzhaeva, 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. Adylkhodzhaeva, 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.)

I.S.Sadikov

Deputy chairman of the Scientific council
awarding scientific degrees, doctor of
technical sciences, professor

R.M. Xudoykhulov

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

I.S. Sadikov

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

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

The aim of the research is to study the formation of ruts on asphalt concrete pavements, taking into account the extreme weather and climatic conditions of the Republic, and to develop recommendations for their prevention.

Research objectives:

analysis of the causes of plastic deformations in asphalt concrete pavements and a review of conducted research work on this problem;

laboratory investigation of the dependence of rutting in asphalt concrete pavements under high air temperatures on the types of asphalt concrete, mineralogical composition of stone materials in its composition, as well as on the type of asphalt binders;

determination of normative indicators for the depth of ruts formed under the influence of high air temperature, based on the types of asphalt concrete;

study of the influence of air temperature on the temperature of asphalt concrete pavement during the summer design period;

road zoning of the territory of the Republic of Uzbekistan according to the conditions for the occurrence of rutting deformation on asphalt concrete pavements;

development of methods for preventing plastic deformations occurring in asphalt concrete pavements under high temperature conditions.

The object of study is the existing network of public roads with asphalt concrete pavement.

The scientific novelty of the research is as follows:

- it has been established that at high temperatures of air and pavement (60 °C and 70 °C), the depth of rutting formed in asphalt concrete pavement made with high-strength granite aggregate is minimal and does not exceed the regulatory limit;

- a 30-45% reduction in the depth of rutting deformation in asphalt concrete layers has been achieved by using polymer-modified bitumen, which also doubles the service life of the pavement between repairs;

- regulatory indicators for rut depth have been determined for various types of asphalt concrete pavements, taking into account the climatic conditions of the Republic of Uzbekistan;

- a correlation between asphalt concrete pavement temperature and air temperature during summer calculation periods has been established, revealing that a 1°C increase in air temperature leads to a 3.5-4.0°C increase in pavement temperature;

- the territory of the republic has been zoned into four road districts based on the leading factor method, considering rutting conditions on asphalt concrete pavements under the influence of high air temperature;

- effective methods have been developed to reduce and prevent plastic deformations occurring in asphalt concrete pavements under high temperature conditions by improving the composition of asphalt concrete.

The practical results of the study are as follows:

the depth of rutting has been shown to decrease by 11-13% at a pavement temperature of 50°C, by 18-20% at 60°C, and by 24-26% at 70°C as a result of practical application of asphalt concrete pavements based on granite aggregate in regions of the republic with high air temperatures;

it has been demonstrated that the use of modified PMB-40 polymer bitumen in road construction reduces rutting depth by 30-45% compared to BND 60/90 bitumen;

it has been established that in practice, the time to exceed the maximum permissible rutting depth is 2-3 years for asphalt concrete pavements using BND 60/90 bitumen, 4-6 years for asphalt concrete based on PMB 40 polymer bitumen, and the maintenance-free period for asphalt concrete based on PMB 40 polymer bitumen is 2 times longer than for asphalt concrete based on BND 60/90 bitumen;

it has been proven that the practical application of modified PMB40 polymer bitumen in types A, B, and V asphalt concrete pavements reduces rutting by 52.2% in type A, 43.4% in type B, and 19% in type V at high air temperatures of 70°C.

Scientific and practical significance of the research results.

The scientific significance of the research results lies in the systematic study of plastic deformation processes occurring in asphalt concrete pavements under the influence of high air temperatures, using various grades of bitumen and types of asphalt concrete as examples, and determining their resistance to rutting at high temperatures. Thus, the dependence of the rutting process on air temperature has been scientifically substantiated.

The practical significance of the research results lies in the development of specific recommendations based on the research findings for selecting highly efficient types of asphalt concrete for various regions, establishing repair intervals, and increasing economic efficiency, as well as providing guidelines for their application in road construction.

Approbation of research results. The results of this dissertation research were presented and discussed at 6 scientific events, including 3 international and national scientific and technical conferences and seminars, as well as 3 international conferences.

Publication of research results. A total of 15 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, including 6 scientific articles in leading academic journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publishing the main results of dissertations for the degree of Doctor of Philosophy (PhD), one of which is indexed in the Scopus database. Additionally, a copyright certificate has been obtained for 1 computer program.

Structure 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 120 pages.

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

I bo'lim (I часть; I-part)

1. A.X.Urokov, A.T.Yuldashev, A.Q. Narmanov. Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarini yuzaga keltiruvchi omillar tahlili // Samarqand Davlat Arxitektura-qurilish universiteti "Me'morchilik va qurilish muammolari" jurnali 2022-yil. № 2 son. 17-10 b. (05.00.00, №14).

2. A.X.Urokov, A.T.Yuldashev, A.Q. Narmanov. Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarining og'ir transport vositalari ta'sirida yuzaga kelishi sabablari. // Samarqand Davlat Arxitektura-qurilish universiteti "Me'morchilik va qurilish muammolari" jurnali 2023-yil. № 4 son, 186-189 b. (05.00.00, №14).

3. A.X.Urokov, A.T.Yuldashev, A.Q. Narmanov. Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarini yuzaga keltiruvchi omillar va ularning oqibatlari. // Science and innovation international scientific journal volume 7 issue 2023 ISSN: 2181-3337 scientists.uz, 11-17 page.

4. A.T.Yuldashev, A.Q. Narmanov, M.T. Mamatkulov. Influence of high temperatures on rutting in asphalt concrete pavements // European journal of life safety and stability (EJLSS). Special Issue, 2022, 314-318 page. (№23. SJIF IF= 7,824)

5. A.X.Urokov, A.Q. Narmanov, M.T.Mamatkulov. Forecasting the process of crack formation on the surface of asphalt concrete pavements as a result of wheel track deformation. // The scientific journal vehicles and roads, 2025 yil, №4 son 70-74 bb. ("Uzbekistan Research online", №40);

II bo'lim (II-часть; II-part)

6. A.T.Yuldashev, A.Q. Narmanov. Wheel track deformations in asphalt concrete pavements // International Journal of Innovative Analyses and Emerging Technology. Issue 1 2023-yil. 1-4 b.;

7. A.Q. Narmanov, M.T.Mamatkulov. Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarining paydo bo'lish sabablari // Scientific progress The 21st century skills for professional activity. Uzbekistan mat 15, 2021, 163-165 b.

8. Mamatkulov M.T., Narmanov A.Q., Soataliyev R.R., Some issues of forecasting deformation and destruction on highways /"Transportda resurs tejamkor texnologiyalar" mavzusidagi xorijiy olimlar ishtirokidagi respublika ilmiy – texnika anjumani ilmiy ishlanmalari (2021 yil 18-19 dekabr). /Mualliflar jamoasi: t.f.d., professor S.S.Shaumarov tahriri ostida. – Toshkent: "TDTU", 2021 –569 b.

9. A.T.Yuldashev. Asfaltbeton qoplamali avtomobil yo'llaridagi deformatsiyalarning yuzaga kelishiga ta'sir qiluvchi omillar // Transport sohasidagi xalqaro mutaxassislarni tayyorlash. 2022-yil. 184-187 b.;

10. A.X.Urokov, Q.X.Ergashev, A.Q. Narmanov. Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarining hosil bo'lishiga og'ir transport vositalaridan tushadigan kuchlarning ta'siri // Transport sohasidagi xalqaro mutaxassislarni tayyorlash. 2022-yil. 620-625 b.;

11. A.X.Urokov, A.T.Yuldashev, A.Q. Narmanov. Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarining turlari va yuzaga kelishi. // Transportda resurs tejamkor texnologiyalar, 2022-yil. 494-497-b.;

12. A.X.Urokov, A.Q. Narmanov. Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarining yuzaga kelishida transport vositalarining ta'siri. // Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishida innovatsion va energiyatejamkor texnologiyalarni qo'llashning ilmiy asoslari. 2023-yil. 326-328 b.;

13. A.X.Urokov, A.Q. Narmanov, M.T.Mamatkulov. Влияние температуры воздуха на колееобразование в асфальтобетонных покрытиях. // Научные исследования. 2024. 74-78 b.;

14. A.X.Urokov, A.T.Yuldashev, A.Q. Narmanov. Evaluation of the resistance of asphalt concrete pavements to plastic deformation under high-temperature conditions. // Научный журнал транспортных средств и дорог Issue, 2025.

15. M.T.Mamatkulov, A.Q. Narmanov, A.M.Axrarov. Some issues of assessing friction coefficient on highways // ICPPMS2021, 1-7 page. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/371842674>. (№1, Web of science)

16. M.T.Mamatkulov, A.Q. Narmanov, M.A.Malikov. Asfaltbeton qoplamalaridagi g'ildirak izi deformatsiyalarining yuzaga kelishiga yuqori havо haroratining ta'sirini aniqlash. // O'zbekiston Respublikasi Adliya Vazirligi № DGU 52182. 09.06.2025 yil.

Avtoreferat TDTrU tahririyat-nashriyot bo'limida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.



Nusxa ko'paytiruvchi: YaTT «**Ризаев М.Х.**».
Bosishga ruxsat etildi: 03.12.2025y.
Bichimi: 21x30¹/₂. Adadi:60 nusxa.
Toshkent, Farovon 4-tor ko'cha, 35.
Tel: (+998) 97 737 23 01