

**SAMARQAND DAVLAT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD 26/26.01.2023.T.109.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT
ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI**

AZIMOVA SHAXLO NIZOMOVNA

**KOMPOZIT GRUNTLAR TARKIBINI ULARNING MEXANIK
KO‘RSATGICHLARIGA TA’SIRI**

**05.09.02 - Asoslar, poydevor va yer osti inshootlari. Ko‘priklar va transport
tonnellari. Yo‘llar, metropolitenlar**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
ilmiy daraja olish uchun dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Samarqand 2025

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

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

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

Azimova Shaxlo Nizomovna

Kompozit gruntlar tarkibini ularning mexanik ko'rsatgichlariga ta'siri.....5

Азимова Шахло Низомовна

Влияние состава композитных грунтов на их механические показатели.....26

Azimova Shakhlo Nizomovna

The influence of the composition of composite soils on their mechanical properties
.....49

E'lon qilingan ishlar ro'uxati

Список опубликованных работ

List of published
works.....50

SAMARQAND DAVLAT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI
HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
PhD 26/26.01.2023.T.109.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI SAMARQAND DAVLAT ARXITEKTURA-
QURILISH UNIVERSITETI**

AZIMOVA SHAXLO NIZOMOVNA

**KOMPOZIT GRUNTLAR TARKIBINI ULARNING MEXANIK
KO‘RSATGICHLARIGA TA’SIRI**

**05.09.02 - Asoslar, poydevor va yer osti inshootlari. Ko‘priklar va transport tonnellari.
Yo‘llar, metropolitenlar**

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD)
ilmiy daraja olish uchun dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Samarqand 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun dissertatsiya mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2025.1.PhD/T5478 raqam bilan ro'yxatga olingan

Dissertatsiya Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (rus, o'zbek, ingliz (rezyume)), ilmiy kengash veb-sahifasida (www.samdaqu.edu.uz) va Ziyonet axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar: **Sirojiddinov Zayniddin Sirojiddinovich**
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar: **Sultanov Karim Sultanovich**
fizika-matematika fanlari doktori, professor

Madatov Abdurahim Madatovich
texnika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot: **“O‘ZOG‘IRSANOATLOYIHA” AJ**

Dissertatsiya himoyasi Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti huzuridagi PhD.26/30.12.2019.T.11.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025 yil «_____» _____ soat _____da Kichik faollar zalida bo'lib o'tadi (manzil: 140147, Samarqand sh. Lolazor ko'chasi 70. Tel. (0366) 237-19-53; Faks: (0366) 237-26-30; e-mail samdaqu@edu.uz, samdaquarm@samdaqi.edu.uz).

Dissertatsiya bilan Mirzo Ulug'bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№__ raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 140147, Samarqand sh. Lolazor ko'chasi, 70. Tel. (0366) 237-19-53; Faks: (0366) 237-26-30; e-mail samdaqu@edu.uz, samdaquarm@samdaqi.edu.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2025 yil «_____» kuni tarqatildi.

(2025 yil «__» _____ №__ raqami reyestr bayonnomasi).

V.F. Usmanov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi v.v.b., t.f.d., professor

D.T. Inoyatov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash ilmiy kotibi, t.f.b.f.d., (PhD)

E.S. Tulakov

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

Kirish (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahonda texnika va qurilish sohasidagi ilmiy yutuqlarni amaliyotga tatbiq etish, qurilish samaradorligi va sifati oshirish hamda xarajatlarni kamaytirish maqsadida zamonaviy texnologiyalar va mahalliy xom ashyo asosida kompozit materiallardan foydalanish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda rivojlangan mamlakatlarda, yer osti asoslarining uzoq muddatli barqarorligini ta'minlash, kompozit gruntlar tarkibini ilmiy asoslash va ularning fizik-mexanik ko'rsatkichlarini aniqlash dolzarb vazifa bo'lib qolmoqda. Bu borada, jumladan AQSh, Yevropa va Rossiyada poydevorlarning notekis cho'kishini kamaytirish va mustahkamligini oshirish uchun iqtisodiy tejamkor sanoat chiqindilari va mineral qo'shimchalardan keng foydalanilmoqda. Ko'p hollarda tabiiy gruntlarning tarkibi qurilish talablariga to'liq javob bermagani sababli, qumli va gilli gruntlar turli nisbatlarda o'zaro aralashtirilib, "kompozit gruntlar"dan foydalanishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda olib borilayotgan ilmiy izlanishlar mazkur kompozit gruntlarning namlik, iqlim va uzoq muddatli ekspluatatsiyadagi barqarorligini chuqur o'rganish, normativ ko'rsatkichlar va hisoblash usullarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda jumladan, ayniqsa qurilishni rejalashtirish va texnik-iqtisodiy asoslash bosqichlarida tabiiy struktura va namlikka ega gruntlarning fizik ko'rsatkichlariga tayanib, mustahkamlik va deformatsiya ko'rsatkichlarini statistik jadvallar asosida aniqlash bo'yicha tadqiqotlar ustuvor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, mavjud me'yoriy hujjatlarda bunday jadvallardan I–II sinf binolar qurilish jarayonini asoslashda, III–IV sinf binolar uchun esa qo'shimcha murakkab geologiya ishlarisiz loyihalashda foydalanish imkoniyati nazarda tutiladi va bu dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizda ham mazkur muammolarni hal etish maqsadida keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlariga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ayniqsa, mahalliy tabiiy xom ashyo asosida tayyorlanadigan qumli va gilli kompozit gruntlar tarkibini mustahkamlik, deformatsiya va suv o'tkazmaslik nuqtai nazaridan optimallashtirish dolzarb masala hisoblanadi. Bugungi kunda yurtimizda kompozit gruntlardan avtomobil va temir yo'llari, gidrotexnik inshootlar, sanoat va fuqarolik qurilishi, muhandislik kommunikatsiyalari sohalarida poydevor atroflarini, pol osti qismlarini to'ldirish, sun'iy asos yaratish, yer sathini tekislash hamda tirgovuch devorlar ortidagi bo'shliqlarni to'ldirishda keng foydalanilmoqda. Shu bois, ularning optimal tarkibini va fizik-mexanik ko'rsatkichlarini aniqlash qurilish amaliyotida muhim vazifa sanaladi. Bu vazifalarni samarali bajarish uchun innovatsion tadqiqot usullarini joriy etish, mahalliy xom ashyoni chuqur qayta ishlash va normativ hujjatlarni xalqaro standartlarga moslashtirish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O'zbekiston Respublikasida bino va inshootlar qurishining tejamkor va ishonchli usullarini ishlab chiqish va joriy etish bo'yicha kompleks chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi (O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli Farmoni) hamda uni amalga oshirishga qaratilgan "2022–

2026-yillarda O‘zbekiston Respublikasini rivojlantirish bo‘yicha davlat dasturi”da, jumladan “... qurilish faoliyatida qurilish nuqsonlari yoki muammolarining oldini olish, qurilish va loyihalash ishlari sifatini oshirish”¹ bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirish va loyihalashning samarali usullarini ishlab chiqish hamda ularni qurilish jarayonida qo‘llashda ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning III “Mahalliy tabiiy resurslardan samarali foydalanish” ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Qo‘yilgan masalalar yechimi qurilish amaliyotida o‘ta zarurligiga qaramay, yetarli darajada o‘rganilmagan.

Strukturasi buzilgan tuproq (suglinok) bilan qum aralashmasidan tashkil topgan (kompozit) gruntlarning xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan ilmiy izlanishlar natijalari yoritilgan manbalar mavjud emas.

Qo‘yilgan muammoga yaqin masalalar sifatida gilli yoki qumli to‘ldirgichli yirik donali tabiiy strukturali gruntlar xususiyatlarini o‘rganishga bag‘ishlangan ilmiy izlanishlarni ta’kidlash lozim. Bular qatorida V.I. Fyodorov, A.A.Vasilev, G.L. Tkachenko, V.L. Lebedev, A.V. Konviz, V.E. Abramov, L.I. Aminova, O.V. Dobudko va boshqalarni ta’kidlash mumkin.

Yo‘l qurilishi uchun E.M. Dobrov yirik donali gruntlarni umumiyashtirilgan tasnifini taklif etgan. Yirik donali gruntlarning fizik-mexanik xossalarini o‘rganish bilan V.V. Oxotin, A.N. Lujetskiy, E.E. Minervina, A.I. Sheko, Ya. Jurek, A.I. Teytelbaum, R.T. Tulinov, L.A. Avakyan, V.P. Vixarev, L.N. Rasskazov, A.I. Sheko, Mendosa Duran, Tomas Antonio va boshqalar shug‘ullanganlar.

Tabiiy strukturali bir jinsli bo‘lmagan tog‘ jinslarini xususiyatlarini, oldindan ma’lum bo‘lgan tashkil etuvchi komponentlarining xususiyatlari orqali, tajribalarni matematik modellashtirish nazariyasi asosida aniqlash mumkinligi prof S.B. Uxov rahbarligida A.V. Konviz bajargan ilmiy ishlarida yoritilgan.

Dissertatsiya tadqiqotining, dissertatsiya bajarilgan oliy ta’lim yoki ilmiy – tadqiqot muassasining ilmiy tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Mirzo Ulug‘bek nomidagi Samarqand davlat arxitektura qurilish universiteti “Qurilish muhandisligi” kafedrasining universitet kengashida tasdiqlangan va 2025-2030-yillarga mo‘ljallangan ilmiy tadqiqot ishlarining ustuvor yo‘nalishi “Zamonaviy bino, inshootlar qurilishi texnologiyalarini, zamonaviy me’yoriy, iqtisodiy asoslarini ishlab chiqish, baholash va favqulodda vaziyatlarda kutilmagan zararni kamaytirish usullarini tadqiq etish” mavzusidagi ilmiy-tadqiqot ishlari doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi. Qurilish amaliyotida keng qo‘llaniladigan o‘rtacha yiriklikdagi va yirik qum bilan strukturasi buzilgan gilli grunt aralashmasidan tashkil topgan kompozit gruntlarni samarali tarkiblarini hamda ularning fizik ko‘rsatgichlariga bog‘liq holda me’yorlashtirilgan deformatsiya, mustahkamlik va suv

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

o‘tkazuvchanlik ko‘rsatgichlarini me‘yoriy va hisobiy qiymatlarini aniqlashga imkon beradigan usullarni yaratishdir.

Tadqiqotning vazifalari:

kompozit gruntlarning fizik-mexanik xossalarini tadqiq etish bo‘yicha bajarilgan ilmiy tadqiqot ishlarni tahlil qilish;

kompozit gruntlar uchun aralashmaning optimal tarkibini aniqlash bo‘yicha eksperimental tadqiqotlar o‘tkazish;

tajriba–sinov natijalarini ehtimoliy–statistik tahlil etib, optimal tarkibli kompozit gruntlarning deformatsiya moduli, zarralararo bog‘lanish kuchi, ichki ishqalanish burchagi hamda sizish koeffitsiyentini aniqlash;

optimal tarkibli kompozit gruntlarning fizik ko‘rsatgichlariga bog‘liq ravishda mustahkamlik va deformatsiya ko‘rsatgichlarini me‘yoriy hamda hisobiy qiymatlarini aniqlash uslubini ishlab chiqish.

Tadqiqotning ob‘ekti. Sanoat–fuqaro, gidrotexnik inshootlari, avtomobil va temir yo‘llar, muhandislik kommunikatsiyasi qurilishlarida sun‘iy asos, to‘ldirgich, to‘shama qatlam hamda qurilish ashyosi sifatida foydalaniladigan qum va tuproq aralashmasidan tashkil topgan bir jinsli bo‘lmagan kompozit gruntlar.

Tadqiqotning predmeti. Qurilish amaliyotida keng qo‘llaniladigan hamda hududimizda ko‘p tarqalgan qumli hamda gilli grunt aralashmasi (kompozit gruntlar) ning fizik va mexanik xususiyatlarini o‘rganib, ularni samaradorligini baholab, amaliyotga joriy qilishdir.

Tadqiqotning usullari. Eksperimental (laboratoriya va dala sharoitida) sinovlar zichlik va namlikni, siqilish mustahkamligi va deformatsiya modulini aniqlash, suv o‘tkazuvchanlikni tekshirish, yuklama ostida dala sinovlari o‘tkazish, hamda natijalar asosida ehtimoliy-statistik ishlov berish.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

eksperimental tadqiqot natijalari asosida qum va tuproq aralashmasidan tashkil topgan kompozit gruntlarning optimal tarkibi aniqlangan;

kompozit gruntlarning optimal tarkibi uchun fizik-mexanik ko‘rsatgichlarining turli ehtimoliy chegaralarda me‘yorlashtirilgan (jadvallashtirilgan) qiymatlari ehtimoliy-statistik usulda ishlab chiqilgan;

laboratoriya va dala sharoitida olingan natijalar farqini hisobga olgan holda, optimal tarkibli kompozit gruntlarning kompressiyali va haqiqiy (dala sharoitida aniqlanadigan) deformatsiya modullarini baholash imkonini beruvchi “o‘tish koeffitsiyenti” ishlab chiqilgan;

kompozit gruntlar amaliyotda an’anaviy gruntlar o‘rniga qo‘llanganda, ularning samaradorligi real ob‘yektlarda olib borilgan eksperimental tadqiqotlar natijasida asoslab berilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

kompozit gruntlardan barpo etilgan, poydevor asosi cho‘kishining, sezilarli darajada kamayishi, asos hisobiy qarshiligining an’anaviy usulda bajarilgan asosga nisbatan 1,5-1,8 barobar oshishi isbotlangan;

turar-joy binosi poydevori o‘lchamlari sezilarli darajada kamayishi aniqlangan;

tirgovuch devorlarga ta'sir qiladigan "faol" bosimning kamayishi va "sust" bosimning oshishi ilmiy asoslangan;

yo'l poyini barpo etishda kompozit gruntlarning iqtisodiy samaradorligi tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi eksperimental tadqiqotlarning zamonaviy asboblardan foydalanilgan holda Davlat standartlari talablari bo'yicha bajarilganligi, eksperiment natijalarini tahlili PK Lira-SAPR, IndorPavement Expert 9.1 kabi hisoblash dasturlarida bajarilganligi, ko'p sonli eksperimental tadqiqot natijalarining o'tkazilgan sinovlar sonini vakolatligi ta'minlanib aniqlanganligi, tajriba-sinov natijalarini turli sabablarga ko'ra ro'y berishi mumkin bo'lgan qo'pol xatoliklar ehtimoliy usulda baholangandan so'ngina, qolgan natijalar asosiy tahlilga kiritilgani, hisobiy qiymatlari turli ishonchlik chegaralariga mos holda, fizik ko'rsatgichlariga bog'liq ravishda aniqlanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati taklif etilgan kompozit gruntlarning samarali tarkibi, zichlashgan holatda optimal namligi, shuningdek ularning fizik, deformatsiya, mustahkamlik va suv o'tkazuvchanlik ko'rsatgichlarining me'yoriy qiymatlarini o'rganilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati kompozit gruntlarning an'anaviy gruntlarga nisbatan yuqori samaradorligi va ularni amaliyotda keng qo'llash imkonini ta'minlovchi zarur ko'rsatgichlar jadvallari hamda grafiklarining ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Kompozit gruntlar tarkibini ularning mexanik ko'rsatgichlariga ta'siri uchun ishlab chiqilgan uslub quyidagi loyihalarda joriy qilindi:

"Mardi Bunyodkor Qurilish" MChJ tomonidan Samarqand tumani "Qaynama" mahallasi hududida qurilayotgan ko'p qavatli turar-joy binosi asosini barpo etishda joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2025-yil 25-fevraldagi №04-06/2188-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, poydevor cho'kishining miqdori 3 m li faol siqilish qismida 6,4 mm ga kamayishiga, asos hisobiy qarshiligining 1,5-1,8-barobargacha oshishiga hamda poydevor qurilishiga sarflanadigan harajatlarning qisqarishiga erishilgan.

"Samarqandyo'lloyihalash" MCHJ tomonidan Samarqand shahar H. Abdullaev ko'chasining yo'l to'shamasini rekonstruksiya qilishda (O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2025-yil 25-fevraldagi №04-06/2188-sonli ma'lumotnomasiga asosan) kompozit gruntlar hisobga olinib loyihalashtirilgan. Natijada, 1000 m² asfaltbeton uchun S7-10 mm markali shag'al-qum aralashmasiga nisbatan 20,67% iqtisodiy samaradorlik ta'minlangan.

Tadqiqot natijalarining aprobatyasi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 2 ta respublika miqyosidagi ilmiy – amaliy anjumanlarda hamda "Qurilish muhandisligi" kafedrasida (24.12.24 y) va TAQU "Gidrotexnika va geotexnika muhandisligi" kafedrasida (29.04.25 y) muhokama qilingan va ma'qullangan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 15 ta ilmiy maqola va tezislari chop etilgan. Shu jumladan, 4 ta xalqaro bazalar ro'yxatidagi xorijiy jurnallarda, shundan, 1 ta Scopus bazasida, 6 ta OAK ro'yxatidagi jurnallarida, 5 ta xalqaro va mahalliy konferensiyalarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosalar, 114 ta foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 109 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

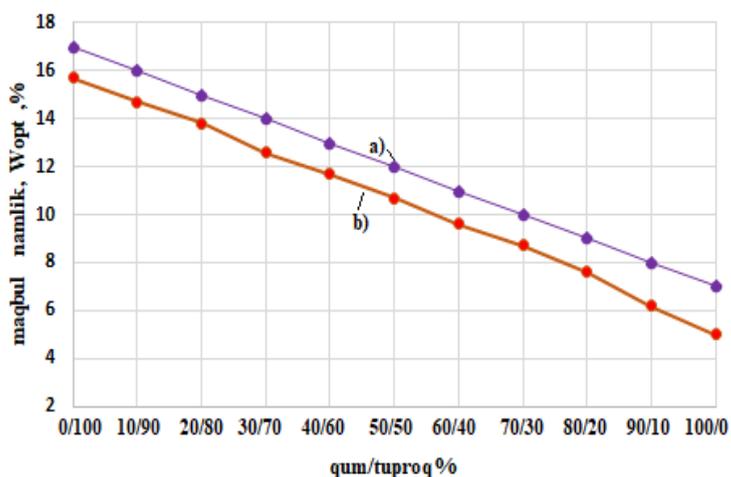
Kirish qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi, o'tkazilgan tadqiqotlarning zarurligi asoslangan, maqsad va vazifalari, tadqiqot ob'ektlari va predmetlari tavsiflangan, ularning respublikada fan va texnika rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi yoritilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari qayd etilgan, olingan natijalarning ishonchligi asoslangan, ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarining joriy qilinishi, nashr etilgan ilmiy maqolalar va dissertatsiyaning tuzilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Muammoni o'rganilganlik holati, tadqiqotning maqsadi va vazifalari”** deb nomlangan birinchi bobida, hozirgacha kompozit gruntlarning fizik-mexanik xossalarini o'rganish bo'yicha olib borilgan ilmiy tadqiqotlar natijalari nashr etilgan adabiyotlar tahlil etilgan. Tahlil asosida kompozit gruntlarning fizik-mexanik xossalari yetarlicha tadqiq qilinmaganligi va ularni amaliyotga joriy etishda me'yorlashtirilgan tavsiflarni yetarli emasligi asoslangan.

Dissertatsiyaning **“Tajriba - sinov ishlari va ularning ko'lami”** deb nomlangan ikkinchi bobida, laboratoriya sharoitida kompozit gruntlardan sinov namunalari tayyorlash va fizik-mexanik ko'rsatgichlarini aniqlash bo'yicha laboratoriya sharoitida sinov uslublari yoritilgan (1-rasm).



1-rasm. Namunalarni tayyorlash, sinovlar jarayoni



2-rasm. Optimal namlikning kompozit gruntlarning tarkibiga bog'liqligi. a) yirik qum va tuproq uchun; b) o'rta yiriklikdagi qum va tuproq uchun;

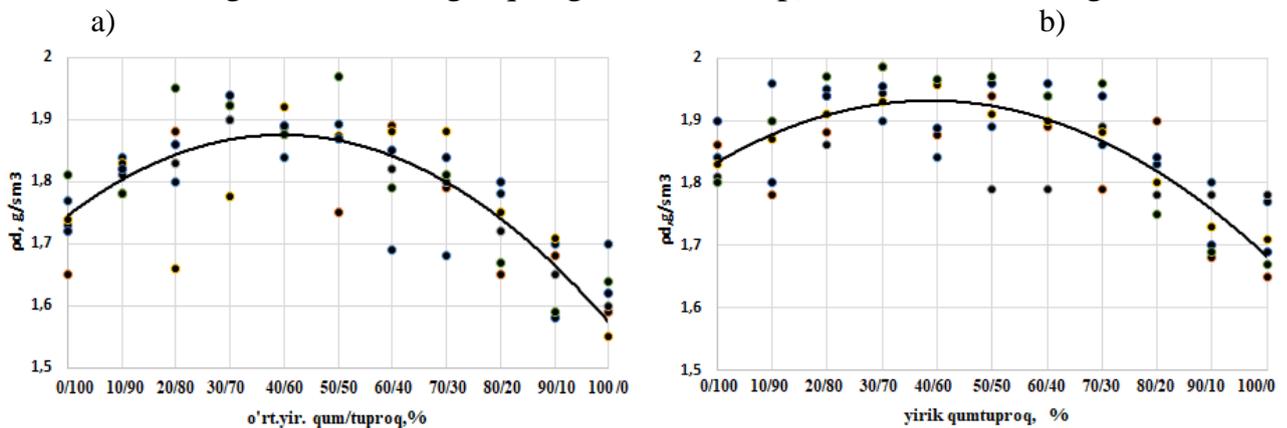
Tajribalarda aniqlangan kompozit grunt tarkibi bilan optimal namligi orasidagi bog'liqlik 2-rasmida ko'rsatilgan.

Ko‘p sonli laboratoriya tadqiqotlari asosida o‘rnatilgan quruq grunt zichligining turli nisbatdagi tarkibiga bog‘liqlik grafiklari 3-rasmda keltirilgan.

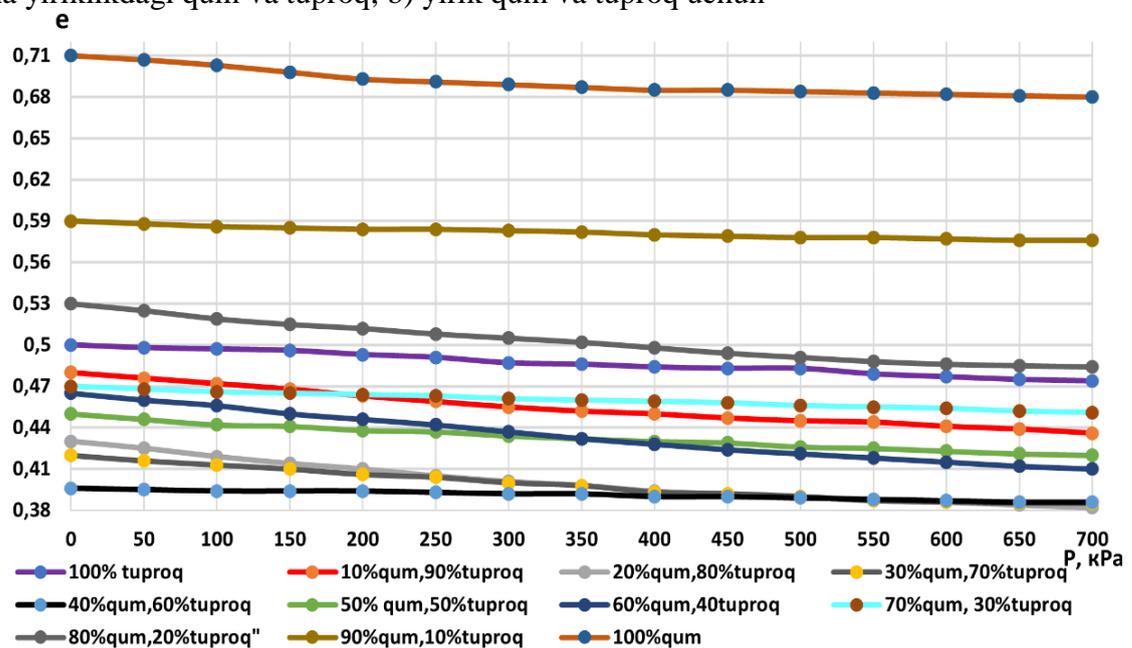
Ushbu tadqiqot natijalari asosida gilli gruntlarga 30-50% o‘rtacha yiriklikdagi qum, 40-60% yirik qum aralastirganda, kompozit grunt zichligi maksimal qiymatga ega bo‘lishi aniqlandi.

Mustahkamlik, deformatsiya va suv o‘tkazuvchanlik ko‘rsatgichlarini aniqlashda har bir aralashma uchun, tajriba sinov ishlari optimal namlik va maksimal zichlik chegaralarida olib borildi.

Laboratoriya sharoitida kompozit grntlarning deformatsiya moduli kompressiya uskunasi aniqlandi. Kompozit grntlarning barcha tarkiblari uchun g‘ovaklik koefitsientining bosimdan bog‘liqlik grafiklari $e=f(p)$, 4 -rasmda keltirilgan.



3-rasm. Quruq holatdagi kompozit grunt zichligi ρ_d ning uning tarkibiga bog‘liqlik grafi: a) o‘rtacha yiriklikdagi qum va tuproq; b) yirik qum va tuproq uchun



4-rasm. $e=f(p)$ grafi

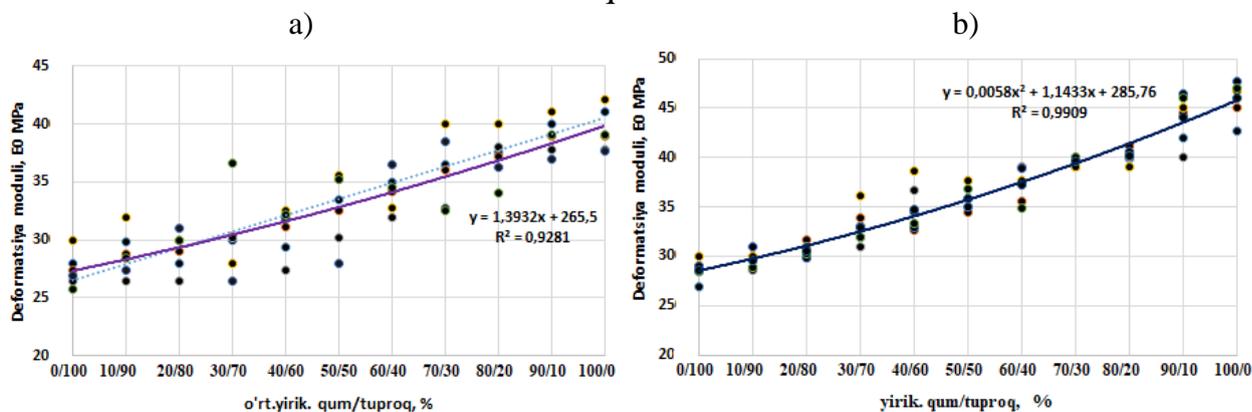
Tajriba natijalariga asoslanib, kompozit grntlarning deformatsiya modulini turli tarkiblarga bog‘liqlik grafi 5-rasmda keltirildi.

Qumli grntlarning siqilish holatida deformatsiyalanishi, asosan uning

tarkibidagi mayin to'ldiruvchilar hisobidan (tufayli) sodir bo'ladi. 5-rasmdan ko'rish mumkinki, eng katta siqilish deformatsiyasi to'ldiruvchisi tuproq bo'lganda, eng kami esa qumga xosdir.

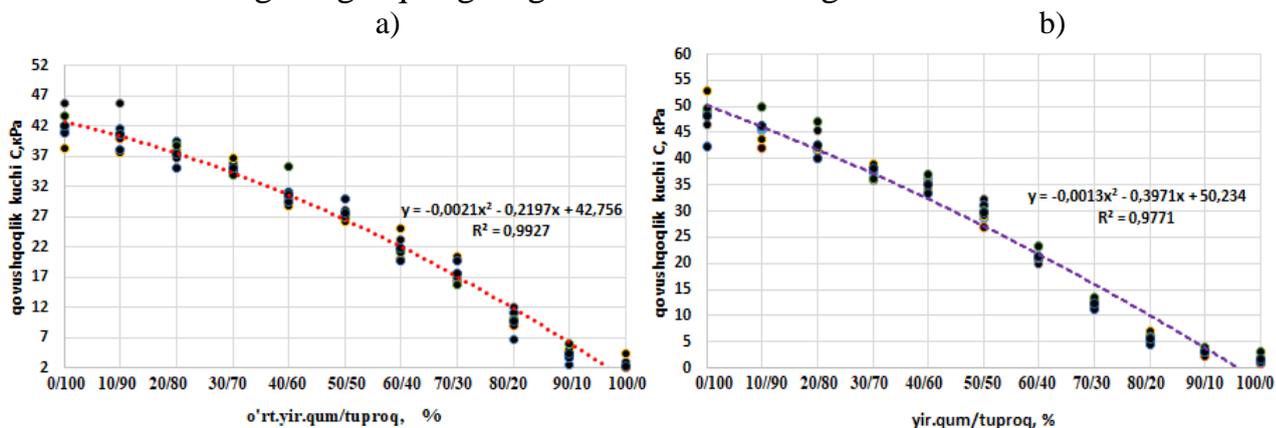
Keltirilgan tajriba natijalaridan xulosa qilish mumkinki, asos gruntlarini kamroq deformatsiyalanishi uchun ko'proq qumlardan foydalanish zarur ekan.

Laboratoriya sharoitida kompozit gruntlarning mustahkamlik ko'rsatgichlari GGP-30 Maslov – Lure uskunasi aniqlandi.



5-rasm. Deformatsiya modulining aralashma tarkibiga bog'liqlik grafiqi: a) o'rtacha yiriklikdagi qum va tuproq; b) yirik qum va tuproq uchun.

Kompozit gruntlarning turli tarkiblaridagi zarralararo bog'lanish kuchini aralashma tarkibiga bog'liqlik grafiqi 6-rasmda keltirilgan.



6-rasm. Qovushqoqlik kuchining aralashma tarkibiga bog'liqlik grafiqi: a) o'rtacha yiriklikdagi qum va tuproq; b) yirik qum va tuproq uchun

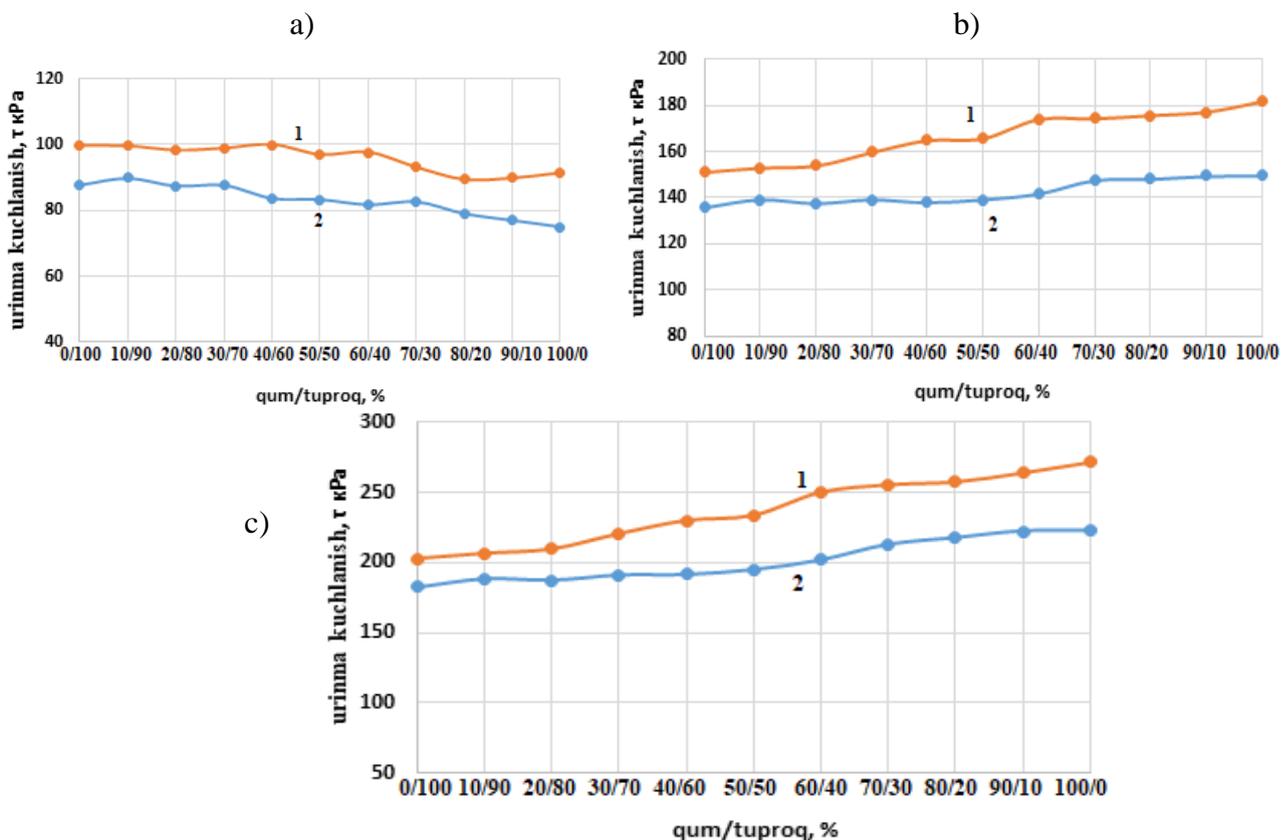
O'rtacha yiriklikdagi qum va tuproq nisbatidan tashkil topgan aralashmalar tarkibi 100 % tuproq ($J_p=0,08$) dan iborat bo'lganda, qovushqoqlik kuchining qiymati maksimal - 42 kPa ni tashkil etdi.

Yirik qum va tuproq nisbatidan tashkil topgan aralashmalar tarkibi 100 % tuproq ($J_p=0,11$) dan iborat bo'lganda, qovushqoqlik kuchi maksimal, ya'ni 48.1 kPa ga teng bo'ldi.

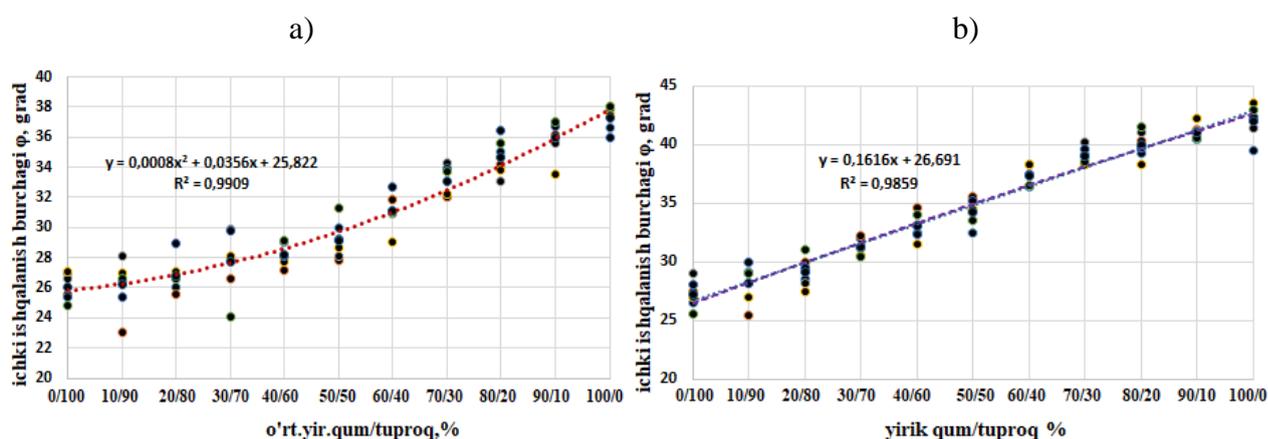
Normal kuchlanishlarning $\sigma=100, 200, 300$ kPa miqdorlarida urinma kuchlanish τ ning kompozit gruntlarni turli tarkiblariga bog'liqlik grafiqlari 7-rasmda keltirildi.

Yirik qum/tuproq tarkibli kompozit gruntlarda, urinma kuchlanish τ o'rtacha yiriklikdagi qum/tuproqli tarkibga nisbatan 1,5 barobarga oshar ekan. Normal

kuchlanish σ ning yuqori qiymatlarida ($\sigma = 200 \div 300$ kPa) kompozit gruntlar tarkibiga qo‘shiladigan qum miqdorini oshirib borish natijasida urinma kuchlanish τ oshib borishi aniqlandi.



7-rasm. Urinma kuchlanish τ ning kompozit gruntlar tarkibiga bog‘liqlik grafiklari: 1-yirik qum/tuproq uchun; 2-o‘rtacha yiriklikdagi qum/tuproq uchun: a) normal kuchlanish $\sigma = 100$ kPa; b) $\sigma = 200$ kPa; c) $\sigma = 300$ kPa bo‘lganda.



8-rasm. Aralashma ichki ishqalanish burchagini ularning tarkibiga bog‘liqlik grafifi: a) o‘rtacha yiriklikdagi qum va tuproq; b) yirik qum va tuproq uchun

Tajriba natijalariga asoslanib, kompozit gruntlarning ichki ishqalanish burchagini ularni tarkibiga bog‘liqlik grafifi 8-rasmda keltirildi.

Yirik qumli gruntlar bilan o‘tkazilgan tajriba sinovlar natijalarida, skelet (qum) fraksiyasining tarkibi 10 dan 70% gacha oshishi bilan, ichki ishqalanish burchagi 10^0 - 11^0 gacha, o‘rtacha yiriklikdagi qumda esa, 7^0 - 8^0 gacha oshdi. Qum fraksiyasi

tarkibining 80% gacha oshishi bilan, ichki ishqalanish burchagining oshishi, deyarli chiziqli qonuniyat bo'yicha sodir bo'lishi aniqlandi.

Tajribadan olingan natijalarning o'rtacha yiriklikdagi qum va tuproq uchun fizik va mexanik ko'rsatgichlarini me'yoriy qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

O'rt. yir. qum	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Tuproq J_p=0,08	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
W_{opt}, %	17÷16	16÷1 5	15÷1 4	14÷1 3	13÷1 2	12÷1 1	11÷1 0	10÷9	9÷8	8÷7	7÷6
ρ_{max} g/sm³	2,02	2,11	2,14	2,17	2,15	2,09	2,00	1,98	1,8	1,78	1,77
ρ_d, g/sm³	1,736	1,815	1,83	1,90	1,89	1,871	1,82	1,8	1,728	1,65 1	1,617
ρ_s g/sm³	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
e₀	0,5	0,48	0,46	0,40	0,396	0,45	0,465	0,47	0,51	0,59	0,60
E₀, MPa	27,41	28,82	29,06	30,24	31,11	32,47	34,17	36,06	37,16	38,9 5	39,43
C, kPa	42	40,58	37,5	35,15	30,71	27,55	21,73	17,65	9,79	4,33	2,22
φ, grad	26,08 ⁰	26,21 0	26,79 0	27,74 0	28,19 0	29,17 0	31,08 0	33,02 0	34,68 0	36 ⁰	37,31 0

2-jadval

Yirik qum	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Tuproq J_p=0,11	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
W_{opt}, %	15÷16	14÷15	13÷14	11÷12	11÷12	9÷10	8÷9	7÷8	6÷7	5÷6	5÷4
ρ_{max} g/sm³	2,11	2,14	2,15	2,199	2,21	2,13	2,10	2,09	2,00	1,81	1,79
ρ_d, g/sm³	1,83	1,87	1,91	1,94	1,96	1,93	1,90	1,89	1,82	1,73	1,71
ρ_s g/sm³	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66
e₀	0,48	0,47	0,46	0,36	0,34	0,365	0,37	0,40	0,41	0,45	0,49
E₀, MPa	28,65	29,57	30,56	32,98	34,76	35,81	37,25	39,62	40,15	44,01	46,04
C, kPa	48,1	46,2	42,69	38,05	34,96	29,68	21,39	12,28	5,67	3,11	1,64
φ, grad	27,27 ⁰	28,13 ⁰	29,09 ⁰	31,28 ⁰	33,04 ⁰	34,25 ⁰	37,36 ⁰	39,01 ⁰	40 ⁰	41,03 ⁰	42 ⁰

Tajribadan olingan natijalarning yirik qum va tuproq uchun fizik va mexanik ko'rsatgichlarini me'yoriy qiymatlari 2-jadvalda keltirilgan.

Keltirilgan tajriba natijalaridan, tuproqning mustahkamligi va deformatsiya xususiyatlarining yaxshilanishi, ularga 30-50% qum qo‘shish bilan erishildi.

Gruntlarning yana bir muhim ko‘rsatgichi – suv o‘tkazuvchanligidir. 100% qum va 0% tuproqdan boshlab, to 0% qum va 100% tuproq bo‘lguncha, aralashmaning sizish koeffitsiyenti KF–OOM asbobida, umumiy qabul qilingan usul bo‘yicha, distillangan suvdan foydalanib aniqlandi (9-rasm). Tajriba natijalari 3–jadvalda keltirildi.

3-jadvalda keltirilgan ma‘lumotlardan foydalanib, filtratsiya koeffitsiyentini kompozit gruntning tarkibidan bog‘liqlik grafigi 10- rasmda keltirildi.

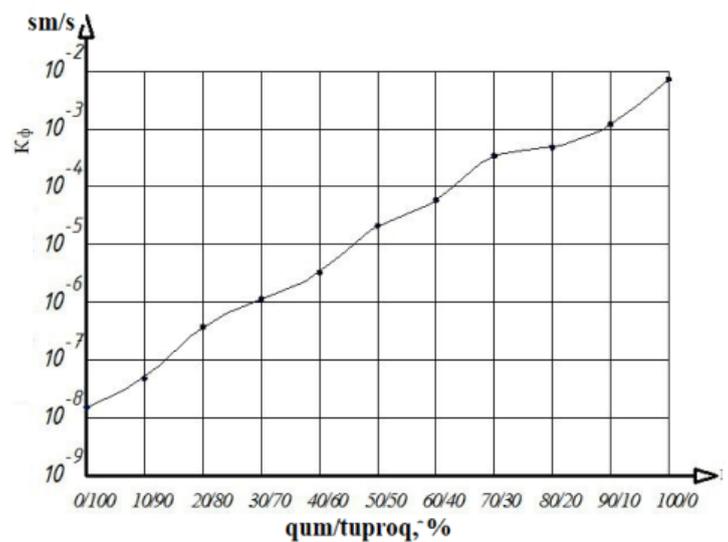
3-jadval

Turli nisbatlardagi kompozit gruntlarning filtratsiya koeffitsiyenti qiymati

Qum va tuproq aralashmasi, %											
K_f sm/s	0/100	10/90	20/80	30/70	40/60	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
	$8,1 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-8}$	$4,1 \cdot 10^{-7}$	$9,3 \cdot 10^{-6}$	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$



9-rasm. KF-OOM asbobida o‘tkazilgan sinov jarayonlari



10 – rasm. Sizish koeffitsiyenti K_f ning aralashma grunt tarkibidan bog‘liqlik grafigi

Turli tarkibli kompozit gruntlar uchun eng maksimal suv o‘tkazuvchanlik yirik qumda ($K_f = 10^{-3}$), eng minimal qiymati esa tuproqda ($K_f = 10^{-8}$) kuzatildi. Keltirilgan tajriba natijalaridan xulosa qilish mumkinki, aralashma gruntlarning suv o‘tkazmaslik xususiyatini yaxshilash uchun, ular tarkibidagi gil zarrachalarining miqdorini mumkin qadar oshirish zarur.

Tajriba - sinov natijalarini ehtimoliy-statistik tahlilida, kompozit gruntlarning fizik ko‘rsatgichlarga bog‘liq ravishda, mexanik ko‘rsatgichlarini aniqlash uchun sinovlar sonini vakolatlilikini ta‘minlash lozim.

Turli ko'rsatgichlarning vakolatligini ta'minlash uchun zarur bo'lgan sinovlar soni 4-jadvalda berilgan.

Tajribaviy tadqiqotlar asosida C , φ , E_0 larning ishonchlilik darajasini miqdoriy baholashning ehtimollik uslubiyati ishlab chiqildi.

Kompozit gruntlarning optimal tarkibi uchun mustahkamlik va deformatsiya ko'rsatgichlarini me'yoriy va hisobiy qiymatlarini ishonchli ehtimollikning chegarari $\alpha=0,85$, $\alpha=0,90$, $\alpha=0,95$, $\alpha=0,99$ larda aniqlangan qiymatlari 5- va 6-jadvallarda keltirildi.

4-jadval

Ko'rsatgichlar	Aralashma tarkibi, qum/tuproq (%)											
	0/100	10/90	20/80	30/70	40/60	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0	jami
	Sinovlar soni											
Optimal namlik, W_{opt} (%)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
Oquvchanlik cheg.namlik, W_L (%)	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	42
	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	42
Plastiklik chegarasidagi namlik, W_p (%)	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	42
	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	42
Qattiq zarrachalar zichligi, ρ_s (g/sm ³)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	77
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	77
Zichlik, ρ (g/sm ³)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
Maksimal zichlik, ρ_{max} (g/sm ³)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
Deformatsiya moduli, E_0 (MPa)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	77
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	77
Qovushqoqlik kuchi, C (kPa)	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	70
	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	70
Ichki ishqalanish burchagi, φ (grad)	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	70
	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	70
Jami												1440

Dissertatsiyaning “**Kompozit gruntlarni deformatsiya modulini aniqlash usullari**” deb nomlangan uchinchi bobida, kompozit gruntlar yetarli darajada tadqiqot etilmaganligi sabab, asosiy e'tibor muhim ko'rsatgich bo'lmish deformatsiya moduli E_0 ga qaratildi. Ushbu bobda siqilish ko'rsatgichlarining laboratoriya va dala sharoitida aniqlanadigan usullarini kamchilik va afzalliklari e'tiborga olindi.

5-jadval

O'rtacha yiriklikdagi qum va tuproq aralashma nisbatlarining (optimal tarkibini) me'yoriy va hisobiy qiymatlari jadvali

№	O'rt. yir. qum/ tuproq %	Ko'rsatgichlar	O'lchov birligi	Qiymatlar				
				Me'yoriy	Hisobiy			
					Ishonchli ehtimollik chegaralari			
					$\alpha=0,85$	$\alpha=0,90$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,99$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30/70	Deformatsiya moduli, E_0	MPa	30,24	28,59	28,14	27,39	25,48
2		Ichki ishqalanish burchagi, φ	grad	27,74 ⁰	26,68 ⁰	26,37 ⁰	25,84 ⁰	24,39 ⁰
3		Qovushqoqlik kuchi, S	kPa	35,15	34,66	34,51	34,27	33,60
1	40/60	Deformatsiya moduli, E_0	MPa	31,21	29,55	29,037	28,25	26,26
2		Ichki ishqalanish burchagi, φ	grad	28,19 ⁰	27,91 ⁰	27,83 ⁰	27,68 ⁰	27,29 ⁰
3		Qovushqoqlik kuchi, C	kPa	30,72	29,53	29,20	28,6	26,98

6-jadval

Yirik qum va tuproq aralashma nisbatlarining (optimal tarkibini) me'yoriy va hisobiy qiymatlari jadvali

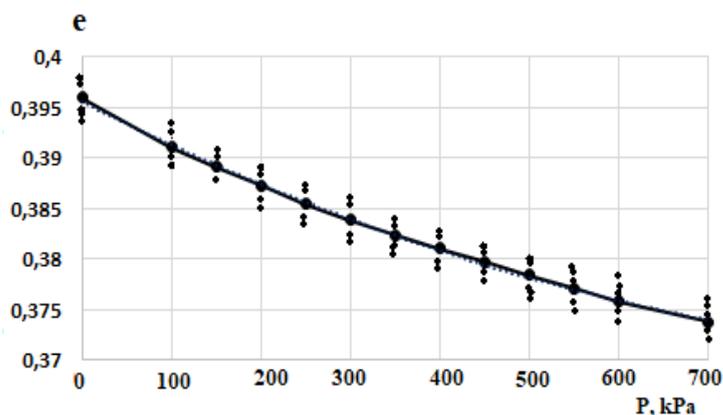
№	Yirik qum/ tuproq %	Ko'rsatgichlar	O'lcho v birligi	Qiymatlar				
				Me'yoriy	Hisobiy			
					Ishonchli ehtimollik chegaralari			
					$\alpha=0,85$	$\alpha=0,90$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,99$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30/70	Deformatsiya moduli, E_0	MPa	32,98	32,13	31,89	31,503	30,51
2		Ichki ishqalanish burchagi φ	grad	31,28 ⁰	30,98 ⁰	30,90 ⁰	30,75 ⁰	30,35 ⁰
3		Qovushqoqlik kuchi, C	kPa	38,05	37,10	36,83	36,35	35,06
1	40/60	Deformatsiya moduli, E_0	MPa	34,76	33,62	33,31	32,79	31,47
2		Ichki ishqalanish burchagi, φ	grad	33,03 ⁰	32,49 ⁰	32,34 ⁰	32,07 ⁰	31,33 ⁰
3		Qovushqoqlik kuchi, C	kPa	34,96	34,39	34,22	33,93	33,15

Dala sharoitida o'tkaziladigan tajribalar sermashaqqatli va ser harajatliligi tufayli, ular laboratoriya va dala sharoitida o'tkazilib taqqoslandi va o'tish koeffitsiyenti m_k ni kiritish taklif etildi.

Kompressiyali sinov GOST 12248–2010 ga muvofiq, KPr-1M siqish moslamalarida olib borildi tajriba usullari esa batafsil yoritildi (11-rasm).



11-rasm. Kompresiyali uskunada kompozit grunt ko'rsatgichlarini aniqlash.



12-rasm. 40% yirik qum va 60% tuproq, 12-13% maqbul tarkib va namlikdagi kompozit gruntning g'ovaklilik koeffitsientini bosimga bog'liqlik grafigi: $e=f(p)$

Kompresiyali qurilmada kompozit gruntlarni sinash. Kompresiyali qurilmada tashqi yuk ta'sirida grunt namunasining deformatsiyasi, asosan undagi g'ovakliklar hajmining kamayishi hisobiga sodir bo'lishini nazarda tutib, 40% yirik qum va 60% tuproq 12-13% li optimal tarkib va namlik uchun har bir pog'ona yuk ta'sirida g'ovaklik koeffitsiyentini o'zgarishi aniqlanib, natijalari 12-rasmda keltirildi. Sinovlar davomida olingantadqiqot natijalari 7-jadvalda keltirilgan.

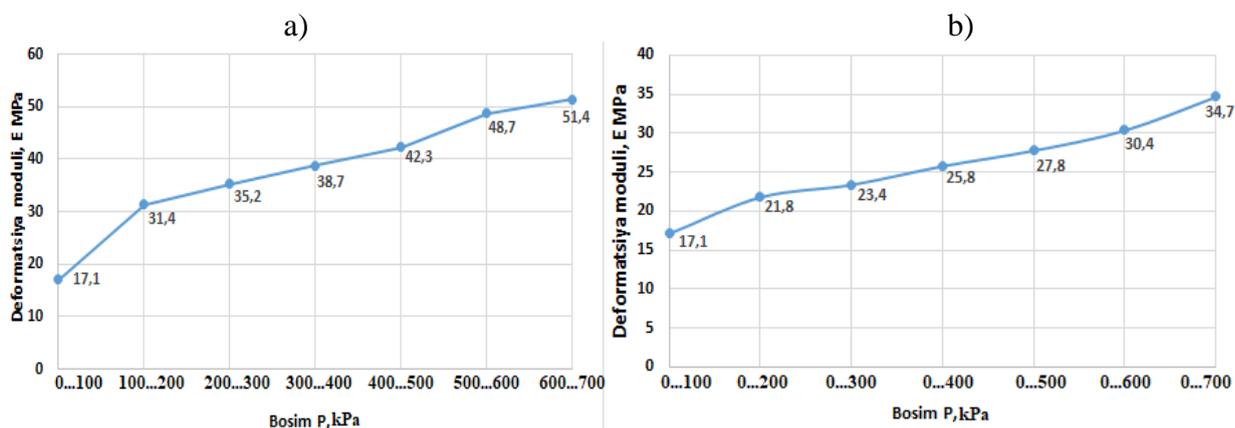
7-jadval

Kompresiyali tajribalar asosida turli bosim diapazonidagi deformatsiya modullarini qiymatlari

Bosim P, kPa	Siqilish koeffitsiyenti m_0	Nisbiy siqilish koeffitsiyenti m_v	Deformatsiya moduli E_0 , MPa	Bosim P, kPa	Siqilish koeffitsiyenti m_0	Nisbiy siqilish koeffitsiyenti m_v	Deformatsiya moduli E_0 , MPa
1	2	3	4	5	6	7	8
0.....100	0,0053	0,00351	17,1	0.....100	0,0053	0,0035	17,1
100...200	0,0040	0,00267	31,4	0.....200	0,0047	0,0031	21,8
200...300	0,0033	0,00220	35,2	0.....300	0,0043	0,0029	23,4
300....400	0,0029	0,00191	38,7	0.....400	0,004	0,0027	25,8
400....500	0,0030	0,00197	42,3	0.....500	0,0038	0,0025	27,8
500.....600	0,0028	0,00186	48,7	0.....600	0,0036	0,0024	30,4
600.....700	0,0022	0,00145	51,4	0.....700	0,0034	0,0023	34,7
O'rtacha			37,82	O'rtacha			25,86

7-jadval asosida turli bosim diapozonlarida deformatsiya modulining o'zgarish grafiklari 13-rasmda ko'rsatilgan.

Dala sharoitida Shtamp yordamida kompozit gruntlarni sinash. Kompozit gruntlarni dala sharoitida Shtamp yordamida sinash uchun ikkita qurilish maydoni tanlandi: a) turar joy binosi asosi; b) avtomobil yo'li poyi.



13-rasm. 40% yirik qum va 60% tuproq, 12-13% optimal tarkib va namlikdagi kompozit gruntlarning deformatsiya moduli E_0 ni turli bosim diapozonlariga bog‘liqlik grafigi.

a) Turar-joy binosi asosini shtamp yordamida sinash.

Samarqand tumani “Qaynama” mahallasi Buyuk El ko‘chasi, 35-uy hududida qurilayotgan ko‘p qavatli 52-xonadonli turar-joy binosi asosi tajribaviy maydon etib tanlandi. Qurilish maydonida sinov uchun o‘lchamlari – 3,6x2,4 m, chuqurligi - 0,80 m bo‘lgan handaq (kotlovan) qazildi(14-a-rasm).

Handaqa 40% yirik qum va 60% tuproq (kompozit grunt) aralashmasi 20 sm qalinlikda to‘kildi va bosqichma-bosqich zichlandi (14 b-rasm).

Asos tayyor bo‘lgach, GOST 20276.1-2020 bo‘yicha har bir pog‘ona yuk ta‘sirida shtampning cho‘kishi, shartli ravishda barqarorlashgunga qadar qayd etildi (14-c-rasm).

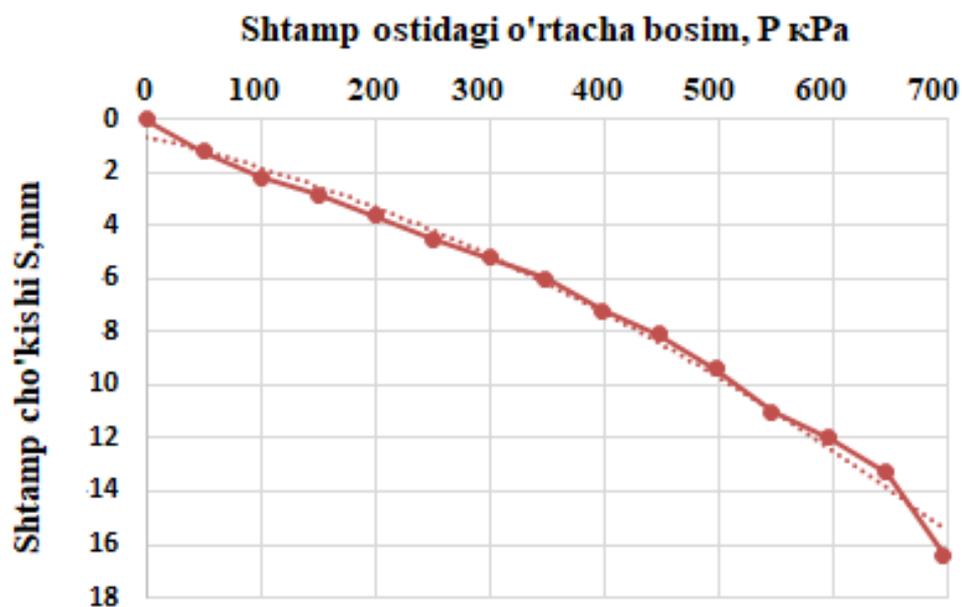
Zichlangan kompozit grunt cho‘kishining shtamp ostidagi o‘rtacha bosimga bog‘liqlik grafigi 15-rasmda keltirilgan.



14- rasm. Dala sharoitida turar-joy binosi asosini sinovi jarayonlari:

- a) tayyor kotlovan ko‘rinishi; b) katok yordamida zichlash jarayoni; c) kompozit gruntlarni shtamp orqali sinov jarayoni.

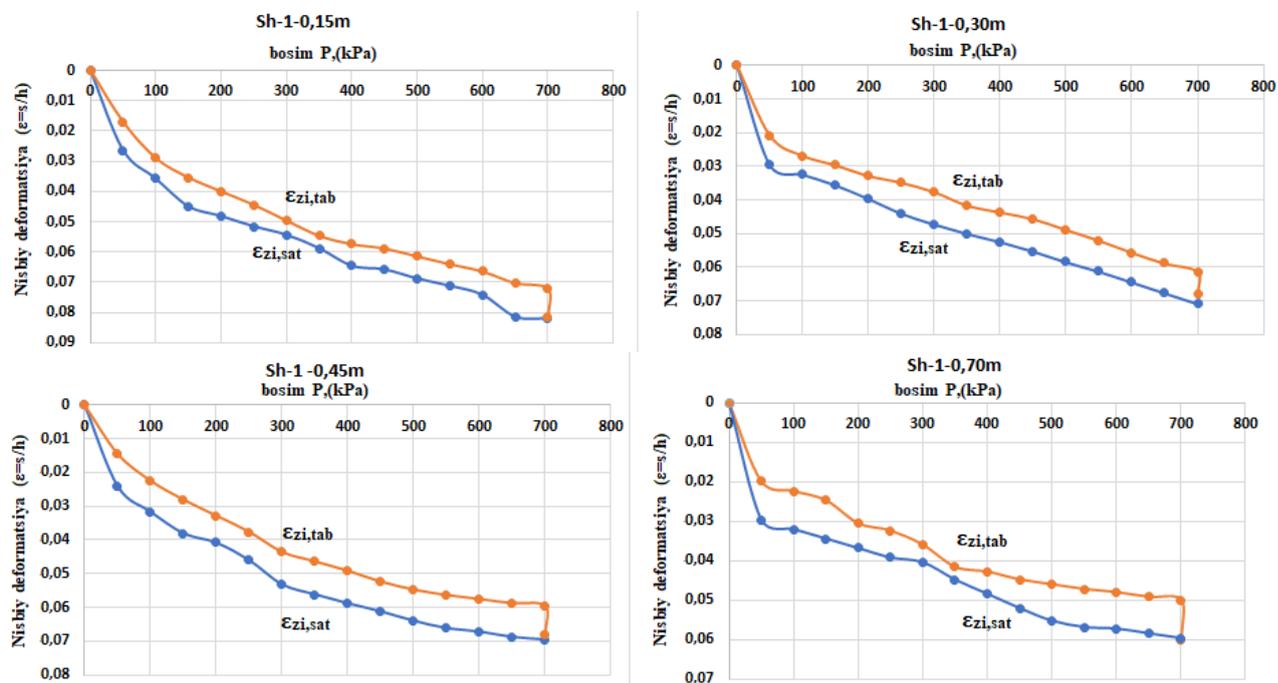
Zichlangan kompozit gruntlarning o‘ta cho‘kuvchanlik xususiyatining yo‘qotilganligini aniqlash maqsadida shurf (quduq) qazilib, har 15 sm.dan namuna olindi.



15-rasm. Zichlangan kompozit gruntli asos cho'kishini bosimga bog'liqlik grafiqi.

Namunalarning o'ta cho'kuvchanlik xususiyatlari kompressiyali qurilmada "ikki egri chiziq" usuli bilan aniqlandi, natijalar 16-rasmda keltirilgan.

Kompressiya usulida kompozit gruntlarning turli qatlamlari sinalganda, nisbiy o'ta cho'kuvchanlik $\epsilon_{sl}=0,01$ dan katta bo'lgan holat kuzatilmadi. Kompozit gruntning zichlash natijasida o'ta cho'kuvchanlik xususiyati yo'qotilgani kuzatildi.



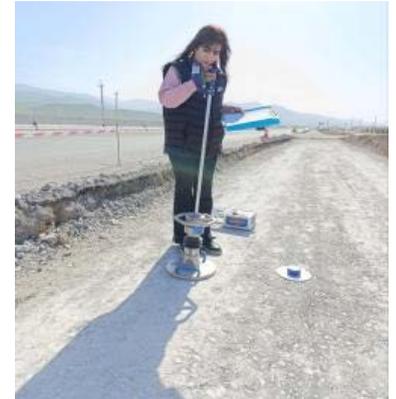
16-rasm. Kompressiya qurilmasi (odometr) da turli chuqurlikdagi zichlangan kompozit grunt namunalarning o'ta cho'kuvchanligi grafiqlari: $\epsilon_{zi,tab}$ – tabiiy namlik holatidagi; $\epsilon_{zi,sat}$ - to'liq suvga to'yigan holatdagi.

b) Avtomobil yo‘li poyining asosini shtamp yordamida sinash.

Kompozit gruntlardan avtomobil yo‘l poyini barpo etishda foydalanish maqsadida, kapital ta‘mirlash ishlari olib borilayotgan H. Abdullaev ko‘chasi avtomobil yo‘lida dala tadqiqotlari o‘tkazildi.



17-rasm. Yo‘l poyida o‘tkazilgan tajribalar jarayonlari



18-rasm. Terratest 5000 BLU qurilmasida tajriba o‘tkazish jarayoni

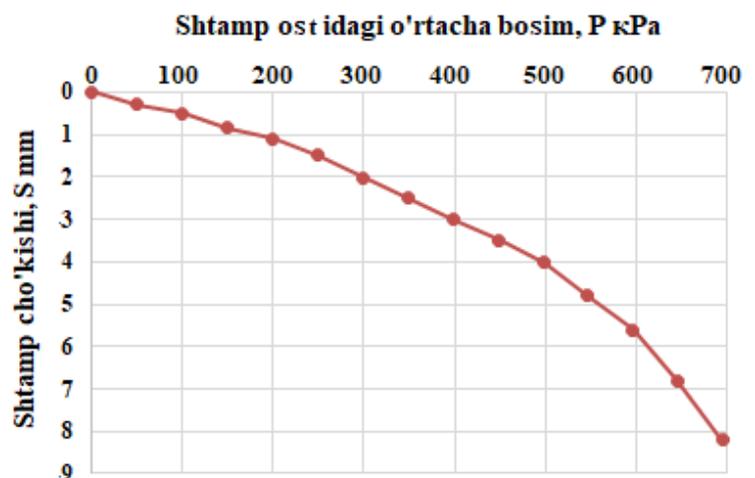
Shtampni o‘rnatish uchun tajriba maydonining tanlangan qismlarida yo‘l poyigacha bo‘lgan chuqurlikda kotlovan (handaq) qazildi. 40% yirik qum va 60% tuproq, 12-13% namlikdagi (kompozit grunt) aralashmasi 20 sm li (har bir qatlam zichlangandan so‘ng, 15 sm li qatlamga aylandi) qalinlikda 4 qatlamda yotqizildi (17-rasm). Kompozit grunt dan barpo etilgan yo‘l poyi ishchi qatlamining har bir qatlamchasi katok (Dinapac) bilan zichlanib, 60 sm li ishchi qatlam tashkil etildi.

Yo‘l poyini dinamik elastiklik modulini aniqlash maqsadida TERRATEST 5000 BLU uskunasidan foydalanildi (18-rasm).

Tajriba natijalarida, kompozit gruntlarning dinamik elastik moduli $E_{vd} = 165 \div 170$ MPa ni tashkil etdi.



19-rasm. Avtomobil yo‘li poyini shtamp orqali tajriba-sinov o‘tkazish jarayoni



20-rasm. Yo‘l poyi kompozit gruti cho‘kishining bosimga bog‘liqlik grafigi

Shtampga yukni pog'onama – pog'ona oshirib borib, har bir pog'onada ro'y beradigan cho'kish indikatorlar yordamida o'lchab borildi. Sinov jarayonlari 19-rasmda keltirilgan.

Dala sharoitida kompozit gruntli avtomobil yo'li poyi sinovi natijalari ya'ni, cho'kishning-bosimga bog'liqlik grafigi 20-rasmda keltirilgan.

Kompozit gruntlarni tajribalarda aniqlangan cho'kish asosida deformatsiya modulini hisobiy qiymatlari GOST 20276.1-2020 da tavsiya etilgan F.Shleyxer usulida aniqlandi:

$$E = (1 - \mu^2) K_1 \cdot D \frac{\Delta p}{\Delta S} \quad (1)$$

bu erda: μ - Puasson koeffitsiyenti;

K_1 – yumaloq bikr shtamp uchun 0,79 ga teng koeffitsiyent;

D – shtamp diametri;

Δr – yukning shtamp yuzasiga nisbati, ya'ni orttirma bosim, kPa;

ΔS - shtampning orttirma cho'kishi, sm;

N.A. Sitovich uslubiga ko'ra esa, ushbu bog'liqlik quyidagicha ko'rinishga ega:

$$E = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{p \cdot D \cdot (1 - \mu^2)}{S} \quad (2)$$

Shtamp sinovlaridan olingan ma'lumotlarni taqqoslash maqsadida, tajriba natijasida olingan deformatsiya modullari (1)-(2) - ifodalar orqali aniqlanib, qiymatlari 8-jadvalda keltirildi.

8-jadval

Kompozit gruntlarni tajribalar natijasiga ko'ra aniqlangan deformatsiya modulining hisobiy qiymatlari

Shtamp diametri D , sm	Yukning miqdori N , kg	Shtamp ostidagi bosim P , kPa	Shtampni cho'kishi, S , sm	Deformatsiya moduli, MPa	
				$E = (1 - \mu^2) K_1 \cdot D \frac{\Delta p}{\Delta S}$	$E = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{p \cdot D \cdot (1 - \mu^2)}{S}$
28,3	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
	3,14	49,95	0,125	35,4	34,1
	6,28	99,89	0,221	35,35	33,87
	9,42	149,84	0,284	34,79	31,2
	12,56	199,78	0,363	32,37	29,3
	15,7	249,73	0,450	29,41	26,5
	18,84	299,67	0,520	28,35	25,11
	21,98	349,06	0,600	26,5	23,54
	25,12	398,29	0,72	24,6	21,4
	28,26	447,37	0,810	22,4	18,99
	31,4	497,08	0,940	20,49	17,1
	34,54	546,79	1,1	17,98	15,6
	37,68	596,50	1,20	16,6	13,4
	40,82	646,20	1,330	15,47	12,1
	43,96	695,91	1,64	11,52	10,1

8-jadvaldan foydalanib shtampni sinash natijalari asosida hisob yo‘li bilan aniqlangan deformatsiya modullari grafiklari 21- va 22-rasmlarda berilgan.

Kompressiyali deformatsiya moduli asosida dala sharoitidagi deformatsiya modulini aniqlash uchun quyidagi ifodadan foydalanildi:

$$E_{um} = m_k E_{oed} \quad (3)$$

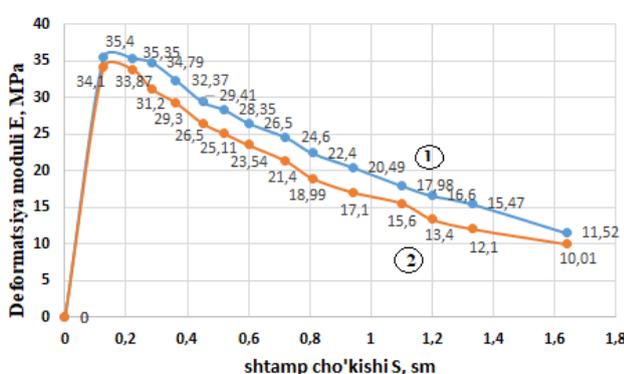
bu yerda m_k – o‘tish koeffitsiyenti;

E_{sht} – shtamp orqali aniqlanadigan deformatsiya moduli;

E_{oed} – kompressiyali deformatsiya moduli.

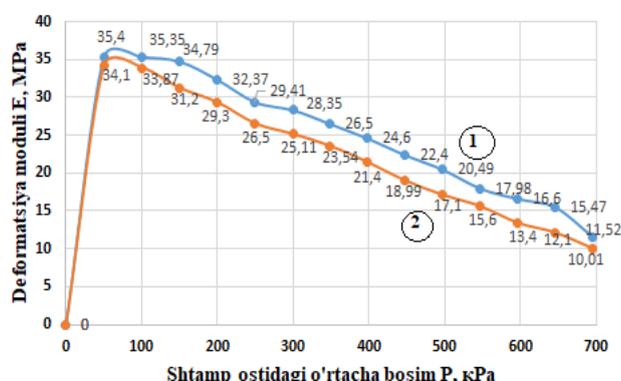
Dala sharoiti va laboratoriyada o‘tkazilgan tajriba natijalari (3) ifodaga binoan aniqlanib, natijalar 9-jadvalda keltirilgan.

Amaliy masalalarni echish uchun, o‘tish koeffitsiyenti m_k dan foydalanish taklif etildi.



21 -rasm. Deformatsiya moduli E ning cho‘kish S ga bog‘liqlik grafifi:

1-(1) ifodaga binoan ; 2- (2) ifodaga binoan



22-rasm. Deformatsiya moduli E ning o‘rtacha bosim P ga bog‘liqlik grafifi:

1-(1) ifodaga binoan ; 2- (2) ifodaga binoan

9-jadval

Umumiy deformatsiya moduli hisobining natijalari jadvali

Grunt turi	Deformatsiya moduli, MPa		O‘tish koeffitsiyenti m_k
	Dala sharoitida (shtamp) da aniqlangan E_{sht}	Kompressiya (odometr) da aniqlangan E_{oed}	
Kompozit grunt (40% yirik qum va 60% tuproq)	34,79	31,4	1,1
	29,41	35,2	0,835
	26,5	38,7	0,685
	24,6	42,3	0,581
	22,4	48,7	0,459
	20,49	51,4	0,398

Dissertatsiyaning “Tadqiqot ishlari natijalarini amaliyotga tadbqiqi” deb nomlangan 4-bobida, kompozit gruntni sayoz joylashgan poydevorlarning sun’iy

asoslarida, tirgovuch devorning orqa va old bo'shliqlarida hamda yo'l inshootlarida qo'llanilish tartibi bayon etildi

Sayoz joylashgan poydevorlar asoslarida, Samarqand tumani "Qaynama" mahallasi hududida qurilayotgan ko'p qavatli turar - joy binosini sun'iy asosi uchun 2 ta variant taqqoslandi. An'anaviy usul va taklif etilayotgan kompozit gruntli asos Lira-Sapr dasturida hisoblandi. Poydevor cho'kishining miqdori - 3 metrli faol siqilish qatlami uchun an'anaviy usulda $S=81$ mm ni, taklif etilayotgan kompozit gruntlarda esa $S=75,6$ mm ni tashkil qildi. An'anaviy gruntli asosga nisbatan kompozit gruntli asosning hisobiy qarshiligi 1,5-1,8 barobargacha oshishi aniqlandi. Bu esa, o'z navbatida, poydevor o'lchamlarining kichrayishiga olib keladi.

Tirgovuch devorlar hisobi Samarqand shahridagi Gagarin va Mirzo Ulug'bek ko'chalari kesishmasi chorrahasida qurilgan tonnelning tirgovuch devorlarni orqa va old bo'shliqlarini, mahalliy tuproq (suglinok) va taklif etilayotgan kompozit gruntlar bilan to'ldirilgan hollari taqqoslandi. Tirgovuch devorlarga ta'sir etuvchi faol bosim, kompozit gruntlardan foydalanilganda 31,4 % ga kamayishi, sust bosim esa 34% ga oshishi kuzatildi. Bu tirgovuch devorlar turg'unligining oshishiga va qurilish ashyolarini sezilarli darajada tejashga olib keladi

Kompozit gruntlarni yo'l inshootlarida qo'llanilishida, tadqiqot ob'yekti etib Samarqand shahar H. Abdullaev ko'chasi yo'l to'shamasi rekonstruksiyasi tanlanib, 3-usuldagi loyiha varianti hisoblandi.

IndorPavement Expert 9.1 dasturi yordamida loyihalananayotgan yo'l poyida taklif qilinayotgan kompozit grunt qo'llanilganda, 1000 m² asfaltbeton uchun, gruntsment (sement M-200) ga nisbatan, 88 mln. so'mga (23,4%), S7-10 mm markali shag'al va qum aralashmasiga nisbatan 77 mln. so'm (20,67%) ga iqtisodiy samarador ekanligi aniqlandi.

XULOSA

1. O'rtacha yiriklikdagi qum va tuproq hamda yirik qum va tuproq aralashmalaridan iborat kompozit gruntlarning optimal tarkiblari aniqlandi.

2. Optimal tarkib va namlikdagi kompozit gruntlarning fizik ko'rsatgichlari bilan mustahkamlik, deformatsiya hamda suv o'tkazuvchanlik ko'rsatgichlari orasida bog'lanishlar o'rnatildi, ularni vakolatligi ta'minlanib, amaliyotda qo'llanilishi uchun jadval va grafiklar shaklida izohlandi.

3. Eksperimental tadqiqotlar asosida kompozit gruntlarning optimal tarkibi uchun aniqlangan fizik-mexanik ko'rsatgichlarga bog'liq ravishda, matematik statistika va ehtimollar nazariyalari qoidalariga binoan ishlov berish natijasida me'yoriy va turli ishonchlilik chegaralardagi hisobiy qiymatlari aniqlanib, me'yorlashtirildi.

4. Turli ishonchlilik chegaralardagi kompozit gruntlarning mustahkamlik va deformatsiya ko'rsatgichlari bino va inshootlarning javobgarlik darajasini hisobga olib loyihalash imkonini beradi.

5. Laboratoriya sharoitida kompressiya uskunasi aniqlangan gruntning deformatsiya modulidan foydalanib, shtamp orqali aniqlanadigan deformatsiya modulini aniqlash uchun "o'tish koeffitsiyenti" taklif etildi.

6. Turar-joy binosi asos va poydevorlarini loyihalashda, poydevor asosini cho'kishi, an'anaviy usulga nisbatan, kompozit gruntlarda kamayishi, hisobiy qarshiligining $1,5 \div 1,8$ barobargacha oshishi tasdiqlandi. Bu esa, o'z navbatida, poydevor o'lchamlarining kichrayishiga olib keladi.

7. Tirgovuch devorlar hisobida, ularga ta'sir etuvchi faol bosim, an'anaviy usul (tuproqni zichlashtirish) dan ko'ra, kompozit gruntlardan foydalanilganda 31,4 % ga kamayishini, sust bosim esa, 34% ga oshishi aniqlandi.

8. Hisob qilingan yo'l to'shamasi asosi sifatida kompozit gruntlardan foydalanish, an'anaviy usullar, xususan M200 markali gruntsementga nisbatan 23,4% ga, shag'al – qum aralashmasiga nisbatan esa, 20,67% ga iqtisodiy samarador ekanligi isbotlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD26/26.01.2023.Т.109.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО -
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА**

АЗИМОВА ШАХЛО НИЗОМОВНА

**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА КОМПОЗИТНЫХ ГРУНТОВ НА ИХ
МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ**

05.09.02 – Основания, фундаменты и подземные сооружения.

Мосты и транспортные тоннели. Дороги, метрополитены

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Самарканд - 2025

Тема диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № В2025.1. PhD/T5478

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном архитектурно-строительном университете имени Мирзо Улугбека.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский, (резюме)), размещен на веб-странице (www.samdaqu.edu.uz) информационно-образовательного портала Ziyonet (www.ziyonet.uz) и сайте научного Совета.

Научный руководитель:

Сирожиддинов Зайниддин Сирожиддинович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Султанов Карим Султанович
доктор физико-математических наук, профессор

Мадатов Абдирахим Мадатович
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

АО "O'ZOG'IRSANOATLOYIHA"

Защита диссертации состоится «__» _____ 2025 г. в ____ часов на заседании научного Совета при Самаркандском государственном архитектурно-строительном университете PhD26/26.01.2023.T.109.02 (Адрес: 140147, г. Самарканд, ул. Лолазор, дом 70 .Тел.: (0366) 237-15-93; факс: (0366) 237-26-30, e-mail: samdaqu@edu.uz, samdaquarm@samdaqi.edu.uz).

С диссертацией (PhD) можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета (зарегистрирована за № ____). Адрес: 140147, г. Самарканд, ул. Лолазор, дом 70 .Тел.: (0366) 237-15-93; факс: (0366) 237-26-30, e-mail: samdaqu@edu.uz, samdaquarm@samdaqi.edu.uz).

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2025 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2025 года).

В.Ф. Усманов
Вр. и. о., председатель научного Совета
по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

Д.Т. Иноятов
Ученый секретарь научного Совета
по присуждению ученых степеней, (PhD)

Э. С. Тулаков
Председатель научного семинара
при научном Совете по присуждению
ученых степеней, д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время во всем мире внедрение научных достижений в области техники и строительства, повышение эффективности и качества строительных работ, а также снижение их стоимости приобретают особую актуальность. Одним из приоритетных направлений является применение композитных материалов, изготавливаемых с использованием современных технологий и местного сырья. В развитых странах обеспечение долговременной устойчивости подземных оснований, научное обоснование состава композитных грунтов и определение их физико-механических характеристик остаются важными задачами. В связи с этим в США, Европе и России для уменьшения неравномерной осадки и повышения прочности фундаментов широко применяются промышленные отходы и минеральные добавки, отличающиеся экономической эффективностью. Во многих случаях, когда природные грунты не соответствуют требованиям строительства, особое внимание уделяется формированию композитных грунтов путём смешивания песчаных и глинистых компонентов в различных соотношениях.

В настоящее время в мире проводятся научные исследования, направленные на углублённое изучение устойчивости композитных грунтов к воздействию влаги, климатических факторов и длительной эксплуатации, а также на совершенствование нормативных показателей и методов расчёта. В данном направлении, особенно на этапах планирования и технико-экономического обоснования строительства, приоритетными являются исследования по определению показателей прочности и деформативности на основе статистических таблиц с учётом физических характеристик грунтов с естественной структурой и влажностью. Действующие нормативные документы предусматривают возможность применения таких таблиц при обосновании параметров строительства зданий I–II классов ответственности и при проектировании зданий III–IV классов без проведения дополнительных сложных геологических изысканий, что остаётся одной из актуальных задач строительной отрасли.

В нашей республике также уделяется особое внимание проведению широкомасштабных научно-исследовательских работ, направленных на поиск эффективных решений указанных проблем. Исследуется вопросы определения оптимального состава композитного грунта (песчано-глинистой смеси) позволяющие достичь максимальной прочности, минимальной деформативности и максимальной водонепроницаемости, используемые при возведении искусственных оснований фундаментов, оснований железнодорожных путей и автомобильных дорог. При строительстве гидротехнических сооружений, могут использоваться в качестве заполнителя, подстилающего слоя или основного материала, а также для выравнивания уровня земли, в ландшафтном дизайне и для заполнения задних пространств подпорных стен. Основной целью исследования является обоснование возможности использования композитных грунтов, обладающих высокой прочностью и низкой деформируемостью, как целесообразного и экономически выгодного решения.

В Республике Узбекистан реализуются комплексные меры, направленные на разработку и внедрение экономически эффективных и надёжных методов строительства зданий и сооружений. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы, среди

прочего, определены важные задачи по «предотвращению строительных дефектов или проблем в строительной деятельности, повышению качества строительных и проектных работ». Разработка эффективных методов проектирования и использование их в процессе строительства имеет большое значение в реализации этих задач и обеспечении долговечности зданий².

Настоящая диссертационная работа, в определенной степени, направлена на осуществление задач, отмеченных в Указах Президента Республики Узбекистан УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», УП-5963 от 13 марта 2020 года «О дополнительных мерах по углублению реформ в строительной сфере Республики Узбекистан», постановлении ГПП-139 от 21 февраля 2022 года «О дополнительных мерах поддержки жилищного строительства и промышленности строительных материалов», и других нормативных и правовых документов, связанных с данными сферами деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики. Данное исследование выполнено в рамках III приоритетного направления развития науки и техники Республики «Эффективное использование местных природных ресурсов».

Степень изученности проблемы. Следует отметить, что несмотря на важность поставленных вопросов для строительной практики, данная проблема недостаточно изучена. Нет источников с результатами научных исследований о свойствах композитных грунтов, состоящих из смеси песка и суглинка, с нарушенной структурой. В качестве близких к поставленной проблеме вопросов следует отметить научные исследования, посвящённые изучению свойств крупнозернистых грунтов с естественной структурой, содержащих глинистые или песчаные заполнители. Среди них следует отметить исследования В.И. Федорова, А.А. Васильева, Г.Л. Ткаченко, В.Л. Лебедева, А.В. Конвиза В.Е. Абрамова, Л.И. Аминовой, О.В. Добудько и др.

Для дорожного строительства Е.М. Добров предложил обобщенную классификацию крупнозернистых песков. Изучением физико-механических свойств крупнозернистых песков занимались В.В. Охотин, А.Н. Лужецкий, Е.Е. Минервина, А.И. Шеко, Я. Жюрек, А.И.Тейтельбаум, Р.Т. Тулинов, Л.А.Авакян, В.П.Вихарев, Л.Н.Рассказов, А.И.Шеко, Мендоса Дуран, Томас Антонио и др.

Возможность определения свойств неоднородных горных пород естественного строения, с помощью заранее известных свойств составляющих их компонентов, на основе теории математического моделирования экспериментов, освещены в научных работах А. В. Конвиза под руководством проф. С.Б. Ухова.

Связь темы диссертации исследования с научно-исследовательскими работами учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ по приоритетному направлению "Разработка, оценка современных технологий строительства зданий, современных нормативно-экономических основ и методов снижения непредвиденного ущерба в чрезвычайных ситуациях", рассчитанных на 2025–2030 годы, утвержденных на заседании университетского совета кафедры "Строительный инжиниринг"

²Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № ПФ-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы».

Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета имени Мирзо Улугбека.

Цель исследования. Основной целью является разработка методов, позволяющих определять эффективный состав композитных грунтов, состоящих из смеси песка (средней крупности и крупный) и глинистого грунта с нарушенной структурой, широко применяемых в строительной практике, а также установление нормативных и расчетных значений, нормируемых показателей деформативности, прочности и водопроницаемости на основе их физических показателей.

Задачи исследования:

изучение источников, имеющихся публикаций, посвященных исследованию физико-механическим свойствам композитных грунтов;

проведение экспериментальных исследований по определению оптимального состава смеси для композитных грунтов;

путем вероятностно-статистической обработки результатов экспериментов установить нормированные значения модуля деформации, силы сцепления, угла внутреннего трения и коэффициента фильтрации композитных грунтов оптимального состава;

установить нормативные, а также расчетные значения показателей прочности и деформативности в зависимости от физических показателей композитных грунтов оптимального состава и влажности.

Объект исследования. Неоднородные композитные грунты, состоящие из смеси песка и суглинка, используемые в качестве искусственного основания, наполнителя, подстилающего слоя и строительного материала в промышленно-гражданском строительстве, а также при возведении гидротехнических сооружений, автомобильных и железных дорог, инженерных коммуникаций.

Предмет исследования. Является изучение физико-механических свойств песчано-глинистых грунтовых смесей (композитных грунтов), для широкого использования в строительной практике, компоненты которых распространены в нашем регионе, оценка их эффективности и внедрение на практике.

Методы исследования. Экспериментальные (лабораторные и полевые) испытания, а также вероятностно-статистическая обработка результатов исследований.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

на основе результатов экспериментальных исследований обоснованы оптимальные состав и влажность песчано-глинистой смеси (композитного грунта).

для оптимального состава композитных грунтов разработаны нормативные (табличные) значения физико-механических показателей с использованием вероятностно-статистического метода в различных вероятностных пределах.;

для оптимального состава композитных грунтов разработан “переходный коэффициент”, применяемый для определения фактического (определяемого в полевых условиях) модуля деформации на основе компрессионного модуля;

по результатам экспериментальных исследований установлено, что применение композитных грунтов более эффективно, чем использование традиционных грунтов в строительной практике.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

доказано, что использование композитных грунтов позволяет существенно снизить осадку основания фундамента, и увеличить расчетное сопротивление в 1,5-1,8 раза;

установлено значительное уменьшение размеров фундамента жилого дома;

научно обоснованы снижение активного давления и увеличение пассивного давления, действующего на подпорные стенки;

подтверждена эффективность применения композитных грунтов при строительстве дорожного полотна.

Достоверность результатов исследований подтверждается проведением многочисленного количества экспериментальных исследований в соответствии с требованиями государственных стандартов, с использованием современных приборов и оборудования, результатов экспериментальных исследований, проведенных с использованием вычислительных программ, таких как ПК ЛИРА-САПР, Indor Pavement Expert 9.1, обеспечена достоверность результатов испытаний, путем оценки грубых ошибок, возникающих по разным причинам, разного рода случайных факторов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования заключается в обосновании эффективного состава предлагаемых композитных грунтов, определении их оптимальной влажности в уплотнённом состоянии, а также в установлении нормативных значений физических, прочностных, деформационных и водонепроницаемых характеристик.

Практическая значимость исследования определяется более высокой эффективностью композитных грунтов по сравнению с традиционными, а также разработкой таблиц и графиков, необходимых для их широкого применения в строительной практике.

Внедрение результатов исследований. Разработанный метод определения оптимального состава композитных грунтов внедрен в следующих проектах:

В рамках строительства основания многоэтажного жилого дома, возводимого ООО "Mardi Bunyodkor Qurilish" на территории махалли "Qaynama" Самаркандского района (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан от 25 февраля 2025 года № 04-06/2188), разработанный метод был успешно внедрён. В результате применения метода удалось снизить величину осадки фундамента на 6,4 мм в зоне активного сжатия мощностью 3 м, удалось увеличить расчётное сопротивление основания в 1,5–1,8 раза и снизить стоимость проектных решений фундаментов.

При реконструкции дорожного полотна улицы Х. Абдуллаева в городе Самарканде с участием ООО "Samarqandyulloyihalash" и с учётом выполненных расчётов и проектных решений (справка Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан № 04-06/2188 от 25 февраля 2025 года). В результате применения метода была достигнута экономическая эффективность в размере 20,67 % по сравнению с использованием гравийно-песчаной смеси марки С7-10 мм на каждые 1000 м² асфальтобетонного покрытия.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований по теме диссертации обсуждались и получили одобрение на 3 международных и 2

республиканских научно-практических конференциях, а также на заседании кафедры “Строительный инжиниринг” (24.12.24г.) и на семинаре кафедры “Гидротехника и геотехнический инжиниринг” ТАСУ (29.04.25 г.).

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 15 научных статей и тезисов, в том числе 4, - в зарубежных журналах, из них 1 в журнале, включённом в базу Scopus, 6 в республиканских журналах, рекомендованных ВАК Республики Узбекистан, и 5 в материалах международных и республиканских конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из Введения, четырех глав, общих выводов, библиографии из 114 наименования, и Приложений. Общий объем диссертации – 109 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во Введении обосновывается актуальность темы диссертации, необходимость проведенных исследований, описаны цели и задачи, объект и предмет исследования, показана их соответствие с приоритетным направлениям развития науки и техники республики. Констатируются научная новизна результатов исследований, обоснована достоверность полученных результатов, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, приводятся сведения о внедрении результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации, названной “Состояние изученности проблемы, цель и задачи исследования”, проведен анализ опубликованных литературных источников, посвященных результатам научных исследований физических и механических свойств композитных грунтов. На основе анализа показано, что физико-механические свойства композитных грунтов недостаточно изучены, а нормативные характеристики, необходимые для их внедрения в практику, являются недостаточными.

Во второй главе диссертации, названной “Экспериментально-испытательные работы и их объем”, изложены методы лабораторных испытаний композитных грунтов, включая подготовку образцов и определение их физико-механических характеристик в лабораторных условиях (Рис.1). Графики зависимости оптимальной влажности от состава композитного грунта, установленные по результатам экспериментов, приведены на рисунке 2.

Графики зависимости плотности сухого грунта при оптимальной влажности суглинков и песчаных смесей различных пропорций, установленные на основе многочисленных лабораторных исследований, представлены на рис. 3.

Результаты исследования показали, что при смешивании 30-50% песка средней крупности и 40-60% крупного песка с суглинком, плотность композитных грунтов достигает максимального значения.

С целью определения показателей прочности, деформативности и водопроницаемости для каждой смеси были проведены экспериментальные испытания в пределах оптимальной влажности и максимальной плотности.



Рис. 1. Подготовка проб и процесс проведения лабораторных испытаний.

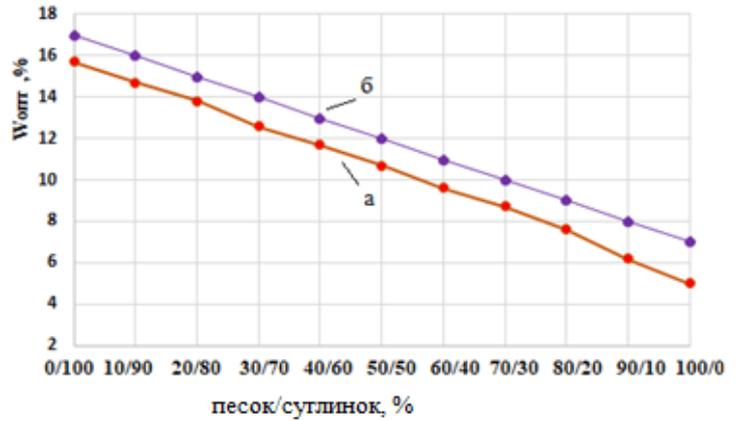


Рис.2. Зависимости оптимальной влажности от различного состава композитного грунта; а- для песка средней крупности и суглинка; б- для крупного песка и суглинка.

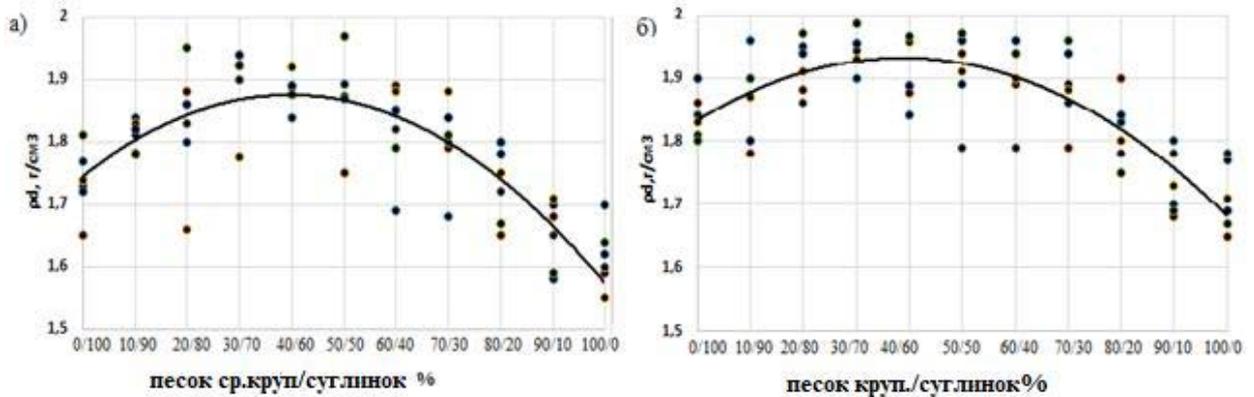


Рис 3. Зависимости плотности сухого грунта ρ_d от различного состава композитного грунта: а) для песков средней крупности и суглинков; б) для крупных песков и суглинков.

Модуль деформации композитных грунтов в лабораторных условиях был определен на компрессионном приборе, а зависимость коэффициента пористости от давления для всех соотношений, т.е. график $e=f(p)$, представлен на рисунке 4

Графики зависимости модуля деформации от соотношений различных составов композитных грунтов представлены на рис. 5.

Сжимаемость песчаного грунта достигается в основном за счет мелкодисперсных заполнителей, как видно из рисунка 5, где наибольшей сжимаемостью обладает глинистый грунт, а наименьшей - песок.

Из представленных результатов эксперимента можно сделать вывод, что, необходимо использовать больше песка, чтобы грунт меньше деформировался.

В лабораторных исследованиях были определены прочностные показатели композитных грунтов в приборе ГПП–30 Маслова – Лурье.

Графики зависимости силы сцепления C от соотношений различных составов композитных грунтов, представлены на рисунке 6.

В смесях, состоящих из среднего песка и суглинка, при содержании 100 % суглинка (при $J_p=0,08$), значение силы сцепления достигло максимума и составило 42 кПа.

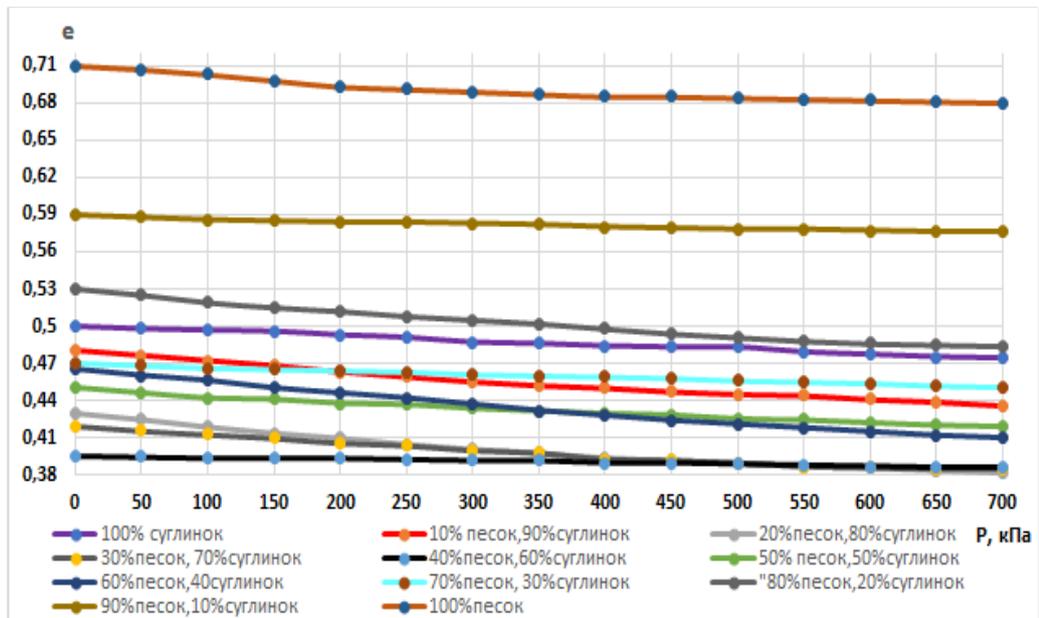


Рис. 4. График $e=f(p)$

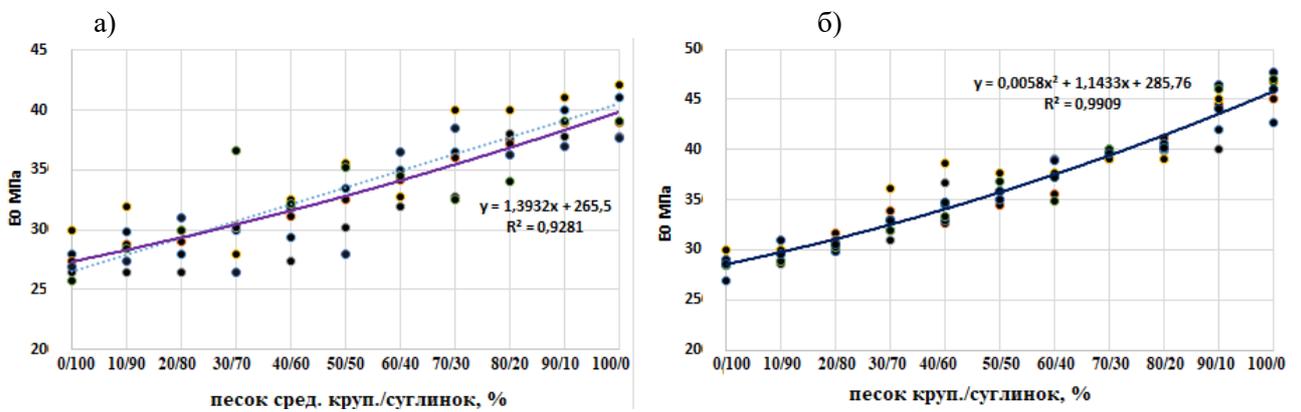


Рис. 5. Зависимости модуля деформации от различного состава композитного грунта: а) для песков средней крупности и суглинок; б) для крупных песков и суглинок.

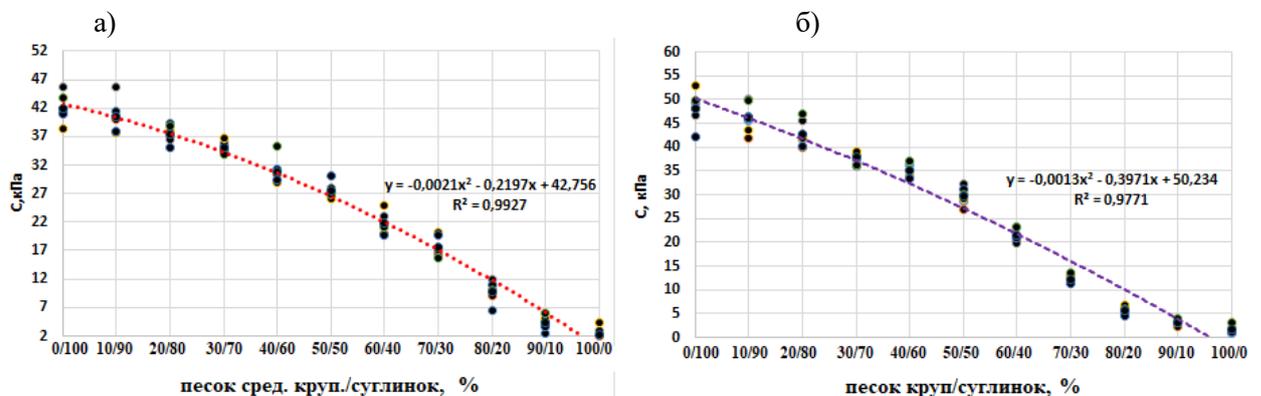


Рис 6. Зависимости силы сцепления от состава композитного грунта:

а) для песков средней крупности и суглинок; б) для крупных песков и суглинок.

В смесях, состоящих из крупного песка и суглинка, при содержании 100 % суглинка (при $J_p=0,11$), сила сцепления также была максимальной и составила 48,1 кПа.

Графики зависимости касательного напряжения τ от нормального напряжения при $\sigma=100, 200, 300$ кПа для различных составов композитного грунта представлены на рис. 7.

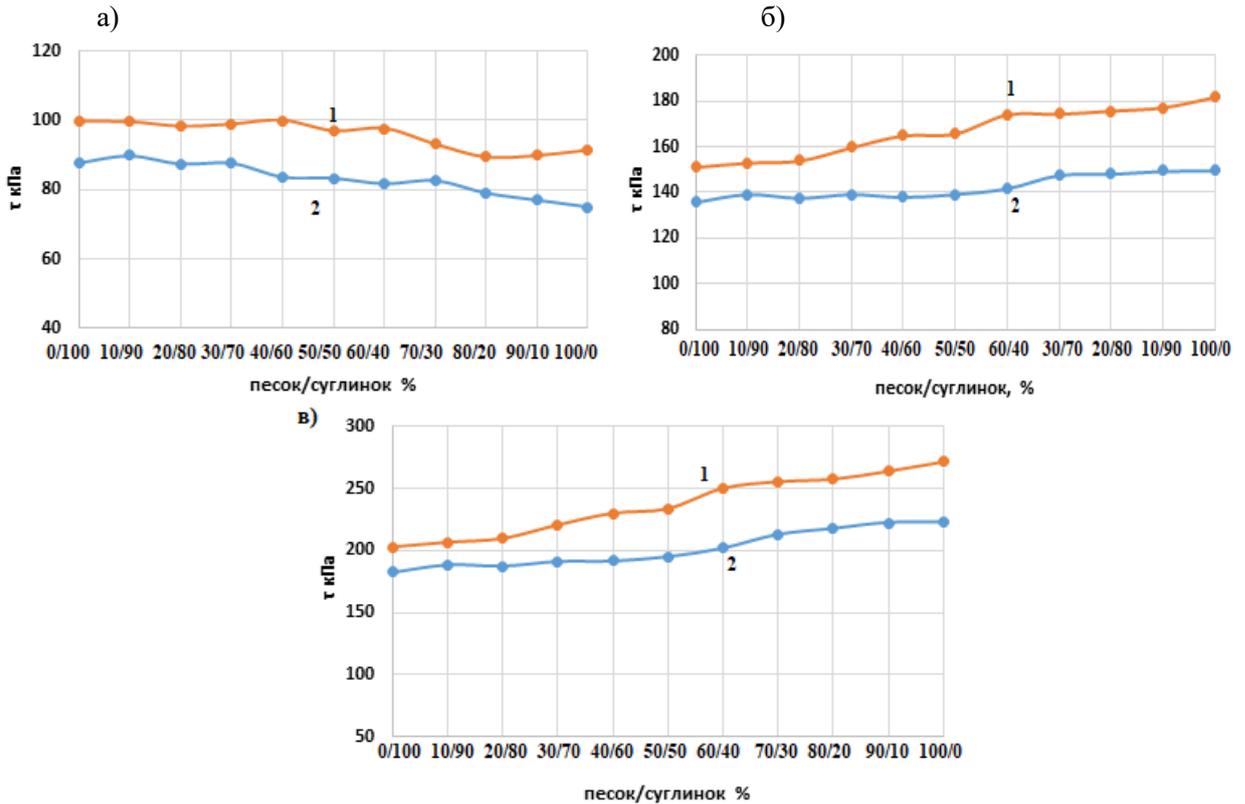


Рис. 7. Графики зависимости касательного напряжения τ от состава композитного грунта: 1- для крупных песков и суглинков; 2- для песков средней крупности и суглинков: при нормальном напряжении а) $\sigma = 100$ кПа; б) $\sigma = 200$ кПа; в) $\sigma = 300$ кПа.

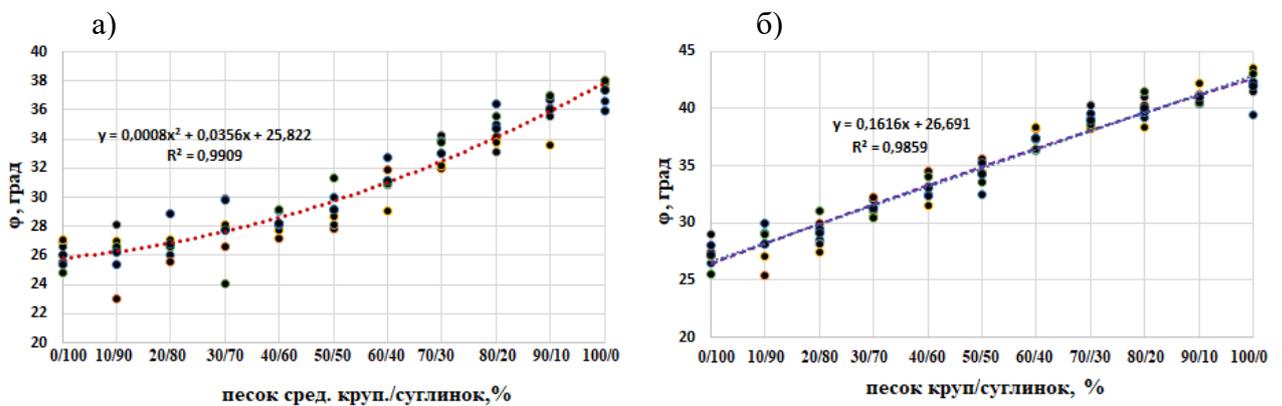


Рис 8. Зависимости угла внутреннего трения от состава композитных грунтов: а) для песков средней крупности и суглинков; б) для крупных песков и суглинков.

Касательное напряжение τ увеличивается в 1,5 раза, при наличии крупного песка в составе композитного грунта, по сравнению с песком средней крупности.

Исследования показали, что добавление песка в состав композитных грунтов приводит к увеличению касательного напряжения τ при более высоких значениях нормального напряжения σ ($\sigma = 200 \div 300$ кПа).

Графики зависимости угла внутреннего трения от состава композитных грунтов показаны на рис. 8.

Таблица 1

Таблица нормативных значений физико-механических показателей различного состава смеси песков средней крупности и суглинков

Песок средней крупности	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Суглинок $J_p=0,08$	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
$W_{орг}, \%$	17÷16	16÷15	15÷14	14÷13	13÷12	12÷11	11÷10	10÷9	9÷8	8÷7	7÷6
$\rho_{max} \text{ г/см}^3$	2,02	2,11	2,14	2,17	2,15	2,09	2,00	1,98	1,8	1,78	1,77
$\rho_d, \text{ г/см}^3$	1,736	1,815	1,83	1,90	1,89	1,871	1,82	1,8	1,728	1,651	1,617
$\rho_s \text{ г/см}^3$	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
e_0	0,5	0,48	0,46	0,40	0,396	0,45	0,465	0,47	0,51	0,59	0,60
$E_0, \text{ МПа}$	27,41	28,82	29,06	30,24	31,11	32,47	34,17	36,06	37,16	38,95	39,43
$C, \text{ кПа}$	42	40,58	37,5	35,15	30,71	27,55	21,73	17,65	9,79	4,33	2,22
$\phi, \text{ град}$	26,08 ⁰	26,21 ⁰	26,79 ⁰	27,74 ⁰	28,19 ⁰	29,17 ⁰	31,08 ⁰	33,02 ⁰	34,68 ⁰	36 ⁰	37,31 ⁰

Таблица 2

Таблица нормативных значений физико-механических показателей различного состава смеси крупных песков и суглинков

Песок крупный	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Суглинок $J_p=0,11$	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%
$W_{орг}, \%$	15÷16	14÷15	13÷14	11÷12	11÷12	9÷10	8÷9	7÷8	6÷7	5÷6	5÷4
$\rho_{max} \text{ г/см}^3$	2,11	2,14	2,15	2,199	2,21	2,13	2,10	2,09	2,00	1,81	1,79
$\rho_d, \text{ г/см}^3$	1,83	1,87	1,91	1,94	1,96	1,93	1,90	1,89	1,82	1,73	1,71
$\rho_s \text{ г/см}^3$	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66	2,66
e_0	0,48	0,47	0,46	0,36	0,34	0,365	0,37	0,40	0,41	0,45	0,49
$E_0, \text{ МПа}$	28,65	29,57	30,56	32,98	34,76	35,81	37,25	39,62	40,15	44,01	46,04
$C, \text{ кПа}$	48,1	46,2	42,69	38,05	34,96	29,68	21,39	12,28	5,67	3,11	1,64
$\phi, \text{ град}$	27,27 ⁰	28,13 ⁰	29,09 ⁰	31,28 ⁰	33,04 ⁰	34,25 ⁰	37,36 ⁰	39,01 ⁰	40 ⁰	41,03 ⁰	42 ⁰

По результатам экспериментов с крупными песками, при увеличении содержания скелетной (песчаной) фракции с 10 до 70%, угол внутреннего трения

увеличивался до 10^0 - 11^0 , а у песка средней крупности - до 7^0 - 8^0 . Установлено, что с увеличением содержания песчаной фракции до 80%, угол внутреннего трения увеличивается практически линейно.

Согласно приведенным выше результатам экспериментов, улучшение прочностных и деформационных характеристик грунтов достигалось при добавлении в суглинок 30-50% песка.

В таблице 1 представлены нормативные значения физико-механических показателей для песков средней крупности и суглинков.

Нормативные значения результатов для крупного песка и суглинка, представлены в таблице 2.

Еще одним важным показателем грунта является водопроницаемость. Начиная с 100% крупного песка и заканчивая 0%, коэффициент фильтрации смеси определялся в соответствии с общепринятым методом с использованием дистиллированной воды в приборе КФ-ОМ. (Рис 9). Результаты эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3

Таблица коэффициентов фильтрации композитных грунтов разного состава, полученных в результате эксперимента

Песок /суглинок, %											
K_f см/с	0/100	10/90	20/80	30/70	40/60	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
	$8,1 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-8}$	$4,1 \cdot 10^{-7}$	$9,3 \cdot 10^{-6}$	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	$1,35 \cdot 10^{-3}$



Рис 9. Процесс испытания в приборе КФ-ОМ

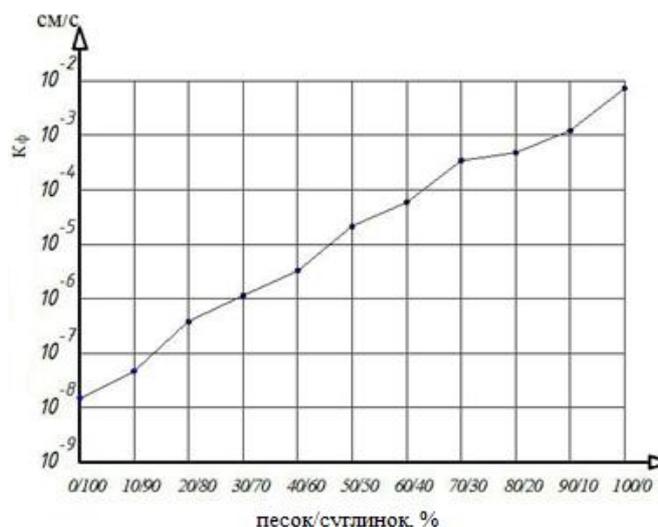


Рис 10. График зависимости коэффициента фильтрации K_f от различного состава композитного грунта

Графики зависимости коэффициента фильтрации композитных грунтов различного состава по данным таблицы 3 представлен на рисунке 10.

Для композитных грунтов различного состава максимальная водопроницаемость наблюдалась в крупном песке ($K_f=10^{-3}$), а минимальное значение - в суглинке ($K_f =10^{-8}$). Можно сделать вывод, что для улучшения

водонепроницаемости композитных грунтов необходимо увеличить количество содержащихся в них глинистых частиц при максимальном уплотнении.

Для вероятностно-статистического анализа результатов экспериментальных испытаний необходимо обеспечить представительность выборки (количества испытаний) для определения физико-механических показателей композитных грунтов различного состава.

Количество опытов, необходимых для обеспечения достоверности различных показателей, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Показатели	Песок /суглинок, (%)											
	0/100	10/90	20/80	30/70	40/60	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0	Общий
	Число определений											
Оптимальная влажность, $W_{\text{опт}}$ (%)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
Влажность на пределе текучести, W_L (%)	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	42
	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	42
Влажность на пределе пластичности, W_p (%)	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	42
	7	7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	42
Плотность твердых частиц, ρ_s (г/см ³)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	77
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	77
Плотность, ρ (г/см ³)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
Максимальная плотность, ρ_{max} (г/см ³)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	121
Модуль деформации, E_0 (МПа)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	77
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	77
Сила сцепления, C (кПа)	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	70
	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	70
Угол внутреннего трения, φ (град)	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	70
	6	6	6	7	7	7	6	6	7	6	6	70
Общий												1440

В лабораторных условиях проведены масштабные экспериментально-испытательные работы на образцах композитных грунтов, по результатам которых выполнен вероятностно-статистический анализ. На основе экспериментальных исследований разработана вероятностная методика количественной оценки надёжности значений C , φ и E_0 .

Таблица 5

Таблица нормативных и расчетных прочностных и деформационных характеристик оптимального состава смеси пропорций песка средней крупности и суглинка

№	Песок ср.круп/ суглинок %	Показатели	Ед/изм.	Значения				
				Норматив.	Расчётные			
					Доверительная вероятность			
					$\alpha=0,85$	$\alpha=0,90$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,99$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30/70	Модуль деформации, E_0	МПа	30,24	28,59	28,14	27,39	25,48
2		Угол внутр.трения, ϕ	град	27, 74 ⁰	26,68 ⁰	26,37 ⁰	25,84 ⁰	24,39 ⁰
3		Сила сцепления, C	кПа	35,15	34,66	34,51	34,27	33,60
1	40/60	Модуль деформации, E_0	МПа	31,22	29,55	29,037	28,26	26,27
2		Угол внутр.трения, ϕ	град	28,19 ⁰	27,91 ⁰	27,83 ⁰	27,68 ⁰	27,29 ⁰
3		Сила сцепления, C	кПа	30,72	29,53	29,20	28,6	26,98

Таблица 6

Таблица нормативных и расчетных значений оптимального состава смеси крупного песка и суглинка

№	Песок круп/ суглин. %	Показатели	Ед/изм.	Значения				
				Норматив.	Расчётные			
					Доверительная вероятность			
					$\alpha=0,85$	$\alpha=0,90$	$\alpha=0,95$	$\alpha=0,99$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	30/70	Модуль деформации, E_0	МПа	32,98	32,13	31,89	31,503	30,51
2		Угол внутр.трения, ϕ	град	31,28	30,98 ⁰	30,90 ⁰	30,75 ⁰	30,35 ⁰
3		Сила сцепления, C	кПа	38,05	37,10	36,83	36,35	35,06
1	40/60	Модуль деформации, E_0	МПа	34,76	33,62	33,31	32,79	31,47
2		Угол внутр.трения, ϕ	град	33,03 ⁰	32,49 ⁰	32,34 ⁰	32,07 ⁰	31,33 ⁰
3		Сила сцепления, C	кПа	34,96	34,39	34,22	33,93	33,15

В таблицах 5 и 6 приведены значения нормативных и расчетных значений показателей прочности и деформативности для оптимального состава композитных грунтов, в пределах доверительной вероятности $\alpha=0,85$, $\alpha=0,90$, $\alpha=0,95$, $\alpha=0,99$.

В третьей главе диссертации, названной “**Методы определения модуля деформации композитных грунтов**”, в связи с недостаточностью исследований композитных грунтов, основное внимание уделено модулю деформации E_0 , который является основным показателем деформируемости. Перечислены преимущества и недостатки лабораторных и полевых методов определения сжимаемости. В связи с тем, что полевые эксперименты сложны, но достоверны, их сравнили с лабораторными результатами.

Был предложен коэффициент перехода m_k от лабораторных к полевым испытаниям. Испытания на сжатие в лабораторных испытаниях были проведены соответствии с ГОСТ 12248-2010 на компрессионных приборах КПр-1М (рис.11).

Деформация образца грунта под действием внешней нагрузки в приборе сжатия происходит преимущественно за счет уменьшения объема пор. Для оптимального состава 40 % крупного песка и 60 % суглинка, при влажности 12-13 %, было определено изменение коэффициента пористости под действием каждой ступени нагрузки, результаты которых представлены на рисунке 12.



Рис 11. Определение показателей композитных грунтов в компрессионном приборе

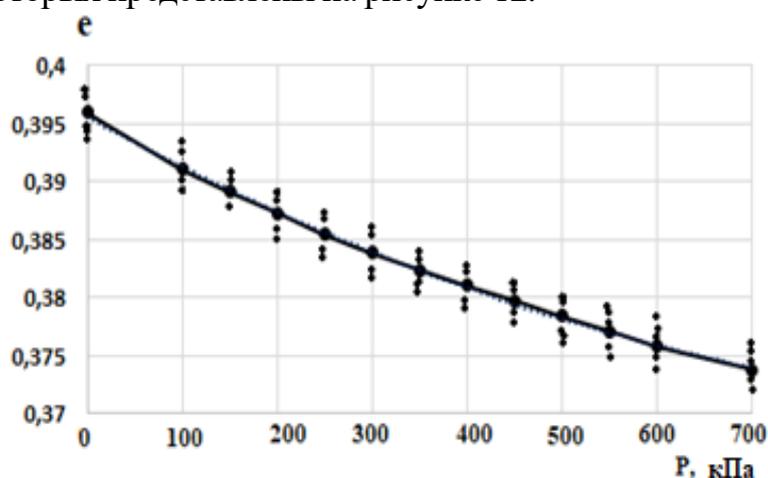


Рис.12. График зависимости коэффициента пористости композитного грунта для оптимального состава 40% крупного песка и 60% суглинка с влажностью 12-13%, от давления: $e=f(p)$

Результаты испытаний, представлены в таблице 7.

Графики изменения модуля деформации в различных диапазонах давлений, построенных по данным таблице 7, показаны на рисунке 13.

Полевые испытания композитных грунтов с использованием штампа. Для испытания композитных грунтов с использованием штампа в полевых условиях были выбраны две строительные площадки: а) основание жилого здания; б) дорожное полотно.

а) Испытания основания жилого дома. В качестве экспериментальной площадки было выбрано основание многоэтажного 52-комнатного жилого дома,

строящегося в районе улицы Буюк-Эль, дом 35 в микрорайоне "Кайнама" Самаркандского района.

Таблица 7

Значения модулей деформации в различных диапазонах сжимающих давлений

Давление Р, кПа	Коэффициент сжимаемости, m_0	Коэффициент относительной сжимаемости, m_v	Модуль деформации E_0 , МПа	Давление Р, кПа	Коэффициент сжимаемости, m_0	Коэффициент относительной сжимаемости, m_v	Модуль деформации E_0 , МПа
0	0	0	0	0	0	0	0
0.....100	0,0053	0,00351	17,1	0.....100	0,0053	0,0035	17,1
100...200	0,0040	0,00267	31,4	0.....200	0,0047	0,0031	21,8
200...300	0,0033	0,00220	35,2	0.....300	0,0043	0,0029	23,4
300....400	0,0029	0,00191	38,7	0.....400	0,004	0,0027	25,8
400....500	0,0030	0,00197	42,3	0.....500	0,0038	0,0025	27,8
500.....600	0,0028	0,00186	48,7	0.....600	0,0036	0,0024	30,4
600.....700	0,0022	0,00145	51,4	0.....700	0,034	0,0023	34,7
Сред.			37,82				25,86

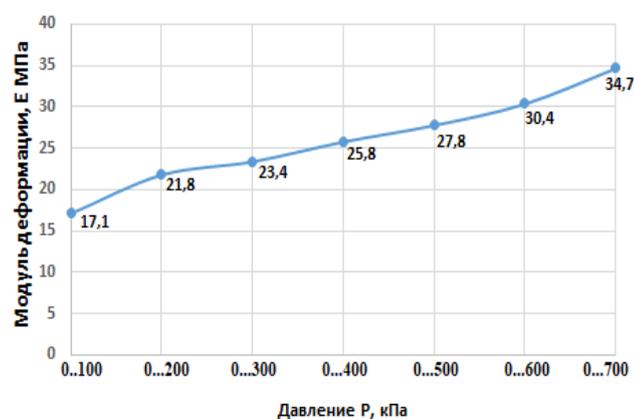
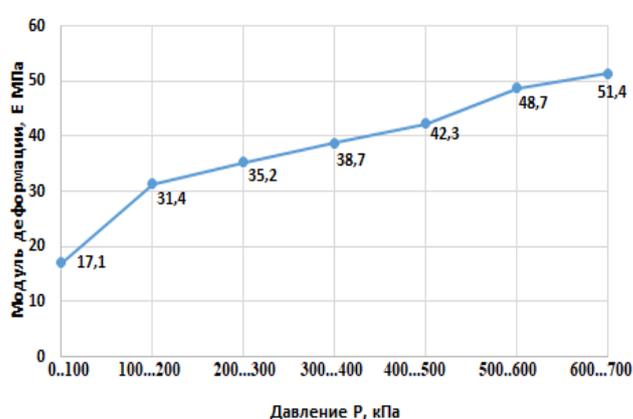


Рис.13. Графики зависимости модуля деформации E_0 композитного грунта оптимального состава 40% крупного песка и 60% суглинка при влажности 12-13%, от различных диапазонов давлений.

Для проведения испытаний на строительной площадке был выкопан котлован размерами – 3,6x2, 4 м, глубиной - 0,80 м (рис. 14, а). В котлован по 20 см (несколько слоев) насыпали смесь из 40% крупного песка и 60% суглинка (композитный грунт) и поэтапно уплотняли (рис. 14, б). Следует отметить, что для уплотнения суглинка до максимальной плотности традиционным методом требуется 11–12 проходов, тогда как для композитных грунтов — 7–8 проходов.

После подготовки основания, по ГОСТу 20276.1-2020 осадка штампа под действием нагрузки фиксировалась на каждом этапе, до условной стабилизации (рис. 14, в).

График зависимости осадки от напряжения уплотненного композитного грунта, представлен на рис. 15.

а)



б)



в)



Рис. 14. Процессы испытания основания жилого здания в полевых условиях: а) готовый вид котлована; б) процесс уплотнения с использованием катка; в) процесс штамповых испытаний композитных грунтов.

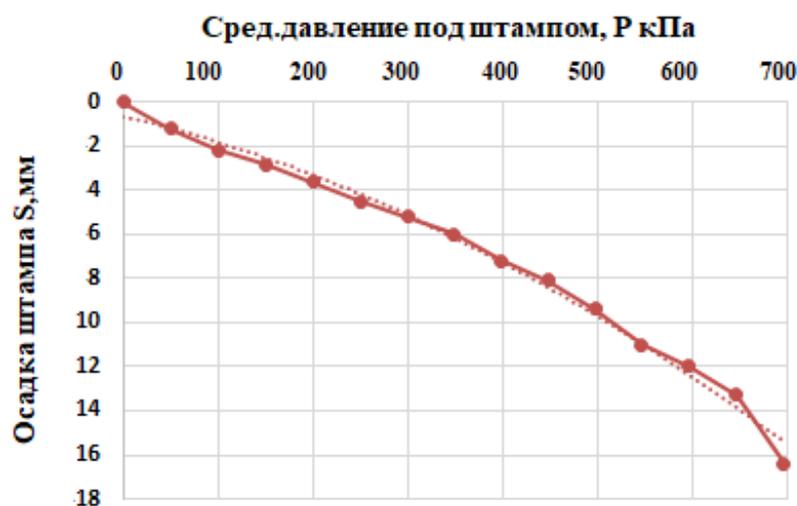


Рис. 15. График зависимости осадки уплотненного композитного грунта от напряжений

Для того чтобы определить просадочные свойства уплотненного композитного грунта, копали траншею и отбирали пробы через каждые 15 см. Просадочные свойства образцов были определены методом "двух кривых" в компрессионном устройстве (одомере) результаты которых представлены на рисунке 16.

При испытании компрессионным методом разных слоев композитных грунтов не обнаруживалось превышения значения относительной просадочности $\varepsilon_{sl} = 0,01$. Уплотнение композитного грунта привело к потере просадочности грунта.

б) Штамповые испытания дорожного полотна.

С целью использования композитных грунтов при строительстве дорожного полотна, полевые исследования проводились на шоссе по улице Х. Абдуллаева, г. Самарканда.

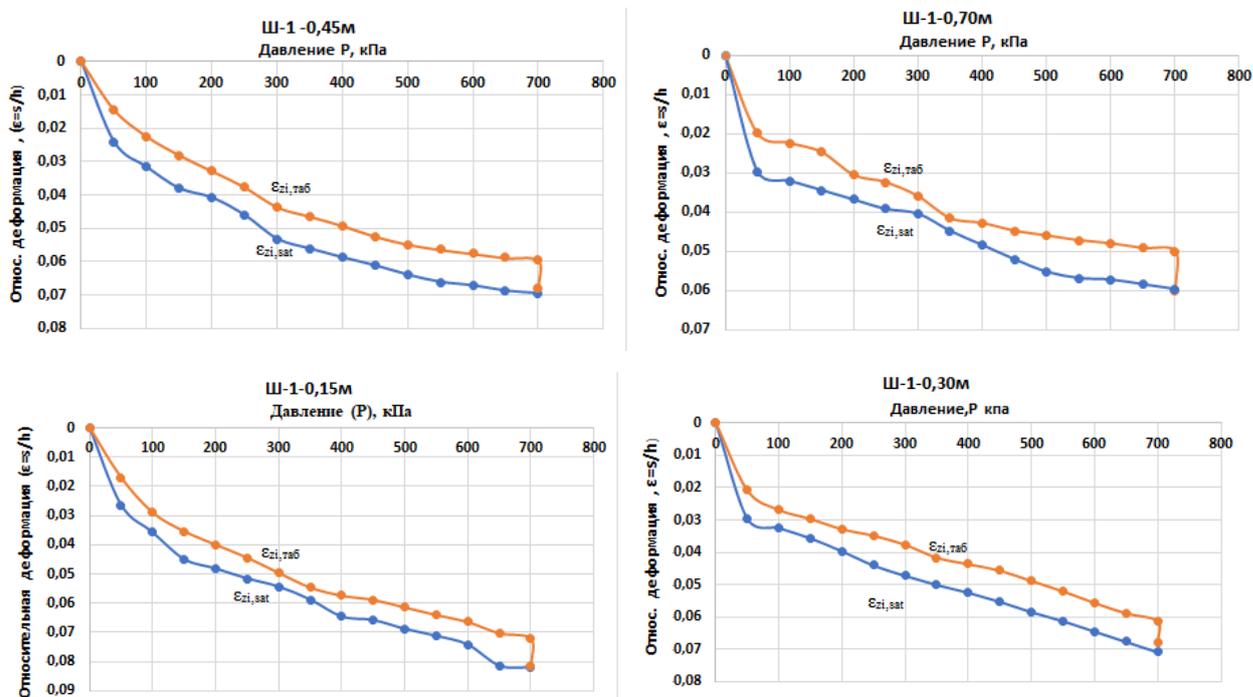


Рис. 16. Графики относительной просадочности образцов уплотненного композитного грунта различной глубины: $\epsilon_{zi,таб}$ – при естественно влажном состоянии; $\epsilon_{zi,sat}$ – при водонасыщенном состоянии

Для испытания штампа на отдельных участках экспериментальной площадки были выкопаны траншеи на глубину основания полотна.

Смесь из 40% крупного песка и 60% суглинка влажностью 12-13% (композитный грунт) укладывали в 4 слоя толщиной 20 см (после уплотнения каждого слоя толщина составила 15 см). (рис. 17).

Каждый слой дорожного полотна, выполненного из композитного грунта, был уплотнен с помощью катка (Dinapac), чтобы сформировать рабочий слой толщиной 60 см. Для определения модуля динамической упругости дорожного полотна использовалось оборудование TERRATEST 5000 BLU (рис. 18). Согласно результатам экспериментов, динамический модуль упругости композитных грунтов составил $E_{vd} = 165 \div 170$ МПа.

Поэтапно увеличивая нагрузку на штамп, с помощью индикаторов измеряли осадку, происходящую на каждой ступени. Процессы испытания приведены на рисунке 19. По результатам испытаний дорожного полотна, построенный график зависимости осадки от напряжения представлен на рис. 20.

Расчетные значения модулей деформаций на основе осадки композитных грунтов, определенных в экспериментах, определяли по методу Ф. Шлейхера, согласно ГОСТ 20276.1-2020:

$$E = (1 - \mu^2) K_1 \cdot D \frac{\Delta p}{\Delta S} \quad (1)$$

где: μ – коэффициент Пуассона;

K_1 – коэффициент, принимаемый для жесткого круглого штампа равным 0,79;

D – диаметр штампа, см;

Δp – приращение давления на штамп, кПа;

ΔS – приращение осадки штампа, соответствующее Δp , см;

По мнению Н. А. Цытовича, эти отношения выглядят так:

$$E = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{p \cdot D \cdot (1 - \mu^2)}{S} \quad (2)$$

Значения те же что в формуле (1).



Рис.17. Процесс подготовки экспериментов для дорожного полотна.



Рис.18. Экспериментальные процессы на устройстве Terratest 5000 BLU.



Рис. 19. Процесс испытаний дорожного полотна штампом.



Рис.20. График зависимости осадки композитного грунта дорожного полотна от напряжений.

Для сравнения данные испытаний штамповых модулей деформаций, полученные по результатам эксперимента, и рассчитанные по выражениям (1)-(2), представлены в таблице 8.

Для определения модуля деформации в полевых условиях на основе компрессионного модуля деформации рекомендуется:

$$E_{um} = m_k E_{oed}, \quad (3)$$

где m_k – коэффициент перехода определяемый из соотношения $\frac{E_{um}}{E_{oed}}$;

E_{um} – значение штампового модуля деформации;

E_{oed} – значение компрессионного модуля деформации.

Графики модулей деформаций, по результатам испытаний штампа с использованием данных таблицы 8, приведены на рисунках 21 и 22

Таблица 8

Таблица расчетных значений модуля деформации, определенных на основе экспериментов композитных грунтов

Диаметр штампа D , см	Нагрузка N кг	Давление под штампом p , кПа	Осадка штампа, S , см	Значение модуля деформаций, МПа	
				$E = (1 - \mu^2) K_1 \cdot D \frac{\Delta p}{\Delta S}$	$E = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{p \cdot D \cdot (1 - \mu^2)}{S}$
28,3	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00
	3,14	49,95	0,125	35,4	34,1
	6,28	99,89	0,221	35,35	33,87
	9,42	149,84	0,284	34,79	31,2
	12,56	199,78	0,363	32,37	29,3
	15,7	249,73	0,450	29,41	26,5
	18,84	299,67	0,520	28,35	25,11
	21,98	349,06	0,600	26,5	23,54
	25,12	398,29	0,72	24,6	21,4
	28,26	447,37	0,810	22,4	18,99
	31,4	497,08	0,940	20,49	17,1
	34,54	546,79	1,1	17,98	15,6
	37,68	596,50	1,20	16,6	13,4
	40,82	646,20	1,330	15,47	12,1
	43,96	695,91	1,64	11,52	10,1

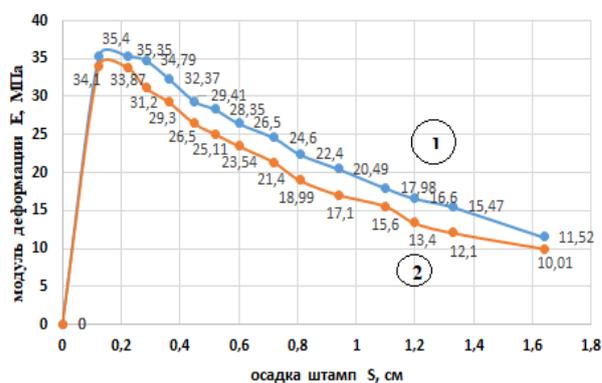


Рис. 21. Графики зависимости модулей деформаций E от осадки S : для 1-согласно выражению (1); 2-согласно выражению (2).

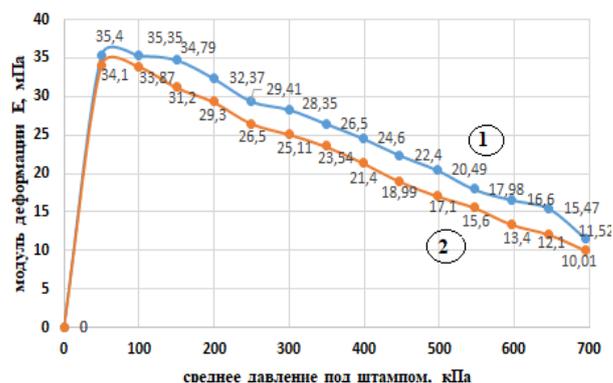


Рис. 22. Графики зависимости модулей деформаций E от давления P : для 1-согласно выражению (1); 2-согласно выражению (2).

Результаты полевых и лабораторных (компрессионных) экспериментов позволили установить коэффициент перехода от лабораторного модуля к полевому m_k , значения которого представлены в таблице 9.

Для решения практических вопросов было предложено использовать коэффициент перехода m_k .

В четвертой главе диссертации, названной “**Применение результатов научно-исследовательской работы**” изложено применение композитных грунтов в искусственных основаниях фундаментов, в заднем и переднем пространствах подпорных стенок, в дорожном строительстве.

Для **фундаментов мелкого заложения** было проведено сравнение двух вариантов искусственного основания строящегося многоэтажного жилого дома в микрорайоне "Кайнама" Самаркандского района. Традиционный метод уплотнённого суглинка и предлагаемый метод уплотнённого композитного грунта были рассчитаны в программном комплексе ЛИРА-САПР. По результатам расчетов, в зоне активного сжатия мощностью 3 м осадка фундамента на традиционном основании составляет $S=81$ мм, в то время как на композитном основании - $S=75,6$ мм. При этом, расчетное сопротивление увеличивается в 1,5-1,8 раза, что, в свою очередь, приводит к уменьшению размеров фундаментов.

Таблица 9

Таблица результатов расчета общего модуля деформации

Вид грунта	Модуль деформаций, МПа		Коэффициент перехода m_k
	Полевой (штамповый) $E_{шт}$	Компрессионный $E_{оед}$	
Композитный грунт (40% песок крупный 60% суглинок)	34,79	31,4	1,1
	29,41	35,2	0,835
	26,5	38,7	0,685
	24,6	42,3	0,581
	22,4	48,7	0,459
	20,49	51,4	0,398

Расчёт подпорных стен сравнивался на примере тоннеля, построенного на пересечении улиц Гагарина и Мирзо Улугбека в г. Самарканде, где задняя и передняя полости подпорных стенок были заполнены местным грунтом (суглинком) и предлагаемыми композитными грунтами.

Сопоставительные расчеты показали, что при использовании композитных грунтов, активное давление снижается на 31,4%, а пассивное увеличивается на 34%. Это приводит к повышению устойчивости подпорных стенок и значительной экономии строительных материалов.

В рамках проекта “**Применение композитных грунтов в дорожном строительстве**” была выбрана реконструкция дорожного полотна на улице Х. Абдуллаева, в г. Самарканде, где рассматривались три варианта.

При использовании композитного грунта для проектируемого дорожного покрытия площадью 1000 м² расход материала, по сравнению с грунт-цементом (цемент М-200), уменьшается на 88 млн сумов (23,4%). В то же время, по сравнению с гравийно-песчаной смесью (С7-10 мм), экономия составляет 77 млн сумов (20,67%), что свидетельствует об экономической эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан оптимальный состав композитных грунтов — смеси суглинка со средним песком и суглинка с крупным песком.

2. С учетом физических показателей композитных грунтов оптимального состава и влажности, было установлена связь между физическими показателями и показателями прочности, деформативности и водопроницаемости. Для каждого показателя были обеспечены представительность выборки. Рекомендованные показатели для практического применения представлены в виде таблиц и графиков.

3. На основе экспериментальных исследований оптимального состава композитных грунтов с применением математической статистики и теории вероятностей были установлены, нормированы и рассчитаны значения прочностных и деформационных характеристик композитных грунтов, в зависимости от их физических показателей. При этом, расчётные значения установлены при различных доверительных границах.

4. Установленные показатели прочности и деформативности композитных грунтов при различных границах надежности, позволяют учитывать степень ответственности проектируемых зданий и сооружений.

5. Предложен “коэффициент перехода” для определения модуля деформации, определяемого штампом, с использованием показателя деформации грунта, определенного на компрессионном приборе.

6. При проектировании фундаментов жилых зданий подтверждено, что в композитных грунтах, по сравнению с традиционными основаниями, осадка уменьшается, а расчетное сопротивление возрастает в 1,5–1,8 раза, что позволяет значительно снизить размеры фундаментов.

7. При расчете подпорных стен установлено, что использование композитных грунтов для засыпки снижает активное давление на 31,4 %, по сравнению с традиционным грунтом, а пассивное давление повышается на 34 %.

8. Установлено, что использование композитного грунта в качестве дорожного полотна, является экономически эффективным по сравнению с традиционными методами: на 23,4% при использовании грунтоцемента марки М200 и на 20,67% при использовании гравийно-песчаной смеси.

SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES
SCIENCES PhD26/26.01.2023.T.109.02 UNDER SAMARKAND
UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING
SAMARKAND STATE ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTION
UNIVERSITY NAMED AFTER MIRZO ULUGBEK

AZIMOVA SHAKHLO NIZOMOVNA

**THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF COMPOSITE SOILS ON
THEIR MECHANICAL PROPERTIES**

**05.09.02 – Basements, foundations and underground structures. Bridges and transport
tunnels. Roads and subways**

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

Samarkand-2025

The topic of the dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences is registered with the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan № B2025.1.PhD /T5478.

The doctoral dissertation (PhD) was prepared at Samarkand State Architecture and Construction University.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available on the web page of the Scientific Council (www.samdaqu.edu.uz) and on the Information and Educational Portal (www.ziyonet.uz).

Supervisor: **Sirojiddinov Zayniddin Sirojiddinovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor.

Official opponents: **Sultanov Karim Sultanovich**
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Madatov Abdurahim Madatovich
Candidat of Technical Science, Associate Professor

Leading organization: **“O‘ZOG‘IRSANOATLOYIHA” AJ**

The defense of the dissertation will take place on “__” _____ 2025 at __⁰⁰ at the meeting of the Scientific Council № PhD.26/30.12.2019. T. 11.01 awarding scientific degrees at the Samarkand State Architecture and Construction University. Address: 140147, Samarkand, Lolazor Street, 70. Phone (0366) 237-19-53, Fax: (0366) 237-26-30, e-mail: samdaqu@edu.uz, samdaquarm@samdaqi.edu.uz.

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Samarkand State Architecture and Construction University (registration number №__). The dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 140147, Samarkand, Lolazor Street, 70. Phone (0366) 237-19-53, Fax: (0366) 237-26-30, e-mail: samdaqu@edu.uz, samdaquarm@samdaqi.edu.uz.

The abstract of the dissertation sent out on “__” _____2025.
(Mailing report № __ dated “__” _____2025).

V.F. Usmanov
Temporarily in charge chairman of the Scientific Council
awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

D.T. Inoyatov
Scientific secretary of the Scientific
Council awarding scientific degrees,
Doctor of Philosophy, (PhD)

E.S. Tulakov
Chairman of the Scientific seminar of the
Scientific Council awarding scientific degrees,
Doctor of Technical Sciences, Professor

INTRODUCTION (Abstract of Doctor of Philosophy (PhD) dissertation)

The aim of the study. The main aim is to create methods that allow determining the effective formation of composite soils consisting of a mixture of sand (of medium coarseness and coarse) and clay soil of disturbed structure, widely used in construction practice, as well as stating normative and calculated values, normative indicators of deformation, strength, and water permeability on the basis of their physical properties.

Research objectives.

- study of sources, available publications devoted to physical and mechanical properties of composite soils;

-conducting experimental studies to determine the optimal mixture structure for composite soils;

-by means of probabilistic-statistical processing of experimental results to establish normalized values of deformation modulus, cohesion force, angle of internal friction and filtration coefficient of composite soils of optimal composition;

- to establish normative and calculated values of strength and deformation indices depending on physical indices of composite soils of optimal structure and moisture content.

Research methods. Experimental (laboratory and field) tests, as well as probabilistic and statistical processing of research results.

The scientific novelty of the research is as follows:

based on the results of experimental investigations, the optimal composition and moisture content of the sand–clay mixture (composite soil) were substantiated;

for the optimal structure of composite soils, standard (tabulated) values of physical and mechanical properties were developed using a probabilistic–statistical approach within various probability ranges;

a “transition coefficient” was proposed for the optimal composite soil structure, which can be applied to determine the actual (field-determined) deformation modulus based on the laboratory-determined compression modulus;

the experimental findings demonstrate that the application of composite soils is more effective than the use of conventional soils in construction practice.

Practical results of the study.

it was proven that the use of composite soils can significantly reduce the incidence of the foundation base and increase the design resistance by 1.5-1.8 times;

it was determined that the dimensions of the foundation of a residential building are significantly reduced;

a decrease in "active" pressure and an increase in “passive” pressure acting on the retaining walls were scientifically based;

the economic efficiency of composite soils was confirmed in road base construction.

Implementation of the research results. The developed method for determining the optimal structure of composite soils was implemented in the following projects:

As part of the construction of the foundation for a multi-story residential building projected by LLC “Mardi Bunyodkor Qurilish” in the territory of the “Qaynama” makhalla of the Samarkand district (Certificate issued by the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan dated February 25, 2025, No. 04-06/2188), the developed method was successfully implemented. As a result of applying the method, foundation settlement was reduced by 6.4 mm in the active compression zone of a depth of 3 meters, the calculated bearing capacity of the foundation increased by 1.5–1.8 times, and the cost of foundation design solutions was reduced.

During the reconstruction of the road surface on Kh. Abdullayev Street in the city of Samarkand, with the participation of LLC “Samarqandyulloyihalash” and based on the performed calculations and design solutions (Certificate of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Republic of Uzbekistan No. 04-06/2188 dated February 25, 2025), the application of the method resulted in an economic efficiency of 20.67% compared to the use of a gravel-sand mixture of grade C7-10 mm per 1000 m² of asphalt concrete pavement.

Publication of the research results. In total, 15 scientific articles and abstracts were published on the subject of the dissertation, including 4 in foreign and 11 in republican journals recommended by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, general conclusions, a bibliography of 114 titles, and appendices. The total volume of the dissertation is 109 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; part I)

1. Сирожиддинов З.С., Азимова Ш.Н. Физико-механические свойства композитных грунтов //Проблемы механики. -2024. №4. - С 19-29. [05.00.06].
2. Sirojiddinov Z.S., Azimova Sh.N. Kompozit gruntlarning xususiyatlarini o'rganish masalalari// Me'morchilik va qurilish muammolari. -2023.№4.-В. 107-109. [05.00.14].
3. Mirzayev A., Azimova Sh. Strukturasi buzilgan gilli grunt va yirik qum aralashmasining fizik va deformatsiya ko'rsatkichlarini tajribaviy natijalari.// Me'morchilik va qurilish muammolari.-2011. №1. -В. 12-14. [05.00.14].
4. Azimova Sh.N. O'rtacha yiriklikdagi qum va gilli grunt aralashmasining fizik va deformatsion ko'rsatkichlarini tajribada aniqlash//Me'morchilik va qurilish muammolari.-2018. №3. -В. 71-73. [05.00.14].
5. Kayumov A.D, Azimova Sh. N. Calculated specifications of macroclastic soils of the highway soil beds. // Issue 4 of European Scholar Journal , April 2022 №3, 88-92 p. IF.7.234.
6. Kayumov A. D, Azimova Sh. N. Method for determining the maximum density and optimal moisture content of coarse soils// Journal of Texas Journal of Engineering and Technology, June 2022 №9, 7-11 p. IF.5.577.
7. Azimova Sh.N. Method for Determining the Maximum Density and Optimal Moisture Content of Coarse-Grained Soils by the Proctor Method // Genius Journals Publishing Group, Brussels, Belgium April 2023 №3, 83-87p. IF.8.105.
8. Азимова Ш.Н. Способ определения максимальной плотности и оптимальной влажности крупнообломочных грунтов с помощью проктора// Меъморчилик ва қурилиш муаммолари. – 2023. №2.-В. 103-105. [05.00.14].
9. Azimova Sh.N., Kurbanov B.I. Kompozit gruntlar tarkibini fizik va mexanik ko'rsatkichlariga ta'siri//Me'morchilik va qurilish muammolari.-2024. №2.- В. 82-85. [05.00.14].
10. Azimova Sh. and Kurbanov B. (2024). Effect of the Composition of Composite Soils on Physical and Mechanical Indicators. №2 Scopus AIP Conference Proceedings (ISSN:0094-243X; E-ISSN:1551-7616). Q 4.

II бўлим (II часть; part II)

11. Mirzayev A., Azimova Sh. Qum va gil gruntlar aralashmasining xossalarini aniqlash./“Yosh olimlar, magistrantlar va bakalavriant” mavzusidagi VIII Respublika ilmiy-nazariy konferentsiya materiallari. Samarqand, 2011.-B. 146-149.
12. Mirzayev A., Azimova Sh. Strukturasi buzilgan gilli grunt va yirik qum aralashmasining fizik va deformatsiya ko'rsatgichlarini tajribaviy natijalari./“Yosh olimlar, magistrantlar va bakalavriant” mavzusidagi VIII Respublika ilmiy-nazariy konferentsiya materiallari. Samarqand, 2011.-B. 143-146.
13. Azimova Sh., Ravshanov A. Qumli va gilli grunt aralashmasidan tashkil topgan sun'iy asoslarning maksimal mustahkamlikka erishish uchun optimal tarkibini aniqlash./ “Arxitektura va qurilish sohalarida innovatsion texnologiyalarni qo'llash istiqbollari” mavzusidagi Xalqaro ilmiy-texnik konferentsiya materiallari. Samarqand, 2016. -B. 39-40.
14. Azimova Sh.N. Qurilishda kompozit gruntlarning iqtisodiy samaradorligi. “Inson kapitali va texnologik innovatsiyalarni rivojlantirish, iqlim muammolari yechimi hamda resurslar samaradorligi orqali uzoq muddatli barqaror iqtisodiy o'sishga erishish ” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari. /Farg'ona, 2024. - B. 225-229.
15. Azimova Sh.N. Kompozit gruntlarni mustahkamlik va deformatsiya ko'rsatgichlarining hisobiy qiymatlari. “Mahalliy xom-ashyolar asosida qurilish materiallarini ishlab chiqarish” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy anjuman maqolalari to'plami./ Toshkent, 2024 - B. 213-218.