

**SEYSMOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.02/30.08.2022.T.97.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**SEYSMOLOGIYA INSTITUTI**

**BOZOROV JONIBEK SHAVKATOVICH**

**QURILISH MAYDONLARIDA SEYSMIK JADALLIKNI O'ZGARISHINI  
LYOSSIMON GRUNTLI ASOSLARNI MUHANDISLIK TAYYORLASH  
USULLARINI QO'LLAGAN HOLDA BAHOLASH**

**05.10.03 – Seysmik xavfsizlik**

**texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya  
AVTOREFERATI**

**Toshkent-2024**

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

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

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

**Bozorov Jonibek Shavkatovich**

Qurilish maydonlarining seysmik jadalligini o‘zgarishini lyossimon gruntli asoslarni muhandislik tayyorlash usullarini qo‘llagan holda baholash.....3

**Бозоров Жонибек Шавкатович**

Оценка изменения сейсмической интенсивности на строительных площадках с использованием методов инженерной подготовки лессовидных грунтовых оснований.....21

**Bozorov Jonibek Shavkatovich**

Assessment of changes in seismic intensity at construction sites using methods of engineering preparation of loess soil bases.....41

**E‘lon qilingan ishlar ro‘uxati**

Список опубликованных работ

List of published works.....45

**SEYSMOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.02/30.08.2022.T.97.02 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**SEYSMOLOGIYA INSTITUTI**

**BOZOROV JONIBEK SHAVKATOVICH**

**QURILISH MAYDONLARIDA SEYSMIK JADALLIKNI O'ZGARISHINI  
LYOSSIMON GRUNTLI ASOSLARNI MUHANDISLIK TAYYORLASH  
USULLARINI QO'LLAGAN HOLDA BAHOLASH**

**05.10.03 – Seysmik xavfsizlik**

**texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiya  
AVTOREFERATI**

**Toshkent-2024**

**Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.2.PhD/T4801 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Seysmologiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbekcha, ruscha va inglizcha (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida ([www.seismos.uz](http://www.seismos.uz)) va «ZiyoNet» axborot ta'lim portalida ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** **Ismailov Vaxitxan Alixanovich**  
geologiya-mineralogiya fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:** **Kayumov Abdubaki Djalilovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Aimbetov Izzet Kalliyevich**  
texnika fanlari doktori

**Yetakchi tashkilot:** **Toshkent arxitektura va qurilish universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Seysmologiya instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.02/30.08.2022.T.97.02 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil «11» dekabr soat 14<sup>00</sup> dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 100128, Toshkent shahri, Zulfiyaxonim ko'chasi, 3-uy; Tel.: +99871 241-51-70; +99871 241-74-98; E-mail: [seismologiya@mail.ru](mailto:seismologiya@mail.ru)).

Dissertatsiya bilan Seysmologiya institutining Axborot-resurslar markazida tanishish mumkin (1155 - raqam bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100128, Toshkent shahri, Zulfiyaxonim ko'chasi, 3-uy; Tel.: +99871 241-51-70.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «22» noyabr kuni tarqatildi.  
(2024 yil «22» noyabr dagi 1 - raqamli reyestr bayonnomasi)



**A.I. Tuychiev**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash raisi o'rinbosari,  
f.-m.f.d.

**M.A. Mirzaev**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash ilmiy kotibi,  
f.-m.f. falsafa doktori (PhD)

**K.Dj. Salyamova**  
Ilmiy darajalar beruvchi  
Ilmiy kengash qoshidagi Ilmiy  
seminar raisi o'rinbosari, f.-m.f.d., prof.

## KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda kuchli zilzilalar natijasida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan talafotlarni kamaytirish, shuningdek aholi va hududlarning seysmik xavfsizligini ta'minlash masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Hozirgi kunda dunyoning rivojlangan mamlakatlarida bino va inshootlarning zamin gruntlarini mustahkamligini oshirish hisobiga seysmik ta'sirni kamaytirish, bino-inshootlarni zilzilabardoshligini baholash, zamin gruntlariga muhandis-texnik ishlov berish loyihalash-qurilish ishlarini iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qilmoqda. Bu borada, zamonaviy texnologiyalarni qo'llagan holda bino va inshootlarning grunt asoslarini muhandislik tayyorlash, hamda ularni zilzilabardoshlilikini oshirish masalalariga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda seysmik faolliги yuqori bo'lgan lyossimon gruntlar tarqalgan davlatlarda bino-inshootlarning zamin gruntlarini mustahkamligini oshirishda muhandis-texnik chora tadbirlarni ishlab chiqishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda lyossimon gruntlarning cho'kuvchanlik turidan kelib chiqqan holda muhandis-texnik tayyorlash, bir xil o'lchamli modellar orqali bino va inshootlarga bo'ladigan seysmik ta'sirlarni baholash hamda seysmik jadallik o'zgarishini baholash kabi optimal uslubiyatni ishlab chiqishga doir tadqiqotlar ustivor hisoblanmoqda. Shu bilan birga, lyossimon gruntlarning seysmik mustahkamligini ta'minlash bo'yicha olib borilayotgan izlanishlarni samaradorligini oshirish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizning seysmik faol hududlarida cho'kuvchan lyossimon gruntlar tarqalgan Toshkent, Qo'qon va Termiz shaharlarining qurilish maydonlarida seysmik jadallikni kamaytirishga erishilgan. Bu borada O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi "2022–2026 yillarda yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" PF-60-sonli Farmonida, jumladan «...ekologiya va atrof muhitni muhofaza qilish, shahar va tumanlarda ekologik ahvolni yaxshilash...»<sup>1</sup> vazifalari belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda qurilish maydonlarida grunt zaminlarini zamonaviy texnologiyalar asosida muhandislik tayyorgarlik usullarini qo'llagan holda seysmik jadallikni o'zgarishini aniqlash va baholash, hamda mustahkamligini oshirish chora tadbirlarini ishlab chiqish muhim hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 30 maydagi PF-144-son "O'zbekiston Respublikasining seysmik xavfsizligini ta'minlash tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risidagi" Farmoni, 2023 yil 16 maydagi PQ-158-son "O'zbekiston respublikasi aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta'minlash tizimini yanada takomillashtirishga oid qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida" Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublikaning fan va texnologiyalarni rivojlantirish – VIII «Yer haqidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xom ashyoni qayta ishlash)» ustuvor yo'nalishlariga muvofiq bajarilgan.

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026 yillarda yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Cho'kuvchan lyossimon gruntlar tarqalgan hududlarning kuchli zilzilalar sodir bo'lgandagi seysmik jadallikni baholash va gruntlarning dinamik xossalarini o'rganish bo'yicha maqsadli tadqiqotlar xorijiy davlatlarda D.D.Barkan, H.B.Seed, H.Dezfulian, V.L.Streeter, F.E.Udwadia, R.D.Andrus, K.X.Stokoe, S.Okomoto, K.Ishixara, Ye.A.Voznesenskiy, V.N.Kutergin va boshqa olimlar tomonidan olib borilgan.

Mustaqil davlatlar hamdo'stligi davlatlarida qurilish maydonlarida grunt sharoitini hisobga olgan holda seysmik jadallik o'zgarishini baholashda S.V.Medvedov, Y.M.Abelev, N.I.Kruger, A.Y.Kurdyuk, A.S.Aleshin, A.A.Musaelyan, L.R.Stavnitser, M.V.Averochkina, A.N.Vaxtanova, A.D.Kojevnikov va boshqa olimlar o'zlarining katta hissalarini qo'shganlar.

O'zbekiston hududida tarqalgan lyossimon gruntlarni muhandislik tayyorlash hisobiga, ya'ni qurilish xandaklarini suv bilan bostirish usulini qo'llaganlikda seysmik jadallik qiymatini o'zgarishini tabiiy dala sharoitlarida baholash tadqiqotlari G'O.Mavlonov, rahbarligida S.M.Kosimov, S.A.Abduraxmonov, T.S.Valiev, M.Sh.Shermatov, V.A.Ismailov, M.P.Golberg, Z.Y.Axmedov, R.Sh.Inogamov, K.Sh.Nurmuxamedovlar tomonidan o'rganilgan. Lyoss va qumli gruntlarini seysmik ta'sirlarda cho'kish xususiyatlarini tadqiq qilish laboratoriya sharoitida X.Z.Rasulov rahbarligida Y.N.Chastoedov, S.S.Sayfiddinov, G'A.Xakimov, N.G'Mavlonova va boshqalar tomonidan olib borilgan va lyoss, qumli gruntlarni muhandislik tayyorgarlik bo'yicha bir qancha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Sohaga oid tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, cho'kuvchan gruntlar tarqalgan qurilish maydonlarda seysmik jadallikni kamaytirish va zamin gruntlarining yuk ko'tarish qobiliyatini oshirish yetarlicha o'rganilmagan. Shundan kelib chiqqan holda qurilish maydonchalaridagi asos gruntlarni muhandis-texnik tayyorgarlikdan o'tkazish evaziga hisobiy seysmiklikni baholash bo'yicha ilmiy-tadqiqotlar olib borish talab etilmoqda.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi.** Ushbu dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya instituti ilmiy tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq «Qurilish maydonlarida seysmik ta'sir va seysmik jadallik ko'rsatkichlarini kamaytirish usullarini ishlab chiqish» mavzusidagi amaliy loyihasi (2023 y.) doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** cho'kuvchan lyossimon gruntlarni muhandis-texnik tayyorlash usullarini qo'llash orqali qurilish maydonlarining seysmik jadalligini baholashdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari** quyidagilardan iborat:

cho'kuvchan lyossimon gruntlar tarqalgan qurilish maydonlarining muhandis-geologik sharoitlarini hamda gruntlarning cho'kuvchanlik turidan kelib chiqqan holda, gruntlarni sun'iy mustahkamlash usulini aniqlash;

zamonaviy kompyuter dasturlari yordamida qurilish maydonlarining 3D moldellarini yaratish hamda yaratilgan modellarda seysmik ta'sir darajalar qiymatlarini grunt zaminlarni muhandislik tayyorlash natijasida o'zgarishini aniqlash;

qurilish maydonida lyossimon grunt asoslarni turli usullarda muhandislik tayyorgarlikni qo'llash orqali seysmik jadallik orttirma qiymatining o'zgarishini aniqlash;

cho'kuvchan lyossimon gruntlar tarqalgan qurilish maydonlarida zamonaviy sun'iy mustahkamlash texnologiyalarini qo'llash orqali tanlangan usullarning iqtisodiy samaradorligini aniqlash.

**Tadqiqotning ob'ekti** sifatida O'zbekiston Respublikasi hududida tarqalgan cho'kuvchan lyossimon gruntleri tanlangan.

**Tadqiqotning predmeti** lyossimon gruntlarda muhandislik tayyorlash usullarini qo'llash natijasida qurilish maydonlarida seysmik ta'sir va seysmik jadallikni o'zgarishini baholash hisoblanadi.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishida geofizik va muhandis geologik tadqiqot usullari, jumladan seysmik qattqlik va mikrotebranishlar yozuvlari usullaridan hamda Strata va Plaxis 3D dasturlaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

cho'kuvchan lyossimon gruntlar tarqalgan qurilish maydonlarida seysmik jadallikning kamayishi muhandis tayyorgarlik usuliga va grunt qatlamining fizik-mexanik ko'rsatkichlariga uzviy bog'liqligi aniqlangan;

lyossimon gruntlarning seysmik xususiyatlarini hisobga olgan holda qurilish maydonlari uchun yaratilgan grunt modellarida seysmik tebranishlar qiymatlari (tezlanish ( $a_x$ ), tezlik ( $v_x$ ), va siljish ( $u_x$ )), grunt qatlamlarini muhandis tayyorlanganlik darajasiga ko'ra kamayishi aniqlangan;

ilk bor seysmik jadallik qiymati qurilish maydonida burg'ulama armaturali qoziqlar usulini qo'llaganda -1,22 ballargacha, temirbetonli qoziqlar usulida -1,02 ballgacha, deep soil mixing (texnologik grunt-sement qorishmali qoziqlar) qoziqlar usulida -0,91 ballgacha, grunt to'shalma usulida -0,52 ballgacha pasayishi aniqlangan;

ilk bor respublika hududining qurilish maydonlarida "Deep soil mixing" qoziqlar usulini qo'llash natijasida seysmik jadallikni 1 ballga kamaytirish mumkinligi tadqiq etilgan hamda bu usulni boshqa usullarga nisbatan samaradorligi baholangan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari:**

qurilish maydonlarida eksperimental tadqiqotlar asosida cho'kuvchan lyossimon grunt zaminlarni turli usullarda muhandis-texnik tayyorlash natijasida ularni fizik-mexanik va seysmik xususiyatlarini ifodalovchi ko'rsatkich qiymatlarining o'zgarishi aniqlangan;

qurilish maydonlaridagi lyossimon gruntli asoslarda turli muhandis-texnik tayyorgarlik tadbirlarni qo'llashdan oldingi va keyingi holatidagi seysmik jadallik orttirmaslarining o'zgarishi muhandis-seysmologik usulalarda va kompyuter dasturlari yordamida baholangan;

muhandis-texnik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holatlarda qurilish maydonining seysmik jadalligini aniqlash usullari takomillashtirilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi:** Respublika hududida cho'kuvchan lyossimon gruntlar tarqalgan qurilish maydonlarida olib borilgan muhandis-geologik, geofizik va instrumental seysmometrik tadqiqotlar, shuningdek qurilish

maydonlarida 50 ta burg‘u quduqlaridan olingan ma‘lumotlari hamda 200 tadan ortiq namuna va monolitlarda o‘tkazilgan laboratoriya ishlari va dala sharoitlarida 90 ta seysmik qidiruv tadqiqotlari o‘tkazilgan maydonlarda turli hududlari uchun muhandis-seysmogeologik qirqimlardan olingan natijalar asosida gruntlarning fizik-mexanik va seysmik xossalari bo‘yicha tahliliy ishlar olib borilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati, cho‘kuvchan lyossimon gruntlar tarqalgan qurilish maydonlarida, gruntlarni fizik-mexanik va seysmik xususiyatlarini turli muhandislik tayyorlash usullar orqali o‘zgartirishni baholashda grunt modellarini yaratilganligi va ushbu modellarni qo‘llagan holda qurilish maydonida seysmik ta‘sir jadallik miqdorini o‘zgarishini baholanganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati, lyossimon gruntlar tarqalgan qurilish maydonlarida muhandislik tayyorgarlik uslublarini qo‘llash orqali grunt qatlamlarni seysmik ta‘sirlarga mustahkamligini oshirish va kuchli zilzilalar sodir bo‘lgan vaqtda, bino va inshootlarga keladigan seysmik kuchlanishni kamaytirish, qolaversa keng ko‘lamli iqtisodiy zararlarni oldini olish va eng muhimi aholi va hududlarni seysmik xavfsizligini ta‘minlash uchun xizmat qiladi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Qurilish maydonlarida muhandis-texnik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi o‘tkazilgan muhandis-geologik, geofizik va instrumental tadqiqotlar hamda Plaxis 3D va Strata dasturlaridan foydalangan holda olingan ilmiy amaliy natijalar asosida:

seysmik jadallikni baholashda seysmik qattqlik usuli, hamda Strata va Geopsy dasturlaridan foydalangan holda olingan natijalar Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligi amaliyotiga joriy etilgan (Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024 yil 25 yanvardagi 24-06/823 son ma‘lumotnomasi). Natijada, lyossimon gruntlarda 30 m qalinlik bo‘yicha seysmik jadallik orttirmasi qiymatlari aniqlashga hamda seysmik xavfsizligini samarali baholashga imkon yaratgan;

lyossimon gruntlarni muhandis-texnik tayyorlash hisobiga qurilish maydonida seysmik jadallikning kamayishi baholash Texnik me‘yorlash va standartlashtirish ilmiy-tadqiqot instituti amaliyotga joriy etilgan (Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024 yil 25 yanvardagi 24-06/823 son ma‘lumotnomasi). Natijada, grunt to‘shalmasida  $\Delta I = 0,52$  ballga, temirbetonli qoziqlarda  $\Delta I = 1,02$  ballga, Deep soil mixing qoziqlar  $\Delta I = 0,91$  ballga, burg‘ulama armaturali qoziqlarda  $\Delta I = 1,22$  ballgacha kamayishiga imkon yaratgan;

qurilish maydonlarida qo‘llanilgan muhandis-texnik tayyorgarlik usullarini taqqoslash natijalari Texnik me‘yorlash va standartlashtirish ilmiy-tadqiqot instituti amaliyotga joriy etilgan (Qurilish va uy-joy kommunal xo‘jaligi vazirligining 2024 yil 25 yanvardagi 24-06/823 son ma‘lumotnomasi). Natijada, iqtisodiy jihatdan, shuningdek qurilish vaqtini qisqartirishdagi eng samarali usul Deep soil mixing qoziqlari bo‘lib, maydonning seysmiklik darajasini  $\Delta I = 1$  ballga kamaytirishga imkon yaratgan;

qurilish maydonlaridagi lyossimon gruntlarning seysmik xususiyatlarini hisobga olgan holda muhandis-texnik tayyorgarlikdan oldingi va undan keyingi yaratilgan grunt modellari Texnik me‘yorlash va standartlashtirish ilmiy-tadqiqot



instituti amaliyotga joriy etilgan (Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2024 yil 25 yanvardagi 24-06/823 son ma'lumotnomasi). Natijada, Plaxis 3D dasturi orqali tezlanish  $a_x$ , tezlik  $v_x$ , va siljish  $u_x$ , qiymatlarining kamayishiga imkon bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Mazkur tadqiqot 4 ta xalqaro va 2 ta respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy anjumanlarda muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 13 ta ilmiy ishlar chop etilgan. Jumladan O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy jurnallarda 7 ta, shu jumladan, 6 ta respublikada va 1 ta xorijiy ilmiy jurnallarda chop yetilgan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 117 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirish qismida** o'tkaziladigan tadqiqotlarning dolzarbligi va unga bo'lgan talab, tadqiqot maqsadi va vazifalari asoslangan, tadqiqot ob'yekti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalarni rivojlanishining ustivor yo'nalishlarga muvofiq kelishi ko'rsatilgan. Tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, ularning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilinishi, nashr etilgan ishlar bo'yicha ma'lumotlar dissertatsiyaning tuzilishiga oid ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Cho'kuvchan lyossimon gruntlarni seysmik jadallikka ta'sirini o'rganilganlik holati**» deb nomlangan birinchi bobida cho'kuvchan lyossimontlarning seysmik jadallikka ta'sirini baholash bo'yicha ilmiy ishlar XX asrning 60 yillariga kelib qurilish maydonlarining grunt sharoitini hisobga olgan holda zilzilalar vaqtida seysmik jadallikni o'zgarishini baholash S.V. Medvedov tomonidan 1962 yilda qo'llanila boshlangan. Keyinchalik XX asrning 70 yillariga kelib Y.M. Abelev "Cho'kuvchan makrog'ovakli gruntlarda qurilish va loyihalash asoslari" nomli ilmiy ishida seysmik hududlarda cho'kuvchan gruntlarda qurilish, ya'ni cho'kuvchan gruntlarda tarqalgan qurilish maydonlarida muhandislik tayyorgarlik ishlarining turlari va ularni qurilish amaliyotida qo'llash bo'yicha o'zining ilmiy ishlarida keltirib o'tgan.

Qolaversa bu yo'nalishda A.A. Musaeluan, L.R. Stavnitser, M.V. Averochkina, A.N. Vaxtanova, N.I. Kriger, A.D. Kojevnikov va boshqalar o'z ilmiy ishlarida e'tiborini lyossimontlarning fizik-mexanik, elastiklik va seysmik xossalari orasidagi o'zaro korrelyatsion bog'liqliklarga qaratganlar. Ko'p yillik ilmiy eksperimental tadqiqotlar asosida X.Z. Rasulov, S.S. Sayfiddinov va G'.A. Xakimov tomonidan lyossimontlarning cho'kuvchanlik jarayonini rivojlanishiga ta'sir etuvchi seysmik kuchlarni baholab, ularni hisoblash uchun emperik ifodalar tavsiya etgan. 1977 yilga kelib A.Y. Kurdyuk qurilish maydonlarida tarqalgan cho'kuvchan gruntlarni muhandislik tayyorgarlikdan o'tkazish va seysmiklik darajasini o'zgarishini hisoblash usullarda baholash bo'yicha tadqiqot ishlari olib borgan.

A.Y. Kurdyuk asosan lyoss gruntlarini muhandislik tayyorgarlikdan o'tkazishda, tayyorlangan qatlamning o'lchamlari orasidagi bog'liqliklarni aniqlagan.

Shuningdek xorijiy davlatlarda ushbu yo'nalish bo'yicha ilmiy tadqiqot olib borgan olimlar D.D. Barkan, H.B. Seed, N. Dezfulian, V.L. Streeter, F.E.Udwadia, R.D.Andrus, K.X.Stokoe, S.Okomoto, K.Ishixara, Ye.A.Voznesenskiy, V.N.Kutergin va boshqalar. Ular kuchli dinamik tebranishlar ta'sirida dispers gruntlarda rivojlanishi kutilayotgan jarayonlarni eksperimental tadqiq qilib, gruntlarni turi bo'yicha tasniflar ishlab chiqishgan.

Shuningdek, O'zbekiston hududida tarqalgan lyossimon gruntlarning seysmik jadallikga ta'sirini baholash tadqiqotlari G'.O. Mavlonov rahbarligida S.M. Qosimov, S.A. Abduraxmonov, T.S. Valiyev, M.Sh. Shermatov, Z.Y. Axmedov, K.Sh. Nurmuxammedov va boshqalar tomonidan dala sharoitida olib borilgan. Cho'kuvchan lyossimon gruntlarda texnogen dinamik ta'sirlarda deformatsiyalanish xususiyatlarini N.G'. Mavlonova tomonidan tadqiq qilinib, deformatsiya jarayonini rivojlanishiga tebranish ko'rsatkichlarini qiymati miqdoriy baholangan. Keyinchalik Seysmologiya institutida ko'p qamrovli tadqiqotlar asosida V.A. Ismailov, M.P. Golberg, T.S. Valiyev va R.Sh. Inogamov va boshqalar tomonidan lyoss qatlamlarini silikatli eritmalar ta'sirida mexanik va seysmik xususiyatlarini mustahkamlash va shu orqali seysmik jadallik qiymatini kamaytirish tadqiqotlarini olib brogan. Ushbu yo'nalishda olingan salmoqli natijalarga qaramay, hozirgi kunda cho'kuvchan lyoss gruntlarini texnik melioratsiya usullari bilan ularning seysmik xususiyatlarini o'zgarishi to'laqonli aniqlangan.

Dissertatsiyaning «**Lyossimon gruntlarda cho'kuvchanlik xususiyatlarini bartaraf qilish bilan bog'liq gruntlardagi muhandis-geologik xususiyatlarni o'zgarishini baholash**» deb nomlangan ikkinchi bobida qurilish maydonlarida tarqalgan cho'kuvchan lyoss gruntlarini turli usullar yordamida muhandislik tayyorgarlikdan o'tkazish orqali gruntlarning fizik-mexanik xossalarini o'zgarishlari keltirilgan.

Mazkur bobda har bir qurilish maydonida gruntlarning cho'kuvchanlik turidan hamda loyihalananayotgan binolarning konstruktiv turidan, qavatlar sonidan kelib chiqqan holda muhandislik tayyorgarlik usuli va muhandislik tayyorgarlikdan o'tkaziladigan qatlam qalinliklari tanlangan. Asos gruntlarning qurilish xususiyatlarini o'zgartirishga qaratilgan muhandislik tadbirlarini asosan quyidagilarga ajratish mumkin: mexanik mustahkamlash usullari; zaif poydevor gruntlarni almashtirish usullari; fizik va kimyoviy mustahkamlash usullari. Tadqiqot ishida quyidagi usullar ko'rib chiqilgan:

1. Grunt to'shalmasini o'rnatish usuli;
2. Temirbeton qoziqlarni o'rnatish usuli
3. Deep soil mixing qoziqlarini o'rnatish usuli.

Grunt to'shalmasini o'rnatish usuli. Toshkent shahri Shayxontoxur tumanida joylashgan 4 qavatli Maishiy savdo kompleksi qurilishi kotlovaniga loyiha bo'yicha 5 m qalinlikdagi grunt to'shalmasini o'rnatish belgilangan. Qurilish maydonida qalinligi 30 m dan ziyod bo'lgan prolyuvial lyossimon gruntlardan iborat ( $pQ_{II}^{ts}$ ). Cho'kuvchan lyoss gruntlarining tabiiy holatdagi fizik-mexanik xossalari quyidagilarda ifodalanadi, mineral zarrachalar zichligi  $\gamma=2,67-2,68 \text{ g/sm}^3$ , hajm

og'irligi  $\rho=1,42-1,65 \text{ g/sm}^3$ , g'ovakligi  $n=44-52,8\%$ , tabiiy namligi  $W=12,0-19,8 \%$  ni, g'ovaklik koeffitsiyenti  $e=0,805-0,990$ , umumiy deformatsiya moduli  $E=5,0-15,0 \text{ MPa}$  ni tashkil qilgan. Qurilish maydoni kotlovaniga joylashtirilgan grunt to'shalmasidan olingan namunalarda asosida laboratoriya sharoitida gruntlarning hajm og'irligi, g'ovakligi, tabiiy namligi, g'ovaklik koeffitsiyenti, ichki ishqalanish burchagi, bog'lanish kuchi va umumiy deformatsiya modulining qiymatlari aniqlangan. Olingan natijalar asosida korrelyatsion bog'liqliklar grafiklari tuzilgan. Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi gruntning zichligi o'rta hisobda  $1,55 \text{ g/sm}^3$  dan  $1,85 \text{ g/sm}^3$  gacha ortgan, g'ovaklik esa  $40\%$  dan  $33\%$  gacha kamaygan. G'ovaklik koeffitsiyenti esa  $0,93$  dan  $0,35$  gacha kamaygan. Umumiy deformatsiya moduli qiymatlari esa  $9 \text{ MPa}$  dan  $16 \text{ MPa}$  gacha oshgan. Temirbeton qoziqlarni joylashtirish usuli. Tadqiqot ishi "Termiz shahri I.Karimov ko'chasi Farovon massivi" hududida 5 ta 16 qavatli turar-joy binosi joylashgan hududda amalga oshirilgan. Loyiha bo'yicha 16 qavatli turar-joy binosining o'lchamlari  $20,6 \times 28,3 \text{ m}$  ni tashkil etadi. Binoning asosiga  $110$  ta  $12 \text{ m}$  li, diametric  $35 \text{ sm}$  li temirbetonli qoziqlar o'rnatilishi loyihalangan. Tadqiqot maydonida apQ<sub>IV</sub><sup>gl</sup> davr yotqiziqlari tarqalgan. O'tkazilgan muhandis-geologik tadqiqotlar natijasiga ko'ra qurilish maydonida 3 ta MGE (muhandis-geologik element) aniqlangan. 1-MGE yer osti suvlari sathigacha bo'lgan qismi lyossimon suglinok tog' jinsi o'rtacha  $5,0 \text{ m}$  qalinlikni tashkil qiladi. 2-MGE yer osti suvlarining yuqori qismida supess tog' jinsi tashkil qiladi va qalinligi o'rtacha  $1,5 \text{ m}$  gacha yetadi. 3-MGE yer osti suvlaridan pastda joylashgan qismi, ya'ni  $30 \text{ m}$  chuqirlikgacha bo'lgan qismida supes va o'rta zarrachali qum tog' jinslari tarqalgan. Maydonda tarqalgan cho'kuvchan gruntlarning tabiiy fizik-mexanik xossalari mineral zarrachalar zichligi  $\gamma=2,6-2,68 \text{ g/sm}^3$ , hajm og'irligi  $\rho=1,55-1,85 \text{ g/sm}^3$ , g'ovakligi  $n=36,1-45,0\%$ , tabiiy namligi  $W=13,5-28,2 \%$ , g'ovaklik koeffitsiyenti  $e=0,905-0,330$ , deformatsiya moduli  $E=5,8-16,4 \text{ MPa}$  ni tashkil qiladi. Muhandis tayyorgarlikdan keyingi holatdagi gruntlarning fizik-mexanik xossalari, mineral zarrachalar zichligi  $\gamma=2,68-2,72 \text{ g/sm}^3$ , hajm og'irligi  $\rho=1,94-2,4 \text{ g/sm}^3$ , g'ovakligi  $n=27,5-34,0\%$ , tabiiy namligi  $W=11,3-25,0 \%$ , g'ovaklik koeffitsiyenti  $e=0,550-0,270$ , deformatsiya moduli  $E=12,0-38,5 \text{ MPa}$  ni tashkil qilgan. Deyep soil mixing qoziqlarini o'rnatish usuli. Muhandis-geologik, geofizik va seysmometrik tadqiqotlar Farg'ona viloyati Qo'qon shahri Turkiston va Movaraunnaxr ko'chalari kesishmasida joylashgan "16 qavatli turar-joy binolari" qurilishi kotlovanida o'tkazilgan. Loyiha bo'yicha 16 qavatli turar-joy binosi ostida  $620 \text{ m}^2$  maydonda uzunligi  $19 \text{ m}$ , diametri  $1 \text{ m}$  (DSM) bo'lgan 154 ta qoziq joylashtirish rejalashtirilgan. Tadqiqot maydonida to'rtlamchi davr yotqiziqlari tarqalgan bo'lib allyuvial-prolyuvial yo'l bilan hosil bo'lgan yuqori to'rtlamchi davr yotqiziqlari golodnostep komplekslari (apQIII<sup>gl</sup>) tarqalgan. Muhandis-geologik izlanishlar bo'yicha maydonda gruntlar 4 ta muhandis-geologik elementga ajratilgan. MGE-1 - supes, MGE-2 - suglinok, MGE-3 - graviy va MGE-4 - galechnik va har bir elementning fizik-mexanik xossalari aniqlangan. Qurilish maydonida DSM qoziqlari joylashtirilishidan oldingi va keyingi holatlardagi gruntlarning fizik-mexanik xossalarining o'zgarishi quyida keltirib o'tilgan. Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyin gruntning zichligi o'rta hisobda  $1,75 \text{ g/sm}^3$  dan  $2,10 \text{ g/sm}^3$  gacha oshgan, g'ovaklik esa  $43 \%$  dan  $36 \%$  gacha kamaygan.

G'ovaklik koeffitsiyenti esa 1,100 dan 0,30 gacha kamaygan. Deformatsiya modulining qiymatlari yesa  $E=5,5$  MPa dan 35 MPa ga o'zgargan.

Dissertatsiyaning «**Turli texnologiya asosida grunt zaminlarni muhandislik tayyorlash orqali qurilish maydoni seysmik jadalligini o'zgarishni baholash**» deb nomlangan uchinchi bobida, tanlangan 4 xil muhandis-texnik tayyorgarlik usullarini qo'llash orqali seysmik jadallik qiymatlarining o'zgarishi aniqlangan. Qurilish maydonining seysmik jadalligini o'zgarishini aniqlashda quyidagi usullar va zamonaviy kompyuter muhandislik dasturlaridan foydalanilgan:

1. Seysmik qattqlik usuli;
2. Nakamura usuli;
3. Strata dasturi;

Seysmik qattqlik usuli etalon gruntga nisbatan seysmik jaddalik orttirmasining qiymati ortishi yoki kamayishi, gruntning fizik-mexanik xususiyatlarining o'zgarishi, ya'ni grunt zichligi va ko'ndalang to'lqinlar tezligi munosabati bilan ifodalanadi. Ushbu usul bo'yicha seysmik jadallik orttirmasini hisoblashda qalinligi 30 m bo'lgan grunt qatlami hisobga olingan.

Seysmik jadallik orttirmasi qiymatlarining o'zgarishini o'rganilayotgan va etalon grunlar uchun baholash quyidagi ifoda bo'yicha bo'yicha amalga oshirilgan va olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan:

$$\Delta I = 1,671 \times \log \left( \frac{V_{s30,rep} \times \rho_{30,rep}}{V_{s30,i} \times \rho_{30,i}} \right) \quad (1)$$

bu yerda  $V_{s30,rep}$  – referent gruntning ko'ndalang to'lqin tezligi,  $\rho_{30,rep}$  – referent gruntning zichligi,  $V_{s30,i}$  – o'rganilayotgan grunt qatlamidagi ko'ndalang to'lqinlar tezligi,  $\rho_{30i}$  – o'rganilayotgan grunt qatlamiga mos keladigan zichlik.

$V_{s30}$  qiymati quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_{si}}} \quad (2)$$

bu yerda  $V_{si}$  – S-to'lqinining tezligi (m/s) yuqori 30 metrli grunt qatlamining bir qismi sifatida, qalinligi (m) bo'lgan alohida  $i$ -qatlamda.

Qalinligi 30 m bo'lgan grunt qatlamining o'rtacha zichligi  $\rho_{30}$  quyidagi ifoda yordamida aniqlanadi:

$$\rho_{30} = \frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i \times h_i)}{30} \quad (3)$$

bu yerda  $\rho_i$  va  $h_i$  - yuqori 30 metrli grunt qatlami tarkibidagi alohida qatlam  $i$  ning zichligi va qalinligi (m).

1-jadval

**Seysmik qattqlik usuli yordamida aniqlangan orttirma ball qiymatlari**

№	Muhandislik tayyorgarlik usullari	Tabiiy holatda, $\Delta I_1$	Keyingi holat, $\Delta I_2$	Seysmik jadallik orttirmasi orasidagi farq, $\Delta I$
1.	Grunt to'shalmasi	+0,76	+0,24	0,52
2.	Temirbeton qoziq	+0,70	-0,36	1,06
3.	Deep soil mixing	+0,64	-0,27	0,91
4.	Burg'ilama armaturali qoziq	+0,88	-0,34	1,22

Qolaversa ushbu qurilish maydonining ikkala holat uchun ham seysmik jadallik orttirmasi qiymati Nakamura usuli yordamida aniqlangan. Bu usul mikroseysmik tebranishlarning gorizontal (H) va vertikal (V) komponentlarining amplituda spektrlari orasidagi nisbatini (H/V) baholashga asoslangan. Instrumental tadqiqotlarni tahlil qilish davomida Geopsy dasturi yordamida muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi o'lchov nuqtalarining HVSR spektrlari olingan. Olingan HVSR spektrlari asosida, 4-ifoda yordamida seysmik jadallik orttirmasi hisoblangan. Olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

$$\Delta I = 2 \log \frac{HV_i}{HV_o}, \quad (4)$$

2-jadval

**Nakamura usuli yordamida aniqlangan seysmik jadallik orttirma qiymatlari**

№	Muhandislik tayyorgarlik usullari	Tabiiy, holatda, $\Delta I_1$	Keyingi holat, $\Delta I_2$	Seysmik jadallik orttirmasi orasidagi farq, $\Delta I$
1.	Grunt to'shalmasi	+0,18	-0,03	0,21
2.	Temirbeton qoziq	+0,48	-0,36	0,84
3.	Deyep soil mixing	+0,33	-0,16	0,49
4.	Burg'ilama armoturali qoziq	+0,53	-0,18	0,71

Shuningdek Strata dasturidan foydalangan holda tadqiqot maydonidagi gruntlarning cho'qqi tezlanish qiymatlari aniqlangan. Ushbu dastur seysmik to'lqinlarning so'nishi ehtimoli va o'zgarishini, gruntning bir jinsli emasligi, vaqt o'tishi bilan tezlik va tezlanishlarning o'zgarishi, qatlam qalinligining o'zgarishligi, shuningdek, yer yuzasidan qoya toshgacha bo'lgan masofaning o'zgarishligi amalga oshiriladi.

Tanlangan hududlarda qoya tosh tog' jinslari uchun ko'ndalang to'lqinlarning tezligi maksimal  $V_s=1400$  m/s va undan yuqori darajaga yetadi, bu QMQ.2.01.03-19 bo'yicha seysmik xususiyatlarga ko'ra gruntning birinchi toifasiga to'g'ri keladi. Dastur orqali hisoblash ishlarini amalga oshirish uchun akselerogramma va reaksiya spektri tomonidan berilgan dastlabki seysmik ta'sirni aniqlash va grunt qatlamining seysmogeologik modellarini yaratish kerak. Zilzilaning real akselerogrammasi, ularning mexanizmi va seysmik to'lqinlarning tarqalish tabiati bo'yicha O'zbekiston Respublikasi hududining seysmologik sharoitlariga moslashtirilgan. Gruntning geologik tuzilishi va fizik xususiyatlari to'g'risidagi ma'lumotlar gruntning seysmik reaksiyasiga javobini modellashtirish uchun dastlabki ma'lumotlar hisoblanadi. Bunday modellashtirish usuli, chekli elementlar usuliga asoslangan. Ushbu modellashtirish grunt qatlamining rezonans xususiyatlarini hisobga olishga va grunt sharoitlarining amplituda, chastota spektri va tebranish davomiyligiga ta'sirini baholashga imkon beradi. Natijada dastur yordamida ikkala holatdagi gruntlarning cho'qqi tezlanishi qiymatlari orasidagi farqlar keltirib o'tilgan. Yuqoridagi usullardan foydalangan holda qurilish maydonlarida tarqalgan gruntlarning cho'qqi tezlanish qiymatlari muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holatlarda hisoblangan natijalari 3-jadvalda keltirilgan.

**Strata dasturi orqali hisoblangan gruntlarning cho‘qqi tezlanish qiymatlari**

№	Muhandislik tayyorgarlik usullari	Tabiiy, holatda, PGA <sub>1</sub> , (g)	Keyingi holat, PGA <sub>2</sub> , (g)	Cho‘qqi tezlanishlar orasidagi farq ΔPGA, (g)
1.	Grunt to‘shalmasi	0,42	0,35	0,07
2.	Temirbeton qoziq	0,44	0,29	0,15
3.	Deyep soil mixing	0,55	0,42	0,13
4.	Burg‘ilama armoturali qoziq	0,49	0,33	0,16

Dissertatsiyaning «Grunt zaminlarini turli texnologiyalar asosida muhandislik tayyorlangan qatlam kattaligining fazoviy holati bo‘yicha seysmik jadallik o‘zgarishini hisoblash usuli bilan baholash» deb nomlangan to‘rtinchi bobida seysmik to‘lqinlarning cheksiz fazoda tarqalishini Plaxis 3D dasturidan foydalangan holda chekli elementlar usulida yechilgan. Cheksiz yarim fazoda seysmik to‘lqinlarning tarqalishi haqidagi masalani yechishga sonli usullarni to‘g‘ridan to‘g‘ri qo‘llab bo‘lmaydi. Ushbu vazifani amalga oshirish uchun cheksiz yarim fazoni biz tanlab olgan sohasini cheklangan parallelepiped bilan almashtiramiz. Shu bilan birga, parallelepipedning davomi tashlab yuborilgan tomonlarining yuzlariga tashlab yuborilgan qismining ta‘sirini ifodalovchi, ya‘ni chegaraga tushgan to‘lqinlarni qaytarmasdan o‘tkazib yuboruvchi chegaraviy shartlar qo‘yiladi.

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_x = \alpha \rho V_p \dot{u} \\ \tau_{yz} = b \rho V_s \dot{u} \\ \tau_{zy} = b \rho V_s \dot{w} \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} \sigma_y = \alpha \rho V_p \dot{v} \\ \tau_{xz} = b \rho V_s \dot{w} \\ \tau_{zx} = b \rho V_s \dot{u} \end{array} \right\} \quad \left. \begin{array}{l} \sigma_z = \alpha \rho V_p \dot{w} \\ \tau_{xy} = b \rho V_s \dot{u} \\ \tau_{yx} = b \rho V_s \dot{v} \end{array} \right\} \quad (5)$$

bu yerda  $\sigma$  va  $\tau$  – normal va urinma kuchlanishlar;  $\dot{w}$  -vaqt bo‘yicha olingan hosila,  $\dot{u}$  va  $\dot{v}$  – chegaraviy nuqtalar tezlanishlarni o‘qlardagi proyeksiyalari;  $V_p$  va  $V_s$  – P va S to‘lqinlarning tezliklari;  $\alpha$  va  $\beta$  – o‘lchamsiz parametrlar;  $\rho$  – materialning zichligi.

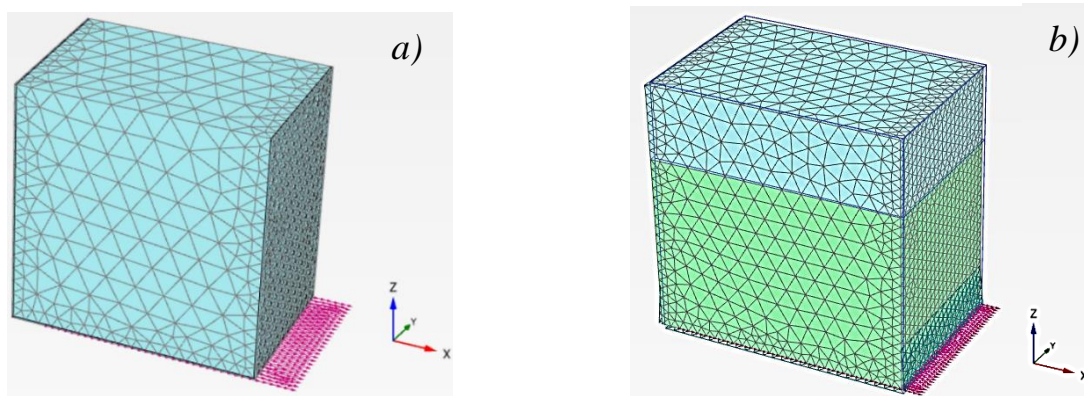
Gruntlarning fizik-mexanik xususiyatlarini hisobga olgan holda hosil bo‘lgan tugunlarning harakati va tezligi va tezlanishini aniqlaymiz. Dinamik yuk ta‘sirida tizimning harakatlanish vaqtiga bog‘liq bo‘lgan asosiy tenglamalar sistemasi quyidagicha ifodalanadi:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F\}, \quad (6)$$

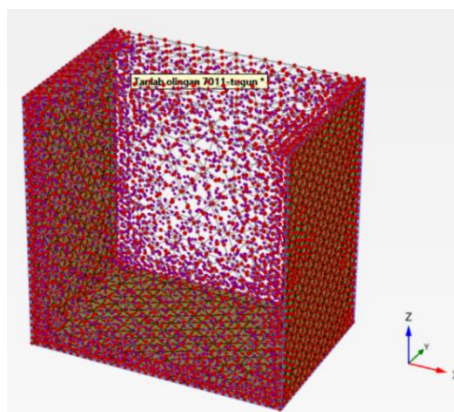
bu yerda differensial tenglamalar tizimining tartibi 36693,  $[M]$  – massalar matritsasi,  $\{u\}$  – siljish vektori,  $[C]$  – so‘ndiruvchi matritsa, bu chegara shartlarini ham hisobga oladi,  $[K]$  – matritsa qattiqligi,  $\{F\}$  – yuk vektori, siljish  $\{u\}$ , tezlik  $\{\dot{u}\}$  va tezlanish  $\{\ddot{u}\}$  lar vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi mumkin.

Lyoss gruntlarida grunt to‘shalmasi usulidan foydalangan holda qurilish maydonining seysmiklik darajasi o‘zgarishini aniqlangan. Tanlab olingan modellar

o'lchamlari X-o'qi bo'yicha 30 m, Y-o'qi bo'yicha 20 m, Z-o'qi bo'yicha 30 m ni tashkil qiladi.



1-rasm. Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holatdagi maydonning chekli elementlarga bo'lingan 3D modellari



2-rasm. Tanlangan model 12231 ta tugunlarga ajratilgan 3D modeli

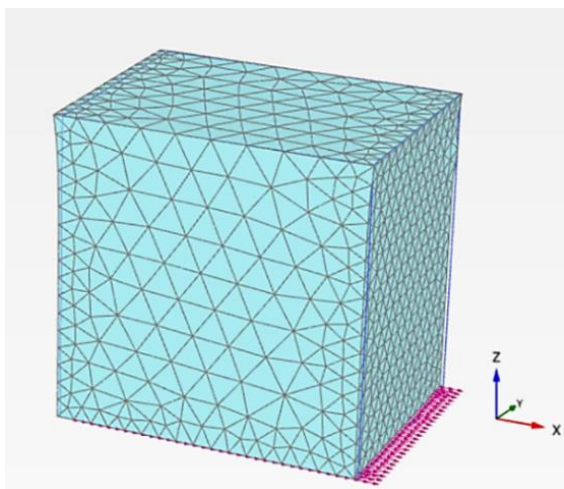
O'rganilayotgan hudud 12231 ta tugunlar 5091 ta chekli elementlarga bo'lingan. Chekli elementlarning shakllari noto'g'ri tetrayedr sifatida tanlangan. Masalani yechishning keyingi bosqichda dasturga muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holatlardagi grunt parametrlari kiritilgan. Grunt parametrlari kiritilgandan so'ng tanlab olingan bir xil o'lchamli ikkala model uchun seysmik ta'sir sifatida X-o'qi bo'yicha, sodir bo'lgan zilzila natijasida yozib olingan real akselerogramma kiritilgan. Akselerogramma koordinatalari (X-40,16; Y-71,72) bo'lgan,  $M=5,2$  magnitudali, zilzilaning o'chog'ining chuqurligi  $H=10$  km joylashgan, mahalliy vaqt bilan 06.11.2020 yil soat 7:38 da sodir bo'lgan zilzilaning natijasida yozib olingan. Plaxis 3D dasturi yordamida hisoblash ishlaridan so'ng biz istalgan tugunlardagi seysmik ta'sirning istalgan vaqtdagi X-o'qi bo'yicha tezlik, tezlanish va siljish qiymatlarini aniqlab olishimiz mumkin bo'ladi. Quyida 4-jadvalda tanlangan tugundagi tezlanish, tezlik va siljishlarning eng maksimal qiymatlari orasidagi farqlar keltirilgan.

**Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi tanlangan tugundagi tezlanish, tezlik va siljish qiymatlari**

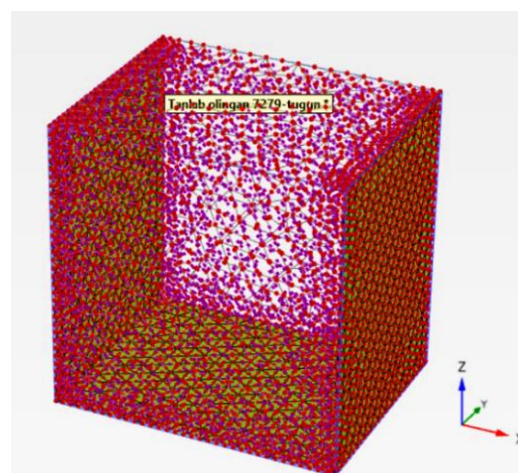
Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi
<b>Tezlanish, <math>a_x</math> (sm/s<sup>2</sup>)</b>			<b>Tezlik, <math>v_x</math> (sm/s)</b>			<b>Siljish, <math>u_x</math> (sm)</b>		
$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
349,6	300	49,6	25,9	20,6	5,3	1,27	0,90	0,37

Foiz hisobda tanlangan tugundagi tezlanishlar 14,18 % ga kamaygan. Tezlik esa shu hisobda 20,46 % ga kamaygan va siljish esa 11,29 % ga kamaygan.

Lyossimon gruntlarda temirbeton qoziqlarni qo'llagan holda qurilish maydonining seysmiklik darajasini o'zgarishini aniqlash. Lyossimon gruntlari tarqalgan qurilish maydonlarida temirbetonli qoziqlarni qoqish orqali seysmik ta'sir va seysmik effekt o'zgarishini fazoviy makonda ChEU yordamida baholash ko'rib chiqilgan. Yaratilgan modellar o'chamlari X-o'qi bo'yicha 32m, Y- o'qi bo'yicha 25m, Z-o'qi bo'yicha 30m ni tashkil qiladi. Qolaversa modellar 13013 ta tugunlar va 5371 ta chekli elementlarga bo'lingan.



3-rasm. Qurilish maydonining chekli elementlarga bo'lingan 3D modeli



4-rasm. Tanlangan modellar 13013 ta tugunlarga ajratilgan 3D model

Dasturga grunt parametrlari kiritilgandan so'ng tanlab olingan bir xil o'lchamli ikkala model uchun seysmik ta'sir sifatida real akselegrogramma kiritilgan. Akselerogramma koordinatalari (X-37,95; Y-67,02) bo'lgan, M=5,8 magnitudali, zilzilaning o'chog'ining chuqirligi H=15 km joylashgan, mahalliy vaqt bilan 12.05.2022 yil soat 15:35 da sodir bo'lgan zilzilaning natijasida yozib olingan. X-o'qi bo'yicha berilgan seysmik ta'sir davomida tezlanish, tezlik va siljishlarning eng maksimal qiymatlari orasidagi farqlar, hisoblash ishlari natijalari 5-jadvalda keltirilgan.

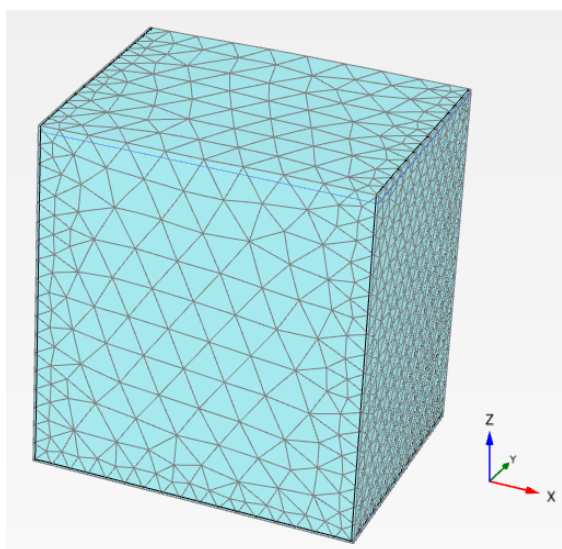


**Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi tanlangan tugundagi tezlanish, tezlik va siljish qiymatlari**

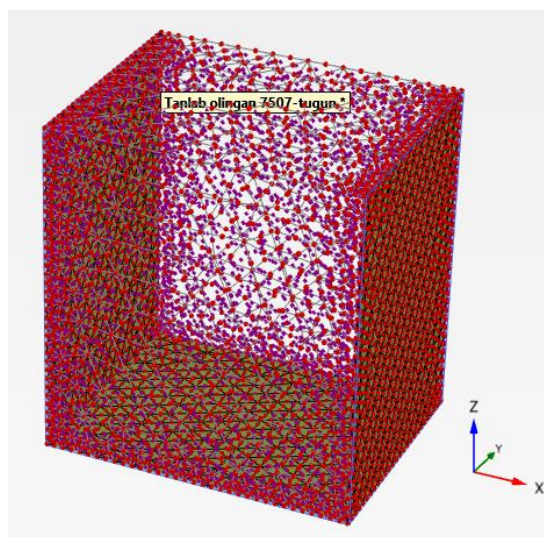
Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi
<b>Tezlanish, <math>a_x</math> (sm/s<sup>2</sup>)</b>			<b>Tezlik, <math>v_x</math> (sm/s)</b>			<b>Siljish, <math>u_x</math> (sm)</b>		
$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
446,3	299,2	147,1	15,5	10,2	5,3	1,64	1,34	0,30

Foiz hisobda tanlangan tugundagi tezlanishlar 32,95 % ga kamaygan. Tezlik esa shu hisobda 11,64 % ga kamaygan va siljish esa 18,29 % ga kamaygan.

Lyossimon gruntlarida deep soil mixing qoziqlarini o'rnatish orqali qurilish maydonining seysmiklik darajasini o'zgarishi aniqlangan. Cho'kuvchan gruntlar tarqalgan qurilish maydonlarida DSM qoziqlarini tayyorlash orqali seysmik ta'sir va seysmik effekt o'zgarishini fazoviy makonda ChEU yordamida baholangan. Yaratilgan modellarning o'lchamlari 28x22x30 m. Qurilish maydonining yaratilgan modeli 13247 ta tugunlar 5535 ta chekli elementlarga bo'lingan. Chekli elementlarning shakllari noto'g'ri tetrayedr sifatida tanlangan.



5-rasm. Qurilish maydonining chekli elementlarga bo'lingan 3D modeli



6-rasm. Tanlangan model 13247 ta tugunlarga ajratilgan 3D modeli

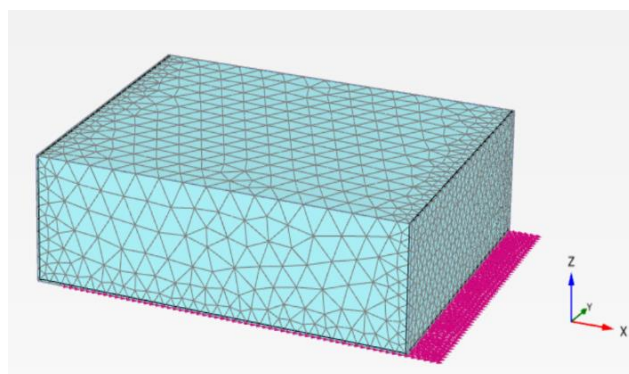
X-o'qi bo'yicha seysmik ta'sir sifatida berilgan akselerogramma koordinatalari (X-41,03; Y-73,37) bo'lgan, M=4,6 magnitudali, zilzila o'chog'ining chuqirligi H=5 km joylashgan, mahalliy vaqt bilan 29.09.2021 yil soat 7:46 da sodir bo'lgan zilzila natijasida yozib olingan. Yaratilgan ikkala modellarga X-o'qi bo'yicha berilgan seysmik ta'sir vaqtidagi tezlanish, tezlik va siljish parametrlarining yeng maksimal qiymatlari orasidagi farqlar 6-jadvalda keltirilgan.

**Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi tanlangan tugundagi tezlanish, tezlik va siljish qiymatlari**

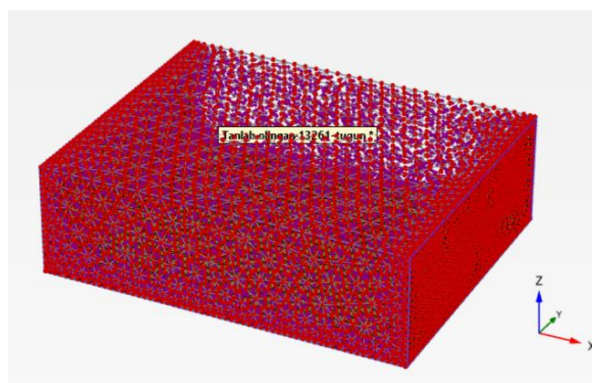
Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi
<b>Tezlanish, <math>a_x</math> (sm/s<sup>2</sup>)</b>			<b>Tezlik, <math>v_x</math> (sm/s)</b>			<b>Siljish, <math>u_x</math> (sm)</b>		
$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
417,4	329,9	87,5	10,8	9,6	1,2	0,57	0,46	0,11

Foiz hisobda tugundagi tezlanishlar 20,96 % ga kamaygan. Tezlik esa shu hisobda 11,2 % ga kamaygan va siljish esa 19,29 % ga kamaygan.

Lyossimon gruntlarida burg'ilama armaturali qoziqlardan foydalangan holda qurilish maydonining seysmiklik darajasini o'zgarishi aniqlangan. Plaxis 3D dasturi yordamida tanlab olingan modellarimiz ya'ni muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holatdagi modellar tugunlaridagi tezlanish, tezlik va siljishlar qiymatlarining o'zgarishini baholangan. Qurilish maydonining yaratilgan modellari 24231 ta tugunlar 10468 ta chekli yelemntlarga bo'lingan. Chekli elementlarning shakllari noto'g'ri tetrayedr sifatida tanlangan.



7-rasm. Qurilish maydonining chekli elementlarga bo'lingan 3D modeli



8-rasm. Tanlangan model 24231 ta tugunlarga ajratilgan 3D modeli

Masalani yechishning keyingi bosqichda dasturga muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holatlardagi grunt parametrlari kiritilgan. X-o'qi bo'yicha seysmik ta'sir sifatida real akselegrogramma kiritilgan. Akselelogramma koordinatalari (X-40,16; Y-71,72) bo'lgan, M=5,2 magnitudali, zilzilaning o'chog'ining chuqirligi H=10 km joylashgan, mahalliy vaqt bilan 06.11.2020 yil soat 7:38 da sodir bo'lgan zilzilaning natijasida yozib olingan. Ikkala holat uchun X o'qi bo'yicha seysmik ta'sir vaqdagi 13261 tugundagi maksimal tezlanish, tezlik va siljishlar farqini qiymatlari aniqlangan va 7-jadvalda keltirib o'tilgan.

**Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi tanlangan tugundagi tezlanish, tezlik va siljish qiymatlari**

Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi
<b>Tezlanish, <math>a_x</math> (sm/s<sup>2</sup>)</b>			<b>Tezlik, <math>v_x</math> (sm/s)</b>			<b>Siljish, <math>u_x</math> (sm)</b>		
$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
376,3	220	156,3	20,1	16,7	3,4	1,24	1,10	0,14

Foiz hisobda tugundagi tezlanishlar 41,53 % ga kamaygan. Tezliklar shu hisobda 16,91 % ga kamaygan va siljishlar esa 11,29 % ga kamaygan. Quyidagi 8-jadvalda 4 xil usulda gruntlarda tabiiy va muhandis-texnik tayyorgarlik keyingi tanlangan tugunlardagi farqlar keltirilgan.

**Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi tanlangan tugunlardagi tezlanish, tezlik va siljish qiymatlari qiyosiy jadvali**

	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi	Tabiiy holatda	Keyingi holatda	Farqi
<b>Ko'rsatkichlar</b>	<b>Tezlanish, <math>a_x</math> (sm/s<sup>2</sup>)</b>			<b>Tezlik, <math>v_x</math> (sm/s)</b>			<b>Siljish, <math>u_x</math> (sm)</b>		
<b>M/t usullari</b>	$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
<b>Grunt to'shalmasi</b>	349,6	300	49,6	25,9	20,6	5,3	1,27	0,90	0,37
<b>Temirbeton qoziq</b>	446,3	299,2	147,1	15,5	10,2	5,3	1,64	1,34	0,30
<b>Deep soil mixing</b>	417,4	329,9	87,5	10,8	9,6	1,2	0,57	0,46	0,11
<b>Burg'ulama armaturali qoziq</b>	376,3	220	156,3	20,1	16,7	3,4	1,24	1,10	0,14

## XULOSA

1. Tanlangan muhandis-texnik tayyorgarlik usullarini qo'llash, shuningdek tayyorlangan qatlam qalinligiga uzviy bog'liq ravishda gruntarning fizik-mexanik xossalari qiymatlarini qurilish nuqtai nazaridan yaxshilanishiga olib kelishi aniqlangan.

2. Cho'kuvchan lyossimon gruntlarda muhandis-texnik tayyorgarlik usullariga qarab ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligi ( $V_s$ ) grunt to'shalmasi usulida 1,3 barobar, temirbeton qoziqlar usulida 2,4 barobar, deep soil mixing usulida 3 barobar, burg'ulama armaturali qoziqlar usulida 3,8 barobar oshganligi aniqlandi.

3. Qurilish maydonlarining seysmik jadallik orttirmasi tanlangan usullarga bog'liq ravishda, ya'ni 30 m qatlam uchun, grunt to'shalmasida -0,52 ball, temirbeton qoziqlarda -1,02 ball, deep soil mixing qoziqlarida -0,91 ball va burg'ulama armaturali qoziqlarda -1,22 ballarga kamayishi aniqlangan.

4. Lyossimon gruntarning cho'qqi tezlanish qiymatlarining o'zgarishi mos ravishda gruntarning fizik-mexanik va seysmik parametrlari hamda, qurilish maydonining dastlabki seysmikligi asosida aniqlangan.

5. Har bir tadqiqot ob'yekti sifatidagi tanlangan qurilish maydonlarining 3D modellari Plaxis 3D dasturi yordamida ishlab chiqilgan. Mazkur modellardan foydalanilgan holda ularni tashkil qiluvchi tugunlardagi tezlanish, tezlik va siljish parametrlarining o'zgarishi qiymatlari berilgan seysmik ta'sir natijasida baholangan.

6. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, seysmik ta'sirlarni darajasini kamaytirish uchun tanlangan muhandis-texnik tayyorgarlik ishlari orasidagi eng samarali usul burg'ulama armoturali qoziqlar bo'lib, seysmik jadallik orttirmasining qiymatlar farqi -1,22 ballni, shuningdek Plaxis 3D dasturidan foydalangan holda ishlab chiqilgan 3D model tugunlaridagi dinamik parametrlari orasidagi eng katta qiymatlar farqi aniqlandi.

7. Seysmik faol bo'lgan hududlarda seysmik ta'sir va seysmik jadallikni baholash uslublari takomillashtirildi.

8. Qurilish vaqtini qisqartirishdagi eng samarali usul deep soil mixing qoziqlari bo'lib, maydonning seysmiklik darajasini -1 ballga kamaytirishi aniqlangan. Shuningdek qurilish maydonlarida qo'llanilgan muhandis-texnik tayyorgarlik usullarini taqqoslash natijalari asosida iqtisodiy jihatdan eng samarali usul sifatida tavsiya etiladi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.08.2022. Т.97.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ СЕЙСМОЛОГИИ**

---

**ИНСТИТУТ СЕЙСМОЛОГИИ**

**БОЗОРОВ ЖОНИБЕК ШАВКАТОВИЧ**

**ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ  
ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ЛЁССОВИДНЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ**

**05.10.03 – Сейсмическая безопасность**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Ташкент-2024**

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 под номером B2024.2.PhD/T4801.

Диссертационная работа выполнена в Институте сейсмологии.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.seismos.uz](http://www.seismos.uz)) и на информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный руководитель:** **Исмаилов Вахитхан Алиханович**  
доктор геолого-минералогических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Каюмов Абдубаки Джалилович**  
доктор технических наук, профессор

**Аимбетов Иззет Каллиевич**  
доктор технических наук

**Ведущая организация:** **Ташкентский архитектурно-строительный университет**

Защита диссертации состоится «11» декабря 2024 года в «14<sup>00</sup>» часов на заседании Научного совета DSc.02/30.08.2022. Т.97.02 при Институте сейсмологии (Адрес: 100128, г. Ташкент, ул. Зулфияхоним, 3. Тел.: +99871 241-51-70; +99871 241-74-98; E-mail: [seismologiya@mail.ru](mailto:seismologiya@mail.ru)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института сейсмологии (регистрационный номер №1155) (100128, г. Ташкент, ул. Зулфияхоним, 3. Тел.: +99871 241-51-70).

Автореферат диссертации разослан «22» ноября 2024 года.  
(реестр протокола рассылки № 1 от «22» ноября 2024 года)



**А.И. Туйчиев**  
Заместитель председателя Научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
д.ф.-м.н.

**М.А. Мирзаев**  
Ученый секретарь Научного совета по  
присуждению ученых степеней,  
доктор философии (PhD) по ф.-м.н.

**К.Д. Саямова**  
Заместитель председателя научного семинара при  
Научном совете по присуждению ученых степеней,  
д.ф.-м.н., профессор

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

**Актуальность и востребованность темы.** В мире особое значение придается вопросам сокращения потерь, которые могут возникнуть в результате сильных землетрясений, а также обеспечения сейсмической безопасности населения и регионов. В настоящее время в развитых странах мира снижение сейсмического воздействия за счет повышения прочности грунтов оснований зданий и сооружений, оценки сейсмостойкости зданий и сооружений, инженерно-технической обработки грунтов оснований служит повышению экономической эффективности проектно-строительных работ. В связи с этим особое внимание уделяется инженерным вопросам подготовки грунтов оснований зданий и сооружений с использованием современных технологий, а также повышению их сейсмостойкости.

По всему миру, в странах с высокой сейсмической активностью с распространенными лессовыми грунтами, проводятся научные исследования, направленные на разработку инженерно-технических мероприятий по повышению прочности грунтов оснований зданий и сооружений. В этом направлении исходя из типа просадочности лёссовидных грунтов, осуществление инженерно-технической подготовки, оценка сейсмического воздействия на здания и сооружения посредством моделей одинакового размера, а также разработка оптимальной методики оценки изменения сейсмической интенсивности считаются приоритетными исследованиями. При этом, повышение эффективности проводимых исследований по обеспечению сейсмостойкости лёссовых грунтов считается одной из актуальных задач.

Достигнуто снижение сейсмической интенсивности в сейсмически активных регионах нашей Республики на строительных площадках городов Ташкента, Кокана и Термеза, где распространены осадочные лёссовые грунты. В связи с этим в Указе Президента Республики Узбекистан № ПФ-60 от 28 января 2022 года «О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы» определены задачи, в частности «...защиты экологии и окружающей среды, улучшения экологической ситуации в городах и районах...»<sup>1</sup>. При реализации этих задач считается важным определением и оценкой изменения сейсмической интенсивности, а также разработкой мероприятий по повышению прочности грунтов оснований на строительных площадках с использованием методов инженерной подготовки на основе современных технологий.

Данная диссертация в определенной степени служит выполнению задач, определенных Президентом Республики Узбекистан в Постановлении № ПФ-144 от 30 мая 2022 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы сейсмической безопасности Республики Узбекистан», Постановлении № PQ-158 от 16 мая 2023 года «О дополнительных мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» а также определенных в других нормативных правовых документах, связанных с этой деятельностью.

---

<sup>1</sup>Указ Президента Республики Узбекистан №УП-60 от 28 января 2022 года “О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы”.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Данное исследование проводилось в соответствии с приоритетным направлением развития науки и техники республики – VIII «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Степень изученности проблемы.** Целевые исследования по оценке сейсмической интенсивности при сильных землетрясениях на территориях с просадочными лессовидными грунтами и изучению динамических свойств грунтов в зарубежных странах проводились учеными D.D.Barkan, H.B.Seed, H.Dezfulian, V.L.Streeter, F.E.Udwadia, R.D.Andrus, K.X.Stokoe, S.Okomoto, K.Ishixara, E. A. Вознесенским, В. Н. Кутергиным и другими.

Большой вклад по оценке изменения сейсмической интенсивности с учетом грунтовых условий на строительных площадках в странах Содружества Независимых Государств внесли ученые С. В. Медведов, Ю. М. Абелев, Н. И. Кригер, А. Ю. Курдюк, А. С. Алешин, А. А. Мусаелян, Л. Р. Ставницер, М. В. Аверочкина, А. Н. Вахтанова, А.Д. Кожевников и другие.

Исследования по оценке изменения величины сейсмической интенсивности в естественно-полевых условиях за счет инженерной подготовки лёссовых грунтов, распространенных на территории Узбекистана, то есть при использовании метода затопления строительных траншей водой, изучены под руководством Г.О. Мавлонова - С.М. Касымовым, С.А. Абдурахмоновым, Т.С. Валиевым, М.Ш. Шерматовым, В.А. Исмаиловым, В.А.Гольбергом, З.Ю. Ахмедовым, Р.Ш. Инагамовым, К.Ш. Нурмухамедовым. Исследования просадочных свойств лёссовых и песчаных грунтов при сейсмическом воздействии проводилось в лабораторных условиях под руководством Х.З. Расулова - Ю.Н.Частоедовым, С.С. Сайфиддиновым, Г.А. Хакимовым, Н.Г. Мавлоновой и другими и разработано множество рекомендаций по инженерной подготовке лёссовых и песчаных грунтов.

Анализ исследований в этой отрасли показал, что снижение сейсмической интенсивности и повышение несущей способности грунтовых оснований на строительных площадках с просадочными грунтами изучено недостаточно.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательской работы образовательного учреждения, в котором выполняется диссертация.** Данная диссертационная работа выполнено в рамках прикладного проекта согласно плану научно-исследовательских работ Института сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан «Разработка методов по снижению сейсмического воздействия и показателей сейсмической интенсивности на строительных площадках» (2023 г.).

**Цель исследования** состоит в оценке сейсмической интенсивности строительных площадок путем применения методов инженерно-технической подготовки просадочных лессовидных грунтов.

**Задачи исследования заключаются в следующем:**

- определение способа искусственного укрепления грунтов с учетом инженерно-геологических условий строительных площадей с



распространенными просадочными лёссовидными грунтами и исходя из просадочного типа лёссовидных грунтов;

- создание 3D-моделей строительных площадок с помощью современных компьютерных программ и определение изменения значений уровней сейсмического воздействия в созданных моделях в результате инженерной подготовки грунтов оснований;

- оценка изменения величины приращение сейсмической интенсивности путем применения различных методов инженерной подготовки лёссовидных оснований грунтов на строительной площади;

определение экономической эффективности выбранных методов с применением современных технологий искусственного армирования на строительных площадках, где распространены просадочные лёссовидные грунты.

**Объект исследования** – в качестве объекта исследования были выбраны просадочные лёссовидные грунты, которые распространены на территории Республики Узбекистан.

**Предметом исследования** является оценка сейсмического воздействия и изменения сейсмической интенсивности на строительных площадках в результате применения методов инженерной подготовки лёссовидных грунтов.

**Методы исследования.** В диссертационной работе использованы геофизические и инженерно-геологические методы исследования, в том числе методы сейсмической жёсткости и запись микротремора, а также программное обеспечение Strata и Plaxis 3D.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

- установлено, что снижение сейсмической интенсивности на строительных площадках, где распространены просадочные лёссовидные грунты, неразрывно связано с методом инженерной подготовки и физико-механическими показателями грунтового слоя;

- в грунтовых моделях, созданных с учетом сейсмических характеристик лёссовых толщ установлено уменьшение значений сейсмических колебаний (ускорение ( $a_x$ ), скорость ( $v_x$ ) и смещение ( $u_x$ )) при применении различных способов инженерной подготовки грунтовых оснований на строительных площадках;

- впервые установлено снижение значений сейсмической интенсивности на строительных площадках: при применении метода буронабивных свай составило до –1,22 балла, при использовании метода железобетонных свай до –1,02 балла, при использовании метода свай Deep soil mixing (технология глубинного смешивания грунта) до –0,91 балла, методом грунтовой подушки до –0,52 балла;

- впервые изучена возможность снижения сейсмической интенсивности на 1 балл в результате применения метода свай “Deep soil mixing” на строительных площадках территории Республики, а также оценена эффективность этого метода относительно других методов.

### **Практические результаты исследования:**

- на основе экспериментальных исследований на строительных площадках в результате инженерно-технической подготовки просадочных лессовидных грунтов различными способами определены изменения значений показателей, отражающих их физико-механические и сейсмические свойства;

- с помощью инженерно-сейсмологических способов и компьютерных программ оценены изменения приращения сейсмической интенсивности до и после применения различных мероприятий инженерно-технической подготовки на лессовидных грунтовых основаниях строительных площадок;

- усовершенствованы способы определения сейсмической интенсивности строительной площадки в состояниях до и после инженерно-технической подготовки.

**Достоверность результатов исследования:** В рамках диссертационных исследований были выполнены инженерно-геологические, геофизические и инструментальные сейсмометрические исследования, проведенные на строительных площадках с осадочными лессовыми грунтами на территории Республики Узбекистан. Также были получены данные из 50 скважин на строительных площадках, проводились лабораторные исследования на более чем 200 образцах и монолитах в полевых условиях. Это объясняется тем, что аналитические работы по физико-механическим и сейсмическим свойствам грунтов проводились на основе результатов, полученных по инженерно-сейсмологическим разрезам для разных регионов на участках, где проведено 90 сейсморазведочных исследований.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследований заключается в создании моделей грунтов на строительных площадках, с распространенными просадочными лессовидными грунтами, при оценке изменения физико-механических и сейсмических свойств грунтов при различных методах инженерной подготовки и оценкой изменения количества интенсивности сейсмического воздействия на строительной площадке с применением этих моделей.

Практическая значимость результатов исследований заключается в повышении прочности слоев грунта сейсмическому воздействию путем применения способов инженерной подготовки строительных площадок с распространенными лессовидными грунтами и снижении сейсмической нагрузки на здания и сооружения при возникновении сильных землетрясениях, а также в предотвращении крупных землетрясений, а также в предотвращении масштабных экономических потерь, и самое главное, служит обеспечению сейсмической безопасности населения и регионов.

**Внедрение результатов исследования.** На основе результатов инженерно-геологических, геофизических и инструментальных исследований, проведенных до и после инженерно-технической подготовки на строительных площадках и научно-практических результатов, полученных с использованием программ Plaxis 3D и Strata:

- результаты полученные с использованием метода сейсмической жесткости при оценке сейсмической интенсивности и программ Strata и Geopsy внедрены в практику Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства (Свидетельство Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства № 24-06/823 от 25 января 2024 года). В результате создавалась возможность определения значения приращения сейсмической интенсивности в лессовидных грунтах мощностью 30 м и эффективно оценить сейсмическую безопасность;

- оценка снижения сейсмической интенсивности на строительной площадке за счет инженерно-технической подготовки лессовидных грунтов внедрено в практику Научно-исследовательского института технического нормирования и стандартизации (Свидетельство Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства № 24-06/823 от 25 января 2024 года). В результате создается возможность снижения на  $\Delta I=0,52$  балла в грунтовой подушке, на  $\Delta I=1,02$  балла в железобетонных сваях, на  $\Delta I=0,91$  балла в сваях Deep soil mixing и на  $\Delta I=1,22$  балла в буронабивных армированных сваях;

- результаты сравнения методов инженерно-технической подготовки, примененных на строительных площадках, внедрены в практику в Научно-исследовательского института технического нормирования и стандартизации (Свидетельство № 24-06/823 от 25 января 2024 года Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства). В результате наиболее эффективным методом с экономической точки зрения, а также сокращения сроков строительства, является сваи Deep soil mixing, который позволил снизить уровень сейсмичности площадки на  $\Delta I = 1,0$  балл;

Созданные модели грунтов до и после инженерно-технической подготовки с учетом сейсмических характеристик лёссовых грунтов строительных площадок, были внедрено в практику Научно-исследовательского института технического нормирования и стандартизации (Свидетельство Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства № 24-06/823 от 25 января 2024 года). В результате значения ускорения  $a_x$ , скорости  $v_x$  и смещения  $u_x$  были уменьшены с помощью программного обеспечения Plaxis 3D.

**Апробация результатов исследований.** Данное исследование обсуждалось на 4-х международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 13 научных работ. Основные научные результаты диссертаций опубликованы в 7 научных изданиях рекомендованных ВАК Республики Узбекистан, в том числе 6 в республиканских и 1 в зарубежных научных журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объем диссертации составляет 117 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновываются актуальность проводимого исследования и его востребованность, цель и задачи исследования, описываются объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики. Описаны научная новизна и практические результаты исследования, раскрыта их научная и практическая значимость, представлено внедрение результатов исследования в практику, представлены сведения об опубликованных работах, сведения о структуре диссертации.

В первой главе диссертации на тему **«Состояние изученности влияния просадочных лессовидных грунтов на сейсмическую интенсивность»** приведены научные работы по оценке влияния просадочных лессовидных грунтов на сейсмическую интенсивность к 60-м годам XX века с учетом грунтовых условий строительных площадок, оценки изменения сейсмической интенсивности при землетрясениях начались использоваться С.В. Медведевым в 1962 году. Позже, к 70-м годам XX века, Ю.М. Абелев в своей научной работе «Основы строительства и проектирования на просадочных макропористых грунтах» описывает строительство в сейсмических районах на просадочных грунтах, т.е. виды инженерно-подготовительных работ на строительных площадках с распространенным просадочными грунтами, и их применение в строительной практике, приводимые в его научных трудах.

Кроме того, в этом направлении А.А. Мусаэлян, Л.Р. Ставницер, М.В. Аверочкина, А.Н. Вахтанова, Н.И. Кригер, А.Д. Кожевников и другие в своих исследованиях сосредоточили внимание на взаимосвязи между физико-механическими, упругими и сейсмическими свойствами лёссовых грунтов. На основе многолетних научных экспериментальных исследований Х.З. Расулов, С.С. Сайфиддинов и Г.А. Хакимов оценили сейсмические силы, влияющие на развитие процесса осадки в лессовидных грунтах, и рекомендовали эмпирические выражения для их расчета. К 1977 году А.Ю. Курдюк провел исследования по инженерной подготовке осадочных грунтов, распространенных на строительных площадках, и оценку изменения уровня сейсмичности расчетными методами. А. Ю. Курдюк в основном определил соотношения размеров подготовленного слоя при инженерной подготовке лессовидных грунтов.

Также ученые, проводившие научные исследования в зарубежных странах в этом направлении D.D. Barkan, H.B. Seed, N. Dezfulian, V.L. Streeter, F.E.Udwadia, R.D.Andrus, K.X.Stokoe, S.Okomoto, K.Ishixara, Ye.A.Voznesenskiy, V.N.Kutergin и другие. Они экспериментально изучили процессы, развивающиеся в дисперсных грунтах под действием сильных динамических вибраций, разработали классификации грунтов по типам.

Также, под руководством Г.О.Мавлонова в полевых условиях проведены исследования по оценке влияния лессовидных грунтов распространенных на территории Узбекистана на сейсмическую интенсивность С.М. Касимовым, С.А. Абдурахмановым, Т.С. Валиевым, М.Ш. Шерматовым, З.Ю. Ахмедовым,

К.Ш. Нурмухаммедовым и другими. Деформационные характеристики под техногенными динамическими воздействиями в осадочных лессовидных грунтах изучены Н.Г. Мавлоновой, количественно оценила значение показателей вибрации на развитие деформационного процесса. Позднее на основе обширных исследований в Институте сейсмологии В.А. Исмаилов, М.П. Гольберг, Т.С. Валиев и Р.Ш. Иногамов и др. провели исследования по усилению механических и сейсмических свойств лессовидных слоев под воздействием силикатных растворов и тем самым уменьшению значения сейсмической интенсивности. Несмотря на значительные результаты, полученные в этом направлении, на сегодняшний день, изменение их сейсмических свойств при технических методах мелиоративного погружения лессовидных грунтов полностью установлено.

Во второй главе диссертации, озаглавленной «**Оценка изменения инженерно-геологических свойств грунтов, связанных с ликвидацией просадочных свойств в лессовидных грунтах**», приведены изменения физико-механических свойств грунтов путем инженерной подготовки просадочных лессовидных грунтов, распространенных на строительных площадках с использованием различных методов.

В данной главе выбраны толщины слоев подлежащего инженерной подготовке согласно просадочного типа грунта каждой строительной площадки, а также конструктивного типа проектируемых зданий, в зависимости от количества этажей метода инженерной подготовки. Инженерные мероприятия, направленные на изменение строительных свойств грунтов основания, можно разделить на следующие: методы механического упрочнения; методы замены слабых грунтов основания; физические и химические методы упрочнения. В исследовательской работе рассматривались следующие методы:

1. Способ устройства грунтовой подушки.
2. Способ устройства железобетонных свай.
3. Способ устройства свай Deep soil mixing.

**Способ устройства грунтовой подушки.** Согласно проекту, в котловане 9-ти этажного жилого дома, расположенного в Шайхонтохурском районе города Ташкента, намечено устройство грунтовой подушки толщиной 5 метров. Площадка строительства состоит из пролювиальных лессовидных грунтов ( $pQ_{II}^{ts}$ ) мощностью более 30 м. Физико-механические свойства просадочных лессовидных грунтов в естественном состоянии выражаются следующим образом и составляют: плотность минеральных частиц  $\gamma=2,67-2,68$  г/см<sup>3</sup>, объемная масса  $\rho=1,42-1,65$  г/см<sup>3</sup>, пористость  $n=44-52,8\%$ , естественная влажность  $W=12,0-19,8\%$ , коэффициент пористости  $e=0,805-0,990$ , модуль полной деформации  $E=5,0-15,0$  МПа. На основании образцов, отобранных из грунтовой подушки, помещенной в котловане строительной площадки, в лабораторных условиях, определены значения объемного веса, пористости, естественной влажности, коэффициента пористости, угла внутреннего трения, прочности сцепления и общего модуля деформации грунта. На основе полученных результатов построены графики корреляционных зависимостей.

Средняя плотность грунта до и после инженерной подготовки увеличилась с  $1,55 \text{ г/см}^3$  до  $1,85 \text{ г/см}^3$ , а пористость снизилась с 40% до 33%. Коэффициент пористости снизился с 0,93 до 0,35. А значения общего модуля деформации увеличились с 9 МПа до 16 МПа.

**Способ устройства железобетонных свай.** Исследовательские работы проводились на участке «Массив Фаровон, улица И.Каримова, город Термез», в районе расположения 5-ти 16-этажных жилых домов. По проекту размеры 16-этажного жилого дома составляют  $20,6 \times 28,3$  м. В основании здания планируется установить 110 железобетонных свай длиной 12 м и диаметром 35 см. На территории исследований распространены отложения периода  $арQ_{IV}^{gl}$ . По результатам проведенных инженерно-геологических исследований на территории строительства выявлено 3 ИГЭ (инженерно-геологических элементов). Часть 1-го ИГЭ до уровня подземных вод составляет лессовидный суглинок горной породы средней мощности 5,0 м. В верхней части подземных вод 2-го ИГЭ формируется супесь горной породы, мощность которой в среднем достигает 1,5 м. Часть 3-го ИГЭ расположенная ниже уровня подземных вод, т.е. в части, расположенной на глубине 30 м распространены супеси и среднезернистые пески горной породы. Природные физико-механические свойства осадочных грунтов, распространенных по площадке составляют: плотность минеральных частиц  $\gamma=2,6-2,68 \text{ г/см}^3$ , объемная масса  $\rho=1,55-1,85 \text{ г/см}^3$ , пористость  $n=36,1-45,0\%$ , естественная влажность  $W=13,5-28,2\%$ , коэффициент пористости  $e=0,905-0,330$ , модуль деформации  $E=5,8-16,4$  МПа. Физико-механические свойства грунтов после инженерной подготовки составляют: плотность минеральных частиц  $\gamma=2,68-2,72 \text{ г/см}^3$ , объемная масса  $\rho=1,94-2,4 \text{ г/см}^3$ , пористость  $n=27,5-34,0\%$ , естественная влажность  $W=11,3-25,0\%$ , коэффициент пористости  $e=0,550-0,270$ , модуль деформации  $E=12,0-38,5$  МПа.

**Способ устройства свай Deep soil mixing.** Инженерно-геологические, геофизические и сейсмометрические исследования проведены в котловане объекта строительства «16-этажные жилые здания», расположенном на пересечении улиц Туркестан и Моварауннахр, города Коканд Ферганской области. Согласно проекту, под 16-этажным жилым домом на площади  $620 \text{ м}^2$  планируется устройство 154 свай длиной 19 м и диаметром 1 м (DSM). На территории исследований распространены четвертичные отложения, а также распространены голодностепные комплексы ( $арQ_{III}^{gl}$ ) верхнечетвертичных отложений, сформированные аллювиально-пролювиальным путем. По данным инженерно-геологических исследований, грунты месторождения разделены на 4 инженерно-геологических элемента. ИГЭ-1 - супесь, ИГЭ-2 - суглинок, ИГЭ-3 - гравий и ИГЭ-4 - галечник и определены физико-механические свойства каждого элемента. Ниже приведены изменения физико-механических свойств грунтов до и после установки свай ДСМ на строительной площадке. Плотность грунта до и после инженерной подготовки увеличилась в среднем с  $1,75 \text{ г/см}^3$  до  $2,10 \text{ г/см}^3$ , а пористость снизилась с 43% до 36%. Коэффициент пористости снизился с 1,100 до 0,30. Значения модуля деформации изменились с  $E=5,5$  МПа до 35 МПа.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Оценка изменения сейсмической интенсивности строительной площадки при инженерной подготовке оснований грунтов на основе различных технологий», определяется изменение значений сейсмической интенсивности путем применения 4-х различных инженерно-технических способы подготовки. Для определения изменения сейсмической интенсивности строительной площадки были использованы следующие методы и современные компьютерные инженерные программы:

1. Метод сейсмической жесткости.
2. Метод Накамуры.
3. Программа «Strata».

Метод сейсмической жесткости выражается увеличением или уменьшением величины приращения сейсмической интенсивности по сравнению с эталонным грунтом, изменением физико-механических свойств грунта, то есть соотношением плотности грунта и скорости поперечных волн. При расчете приращения сейсмической интенсивности по этому методу учитывался слой грунта мощностью 30 м.

Оценку изменения значений приращения сейсмической интенсивности для исследуемых и эталонных грунтов проводили по следующему выражению, а полученные результаты представлены в таблице 1:

$$\Delta I = 1.671 \times \lg \left( \frac{V_{s30, rep.} \times \rho_{30, rep.}}{V_{s30, i.} \times \rho_{30, i.}} \right) \quad (1)$$

где  $V_{s30, rep.}$  – скорость поперечной волны опорного грунта,  $\rho_{30, rep.}$  – плотность эталонного грунта,  $V_{s30, i}$  – скорость поперечных волн в исследуемом слое грунта,  $\rho_{30i}$  – плотность, соответствующая изучаемому слою грунта.

Значение  $V_{s30}$  рассчитывается по следующей формуле:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{si}}} \quad (2)$$

где  $V_{si}$  – скорость поперечной волны (м/с) в составе верхнего 30-метрового слоя грунта, в отдельном  $i$ -м слое толщиной (м).

Средняя плотность ( $\rho_{30}$ ) слоя грунта мощностью 30 м определяется по следующему выражению:

$$\rho_{30} = \frac{\sum_{i=1}^N (\rho_i \times h_i)}{30} \quad (3)$$

где  $\rho_i$  и  $h_i$  – плотность и мощность отдельного  $i$ -того слоя в верхнем 30-метровом слое грунта (м).

Таблица 1

**Значения приращения балльности определяемые методом сейсмической жесткости**

№	Методы инженерной подготовки	до инженерной подготовки, $\Delta I_1$	после инженерной подготовки, $\Delta I_2$	Разница между приращением сейсмической интенсивности, $\Delta I$
1.	Грунтовая подушка	+0,76	+0,24	0,52
2.	Железобетонный свай	+0,70	-0,36	1,06
3.	Deep soil mixing	+0,64	-0,27	0,91
4.	Буронабивный свай	+0,88	-0,34	1,22

Кроме того, значение приращения сейсмической интенсивности данной строительной площадки для обоих случаев было определено по методу Накамуры. Этот метод основан на оценке соотношения (H/V) между амплитудными спектрами горизонтальной (H) и вертикальной (V) составляющих микросейсмических колебаний. В ходе анализа инструментальных исследований с помощью программы Geopsy были получены спектры HVSR точек измерений до и после инженерной подготовки. На основе полученных спектров HVSR был рассчитано приращение сейсмической интенсивности по 4-му выражению. Полученные результаты представлены в таблице 2.

$$\Delta I = 2 \log \frac{HV_i}{HV_o} \quad (4)$$

Таблица 2

**Значения приращения сейсмической интенсивности определяемые методом Накамуры**

№	Методы инженерной подготовки	до инженерной подготовки, $\Delta I_1$	после инженерной подготовки, $\Delta I_2$	Разница между приращением сейсмической интенсивности, $\Delta I$
1.	Грунтовая подушка	+0,18	-0,03	0,21
2.	Железобетонный свай	+0,48	-0,36	0,84
3.	Deep soil mixing	+0,33	-0,16	0,49
4.	Буронабивный свай	+0,53	-0,18	0,71

Также с помощью программы Strata были определены значения пикового ускорения грунта в площадке исследований. Данная программа учитывает вероятность затухания и изменения сейсмических волн, неоднородность грунта, изменение скоростей и ускорений во времени, неизменность толщины слоя, а также неизменность существующего расстояния от поверхности земли до скальных пород.

На выбранных участках скорость поперечных волн для скальных каменных горных пород достигает максимального уровня  $V_s=1400$  м/с и



выше, что соответствует первой категории грунтов по сейсмическим характеристикам согласно QMQ.2.01.03-19.

Для проведения расчетов с помощью программы необходимо определить начальное сейсмическое воздействие, заданное акселерограммой и спектром реакции, и создать сейсмологические модели грунтового слоя. Реальная акселерограмма землетрясения адаптирована к сейсмологическим условиям территории Республики Узбекистан по их механизму и характеру распространения сейсмических волн. Информация о геологическом строении и физических свойствах грунта является исходными данными для моделирования отклика на сейсмическую реакцию грунта. Этот метод моделирования основан на методе конечных элементов. Такое моделирование позволяет учесть резонансные свойства слоя грунта и оценить влияние состояния грунта на амплитуду, частотный спектр и продолжительность вибрации. В результате с помощью программы были определены различия между значениями пикового ускорения в обоих случаях. Результаты расчета пиковых значений ускорений распространения грунта на строительных площадках по вышеуказанным методикам до и после инженерной подготовки представлены в таблице 3.

Таблица 3

**Значения пикового ускорения грунтов рассчитанные с помощью программы Strata**

№	Методы инженерной подготовки	до инженерной подготовки, PGA <sub>1</sub> , (g)	после инженерной подготовки, PGA <sub>2</sub> , (g)	Разница между пиковыми ускорениями ΔPGA, (g)
1.	Грунтовая подушка	0,42	0,35	0,07
2.	Железобетонный свай	0,44	0,29	0,15
3.	Deep soil mixing	0,55	0,42	0,13
4.	Буронабивный свай	0,49	0,33	0,16

В четвертой главе диссертации под названием «**Оценка грунтовых оснований на основе различных технологий методом расчета сейсмической интенсивности изменения размеров инженерно-подготовленного слоя в пространственном состоянии**» решена проблема распространения сейсмических волн в бесконечном пространстве с использованием программы Plaxis 3D методом конечных элементов. Численные методы не могут быть непосредственно применены к решению задачи о распространении сейсмических волн в бесконечном полупространстве. Для решения этой задачи заменим бесконечное полупространство конечным параллелепипедом. При этом накладываются граничные условия, представляющие влияние отброшенных сторон на грани продолжения параллелепипеда, то есть пропускают волны, попавшие на границу, не возвращая их.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= a\rho V_p \dot{u} \\ \tau_{yz} &= b\rho V_s \dot{u} \\ \tau_{zy} &= b\rho V_s \dot{w} \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} \sigma_y &= a\rho V_p \dot{v} \\ \tau_{xz} &= b\rho V_s \dot{w} \\ \tau_{zx} &= b\rho V_s \dot{u} \end{aligned} \right\} \quad \left. \begin{aligned} \sigma_z &= a\rho V_p \dot{w} \\ \tau_{xy} &= b\rho V_s \dot{u} \\ \tau_{yx} &= b\rho V_s \dot{v} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $\sigma$  и  $\tau$  — нормальные и касательное напряжение;  $w'$  — производная по времени,  $\dot{u}$  и  $\dot{v}$  — проекции скоростей предельных точек на оси;  $V_p$  и  $V_s$  — скорости волн P и S;  $a$  и  $\beta$  — безразмерные параметры;  $\rho$  — плотность материала.

С учетом физико-механических свойств грунтов определяем движение и скорость и ускорение образующихся узлов. Система основных уравнений в зависимости от времени движения системы под действием динамической нагрузки выражается следующим образом:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F\}, \quad (6)$$

где 36693 порядок системы дифференциальных уравнений,  $[M]$  — матрица масс,  $\{u\}$  — вектор смещения,  $[C]$  — матрица демпфирования, которая также учитывает граничные условия,  $[K]$  — твердость матрицы,  $\{F\}$  — вектор нагрузки; смещение  $\{u\}$ , скорость  $\{\dot{u}\}$  и ускорение  $\{\ddot{u}\}$  могут изменяться с течением времени.

Установлено, что уровень сейсмичности района строительства изменяется при использовании метода грунтовой подушки на лессовидных грунтах. Размеры выбранных моделей составляют 30 м по оси X, 20 м по оси Y и 30 м по оси Z.

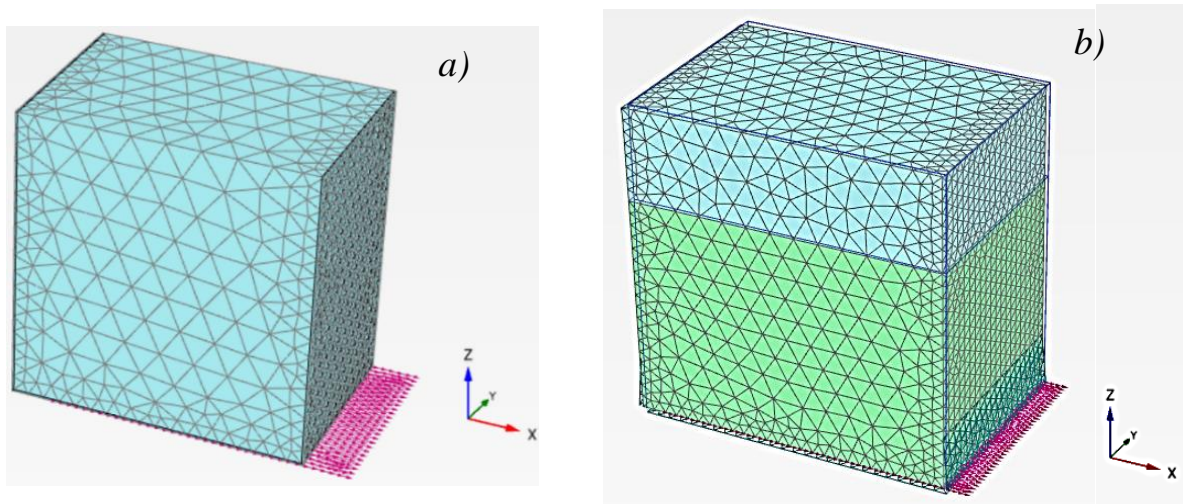


Рисунок 1. 3D-модели разделенных на конечно-элементные модели площадок в состоянии до и после инженерной подготовки

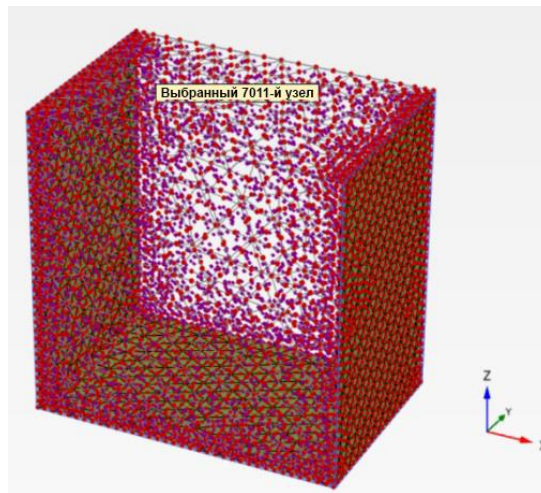


Рисунок 2. 3D-модель выбранной модели разделенной на 12231 узел.

Исследуемая область разделена на 12231 узел и 5091 конечный элемент. Форма конечных элементов выбрана в виде неправильного тетраэдра. На следующем этапе решения задачи в программу вводятся параметры грунта в состоянии перед и после инженерной подготовки. После ввода параметров грунта в качестве сейсмического эффекта для обеих выбранных моделей одинакового размера включается реальная акселерограмма, записанная в результате возникновения землетрясения прилежащих областях строительной площадке по оси X.

Координаты акселерограмм (X-40,16; Y-71,72) магнитудой M=5,2 очага землетрясения расположенного на глубине H=10 км записаны в результате произошедшего землетрясения по местному времени 06.11.2020 года в 7:38 часов. После расчетов с помощью программы Plaxis 3D мы сможем определить значения скорости, ускорения и смещения по оси X в любой момент сейсмического воздействия в любом узле. В ниже представленной таблице 4 показаны различия между максимальными значениями ускорения, скорости и смещения в выбранном узле.

Таблица 4

**Значения ускорения, скорости и смещения в выбранном узле до и после инженерной подготовки**

до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница
<b>Ускорение, <math>a_x</math> (см/с<sup>2</sup>)</b>			<b>Скорость, <math>v_x</math> (см/с)</b>			<b>Смещение, <math>u_x</math> (см)</b>		
$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
349,6	300	49,6	25,9	20,6	5,3	1,27	0,90	0,37

В процентном отношении ускорения в выбранном узле уменьшились на 14,18%. Скорость снизилась на 20,46%, а смещение — на 11,29%.

Определение изменения уровня сейсмичности строительной площадки с использованием железобетонных свай в лессовидных грунтах. Рассмотрена оценка сейсмического воздействия и изменение сейсмического эффекта при забивке железобетонных свай на строительных площадках с лессовидным грунтом в пространственной области с помощью МКЭ (Метод конечных элементов). Размеры созданных моделей составляют 32 м по оси X, 25 м по оси Y и 30 м по оси Z. Кроме того, модели разделены на 13013 узлов и 5371 конечный элемент.

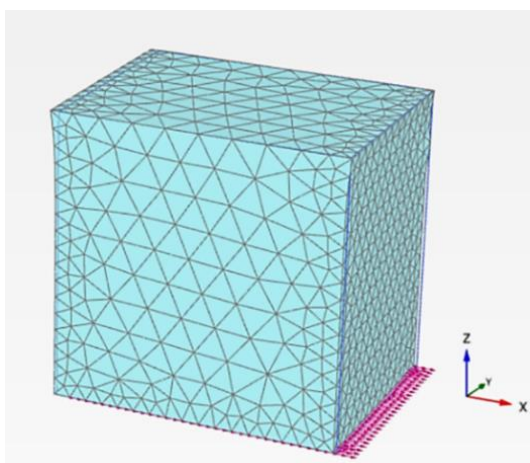


Рисунок 3. 3D-модель строительной площадки, разделенная на конечные элементы

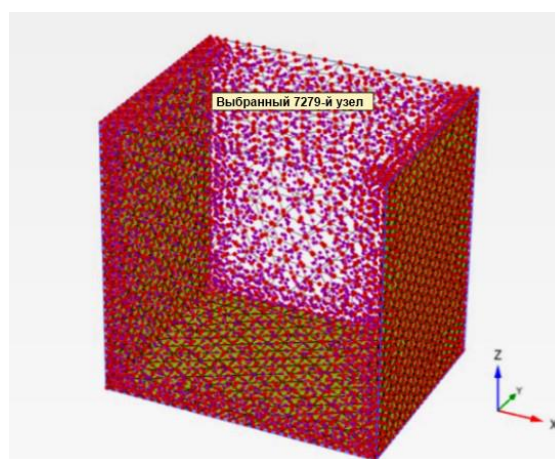


Рисунок 4. Выбранные модели представляют собой 3D-модели, разделенные на 13013 узлов

Реальная акселерограмма включена в качестве сейсмического воздействия для обеих моделей одинакового размера, выбранных после ввода параметров грунта в программу. Координаты акселерограмм (X-37,95; Y-67,02) магнитудой  $M=5,8$  очага землетрясения расположенного на глубине  $H=15$  км записаны в результате произошедшего землетрясения по местному времени 12.05.2022 года в 15:35 часов. Различия между максимальными значениями ускорения, скорости и смещения при данном сейсмическом воздействии по оси X, результаты расчетов представлены в таблице 5.

Таблица 5

**Значения ускорения, скорости и смещения в выбранном узле до и после инженерной подготовки**

до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница
<b>Ускорение, <math>a_x</math> (см/с<sup>2</sup>)</b>			<b>Скорость, <math>v_x</math> (см/с)</b>			<b>Смещение, <math>u_x</math> (см)</b>		
$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
446,3	299,2	147,1	15,5	10,2	5,3	1,64	1,34	0,30

В процентном отношении ускорения в выбранном узле уменьшаются на 32,95%. Скорость снизилась на 11,64%, смещение — на 18,29%.

За счет установки Deep soil mixing свай в лессовидных грунтах удалось изменить уровень сейсмичности строительной площадки. Сейсмическое воздействие и изменение сейсмического эффекта при изготовлении свай Deep soil mixing на строительных площадках с распространенными просадочными грунтами оценивали с помощью МКЭ в пространственной области. Размеры созданных моделей 28x22x30 м. Созданная модель строительной площадки разделена на 13247 узлов и 5535 конечных элементов. Формы конечных элементов выбраны в качестве неправильных тетраэдров.

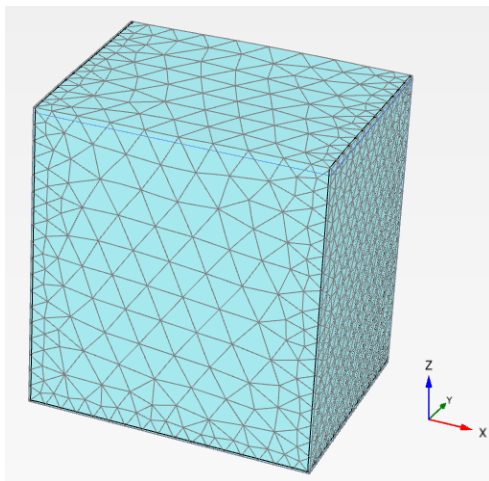


Рисунок 5. 3D модель строительной площадки, разделенной на конечные элементы

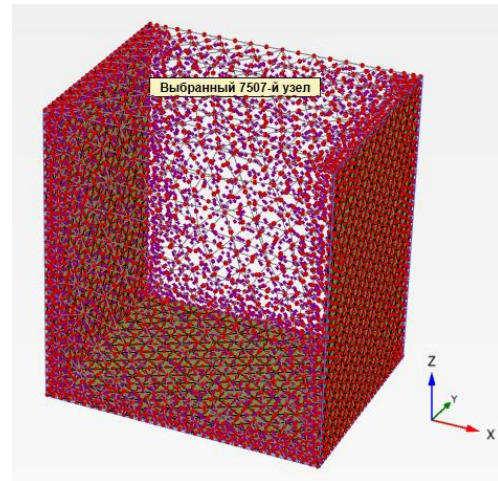


Рисунок 6. Выбранная модель представляет собой 3D-модель, разделенную на 13 247 узлов

Координаты акселеограмм (X-41,03; Y-73,37) магнитудой M=4,6 очага землетрясения расположенного на глубине H=5 км записаны в результате произошедшего землетрясения по местному времени 29.09.2021 года в 7:46 часов. Различия между максимальными значениями параметров ускорения, скорости и смещения при сейсмическом воздействии, заданными обеими моделями, созданными по оси X приведены в таблице 6.

Таблица 6

**Значения ускорения, скорости и смещения в выбранном узле до и после инженерной подготовки**

до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница
<b>Ускорение, <math>a_x</math> (см/с<sup>2</sup>)</b>			<b>Скорость, <math>v_x</math> (см/с)</b>			<b>Смещение, <math>u_x</math> (см)</b>		
$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
417,4	329,9	87,5	10,8	9,6	1,2	0,57	0,46	0,11

В процентном отношении ускорения узлов снизились на 20,96%. Скорость была снижена на 11,2%, смещение - на 19,29%.

Изменение уровня сейсмичности строительной площадки определялся с использованием свай с буровым армированием в лессовидных грунтах. С помощью программы Plaxis 3D были оценены изменения значений ускорения, скорости и перемещений узлов выбранных нами моделей, то есть моделей в состоянии до и после инженерной подготовки. Созданные модели строительной площадки разделены на 24231 узел и 10468 конечных элементов. Формы конечных элементов выбраны в качестве неправильных тетраэдров.

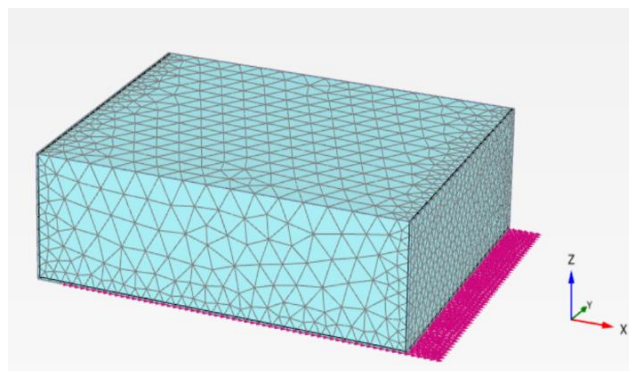


Рисунок 7. 3D-модель строительной площадки, разделенная на конечные элементы

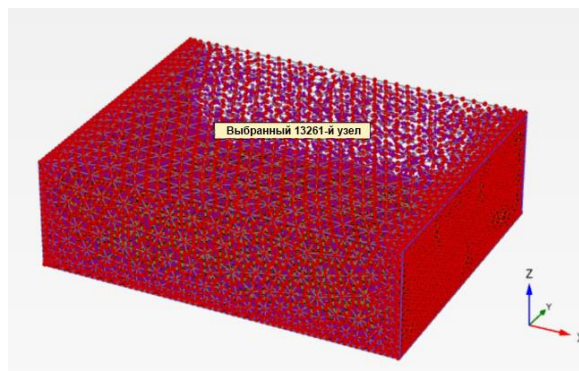


Рисунок 8. Выбранная модель представляет собой 3D-модель, разделенную на 24231 узлов

На следующем этапе решения задачи в программу вводятся параметры грунта в состоянии перед и после инженерной подготовки. Реальная акселерограмма введена в качестве сейсмического воздействия по оси X.

Координаты акселерограмм (X-40,16; Y-71,72) магнитудой M=5,2 очага землетрясения расположенного на глубине H=10 км записаны в результате произошедшего землетрясения по местному времени 06.11.2020 года в 7:38 часов. Различия между максимальными значениями в 13261 узлах параметров ускорения, скорости и смещения при сейсмическом воздействии, заданными обеими моделями, созданными по оси X приведены в таблице 7.

Таблица 7

**Значения ускорения, скорости и смещения в выбранном узле до и после инженерной подготовки**

до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница
<b>Ускорение, <math>a_x</math> (см/с<sup>2</sup>)</b>			<b>Скорость, <math>v_x</math> (см/с)</b>			<b>Смещение, <math>u_x</math> (см)</b>		
$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
376,3	220	156,3	20,1	16,7	3,4	1,24	1,10	0,14

В процентном отношении ускорения узлов снизились на 41,53%. Скорости в этих расчетах снизилась на 16,91%, а смещения снизились на 11,29%. Различия в выбранных узлах после естественной и инженерной подготовки грунта 4-мя разными способами показаны ниже в таблице 8.

Таблица 8

**Сравнительная таблица значений ускорения, скорости и смещения в выбранных узлах до и после инженерной подготовки**

Показатели	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница	до инженерной подготовки	после инженерной подготовки	Разница
	Ускорение, $a_x$ (см/с <sup>2</sup> )			Скорость, $v_x$ (см/с)			Смещение, $u_x$ (см)		
	$a_{x1}$	$a_{x2}$	$\Delta a_x$	$v_{x1}$	$v_{x2}$	$\Delta v_x$	$u_{x1}$	$u_{x2}$	$\Delta u_x$
Грунтовая подушка	349,6	300	49,6	25,9	20,6	5,3	1,27	0,90	0,37
Железобетонные свай	446,3	299,2	147,1	15,5	10,2	5,3	1,64	1,34	0,30
Deep soil mixing	417,4	329,9	87,5	10,8	9,6	1,2	0,57	0,46	0,11
Буронабивные свай	376,3	220	156,3	20,1	16,7	3,4	1,24	1,10	0,14

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определено, что применение выбранных методов инженерно-технической подготовки, а также в зависимости от неразрывно связанной толщины подготавливаемого слоя приводит к улучшению значений физико-механических свойств грунта с точки зрения строительства.

2. Определено, что в зависимости от методов инженерно-технической подготовки скорость распространения поперечных волн ( $V_s$ ) в просадочных лессовидных грунтах выше в 1,3 раза при способе грунтовой подушки, в 2,4 раза выше при способе железобетонных свай, в 3 раза выше при методе Deep soil mixing, 3,8 раза выше при методе буронабивных армированных свай.

3. В зависимости от выбранных способов приращение сейсмической интенсивности строительных площадок, т.е. для слоя 30 м, установлено снижение на -0,52 балла на грунтовой подушке, на -1,02 балла в железобетонных сваях, -0,91 балла в сваях Deep soil mixing и на -1,22 балла у буронабивных армированных сваях.

4. Изменение значений пикового ускорения лессовидных грунтов определялось соответственно исходя из физико-механических и сейсмических параметров грунтов и исходной сейсмичности строительной площадки.

5. 3D модели выбранных строительных площадок по каждому объекту исследования были разработаны с использованием программного обеспечения Plaxis 3D. С использованием этих моделей были оценены значения ускорения, скорости и параметров смещения составляющих их узлов в результате заданного сейсмического воздействия.

6. Полученные результаты показали, что среди выбранных инженерно-технических подготовительных работ наиболее эффективным способом снижения уровня сейсмического воздействия являются сваи с буровой арматурой, разница в величине приращения сейсмической интенсивности составляет -1,22 балла, а также с использованием программы Plaxis 3D определена наибольшая разница значений динамических параметров узлов разработанной 3D модели.

7. Усовершенствованы методы оценки сейсмического воздействия и сейсмической интенсивности на сейсмически активных территориях.

8. Наиболее эффективным способом сокращения сроков строительства являются сваи Deep soil mixing, которые, как установлено, снижают уровень сейсмичности территории на -1 балл. Также он рекомендован как наиболее экономически эффективный метод по результатам сравнения методов инженерно-технической подготовки, применяемых на строительных площадках.



**BOZOROV JONIBEK SHAVKATOVICH**

**ASSESSMENT OF CHANGES IN SEISMIC INTENSITY AT  
CONSTRUCTION SITES USING METHODS OF ENGINEERING  
PREPARATION OF LOESS SOIL BASES**

**05.10.03 – Seismic safety**

**ABSTRACT**

**of the dissertation of doctor of philosophy (PhD) in technical sciences**

**Tashkent-2024**

**The theme dissertation of the doctor philosophy (PhD) registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and innovation of the Republic of Uzbekistan under number B2024.2.PhD/T4801.**

The dissertation has been prepared at the Institute of Seismology.

The abstract of the dissertation is posted in three (Uzbek, Russian, English) languages on the website of the Scientific council ([www.seismos.uz](http://www.seismos.uz)) and on the website of «Ziyonet» information and educational portal ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Scientific adviser:**

**Ismailov Vokhitkhan Alikhanovich**

Doctor of Geological and Mineralogical sciences,  
professor

**Official opponents:**

**Kayumov Abdubaki Djalilovich**

Doctor of technical sciences, professor

**Aimbetov Izzet Kallievich**

Doctor of technical sciences

**Leading organization:**

**Tashkent University of Architecture and Construction**

The defense will take place «11» december, 2024 at 14<sup>00</sup> at the meeting of the Scientific council DSc.02/30.08.2022.T.97.02 at Institute of Seismology (Address: 100128, Tashkent city, Zulfiyakhonim street, №3. Ph.: +99871 241-51-70; +99871 241-74-98;

E-mail: [seismologiya@mail.ru](mailto:seismologiya@mail.ru)).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Institute of Seismology (is registered under 1155) (Address: 100128, Tashkent city, Zulfiyakhonim street, 3. Ph.: +99871 241-51-70).

The abstract of the dissertation is distributed on «22» november 2024.

(register of this distributed protocol from № 1 dated «22» november 2024)



**A.I. Tuychiev**  
Deputy Chairman of the Scientific Council for  
awarding scientific degrees,  
doctor of physical and mathematical sciences.

**M.A. Mirzayev**  
Scientific Secretary of the Scientific Council for  
Awarding scientific degrees,  
PhD in Physico-Mathematical Sciences

**K.D. Salyamova**  
Deputy Chairman of the Scientific Seminar under the  
Scientific Council for Awarding scientific degrees,  
Doctor of technical science, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the research work** to assess the change in the seismic intensity of the construction site as a result of the application of various engineering training methods on foundations with subsident loess soil.

**The objects of the research work** The territory of the Republic of Uzbekistan was chosen, where subsidence loess soils are common.

### **Scientific novelty of the research work is:**

- it has been established that the decrease in seismic intensity at construction sites where subsidence loess-like soils are common is inextricably linked to the method of engineering preparation and the physico-mechanical characteristics of the soil layer;

- in the soil models created taking into account the seismic characteristics of loess strata, a decrease in the values of seismic vibrations (acceleration ( $a_x$ ), velocity ( $v_x$ ) and displacement ( $u_x$ ) was found) when using various methods of engineering preparation of soil foundations on construction sites;

- for the first time, a decrease in seismic intensity values on construction sites was established: when using the method of bored piles, it amounted to -1.22 points, when using the method of reinforced concrete piles to -1.02 points, when using the method of piles Deep soil mixing (technology of deep mixing of soil) to -0.91 points, by the method of soil cushion to -0.52 points;

- for the first time, the possibility of reducing seismic intensity by 1 point as a result of using the “Deep soil mixing” pile method on construction sites in the Republic was studied, and the effectiveness of this method relative to other methods was evaluated.

**Implementation of research results.** Based on engineering-geological, geophysical and instrumental studies conducted before and after engineering and technical training at construction sites with loess soils, as well as scientific and practical results obtained using Plaxis 3D and Strata programs:

- the results obtained using the seismic intensity method and the Strata and Geopsy programs for assessing seismic intensity have been implemented in the practice of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services (Reg. No. 24-06/823 of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services dated January 25, 2024). As a result, it was possible to determine the values of an increase in seismic intensity in loess soils with a capacity of 30 m and effectively assess their seismic safety;

- reduction of seismic intensity at the construction site due to engineering and technical preparation of loess soils has been implemented in practice at the Research Institute of Technical Regulation and Standardization (Reg. No. 24-06/823 of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services dated January 25, 2024). As a result, it is possible to reduce  $\Delta I=0.52$  points in the ground cover,  $\Delta I=1.02$  points in reinforced concrete piles,  $\Delta I=0.91$  points in Deep soil mixing piles and  $\Delta I=1.22$  points in piles with drilling fittings.

- the results of comparing the methods of engineering and technical training used at construction sites have been put into practice at the Research Institute of

Technical Regulation and Standardization (Reg. No. 24-06/823 of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services dated January 25, 2024). As a result, the most effective method from an economic point of view, as well as reducing the construction time, is Deep soil mixing piles, which allowed reducing the seismicity level of the territory by  $\Delta I=1$  point;

The created soil models before and after engineering and technical training, taking into account the seismic characteristics of loess soils of construction sites, were put into practice by the Scientific Research Institute of Technical Standardization and Standardization (Certificate of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services No. 24-06/823 dated January 25, 2024). As a result, the values of acceleration  $a_x$ , velocity  $v_x$  and displacement  $u_x$  were reduced using the Plaxis 3D software.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion and a list of references. The total volume of the dissertation is 117 pages.

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

**I bo'lim (I chast; part I)**

1. Ismailov V.A., Yuldashev Sh.S., Bozorov J.Sh., Boytemirov M.B. Qurilish maydonlarida grunt to'shamasidan oldingi va keyingi modellari uchun ChEU yordamida tezlanish, tezlik va ko'chish qiymatlari o'zgarishini baholash // ME'MORCHILIK VA QURILISH MUAMMOLARI (ilmiy-texnik jurnal) №3, 2023 yil. S. 155-159. (05.00.00; №14).

2. Ismailov V.A., Bozorov J.Sh., Boytemirov M.B., Yadigarov E.M., Aktamov B.U. Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holatda gruntlarda seysmik to'lqinlar xususiyatlari o'zgarishini Plaxis 3D dasturi yordamida baholash // ME'MORCHILIK VA QURILISH MUAMMOLARI (ilmiy-texnik jurnal) №3, 2023 yil. S. 163-167. (05.00.00; №14).

3. Bozorov J.Sh., Yadigarov E.M., Aktamov B.U., Oripov N. Qurilish maydonlarida tarqalgan lyoss gruntli asoslarning muhandis-geolgik va seysmik xossalarini qoziq joylashtirish usuli bilan yaxshilash va seysmik jadallik orttirmasi o'zgarishini baholash // ARXITEKTURA, QURILISH VA DIZAYN ILMIY AMALIY JURNALI. №2, 2023. S-204-211. (05.00.00; №4).

4. Ismailov V.A., Yuldashev Sh.S., Bozorov J.Sh., Yuldashev F.Sh. Plaxis 3D dasturi yordamida lyoss gruntleri tarqalgan qurilish maydonlarida temirbetonli qoziqlarni qoqish orqali seysmik ta'sir va seysmik effekt o'zgarishini baholash // ARXITEKTURA, QURILISH VA DIZAYN ILMIY AMALIY JURNALI. №3, 2023. S-315-321. (05.00.00; №14).

5. Bozorov J.Sh., Vahobov B.J., Yadigarov E.M., Aktamov B.U. Cho'kuvchan gurntlarda deep soil mixing (DSM) qoziqlarini qo'llash orqali gruntlarning seysmik xossalarini o'zgarishini Plaxis 3D dasturini qo'llagan holda chekli elementlar usulida baholash // ME'MORCHILIK VA QURILISH MUAMMOLARI (ilmiy-texnik jurnal) №4, 2023 yil. S. 336-340. (05.00.00; №14).

6. Bozorov J.Sh. Lyoss gruntli asoslarni muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holat uchun seysmik jadallikni o'zgarishini baholash // O'zMU XABARLARI. 2023 3/1/1. Tabiiy fanlar. TOSHKENT – 2023 y. S. 219-223. (04.00.00; №7)

7. Bozorov J, Aktamov B, Yadigarov E. Engineering-seismological and geophysical research in the construction of multi-storey buildings in seismic areas // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences – India, 2022 Vol. 12 (2) May-August, ISSN: 2277-2081 pp. 142-148.

## II bo'lim (II chast; part II)

8. Бозоров Ж.Ш. Определение изменения параметров грунта при использовании арматурных свай с помощью программы PLAXIS 3D / Международная научная конференция «Актуальные проблемы обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий» Ташкент 3-4 октября 2023 года. Ст-323-331.

9. Бозоров Ж.Ш., Ядигаров Э.М., Орипов Н.К. Особенности изменения инженерно-геологических и сейсмических свойств просадочных грунтовых оснований с помощью метода deep soil mixing / Материалы VII Международной конференции «Сейсмология и инженерная сейсмология», посвященной 100-летию со дня рождения Общенационального лидера Г.Алиева. Баку-2023. Ст. 140-149.

10. Бозоров Ж.Ш., Тешаева Р.Б., Мансуров А.Ф., Рузимбаев Ф.Ф. Особенности влияния просадочных лёссовых грунтов на сейсмическую интенсивность строительной площадки / Современные техника и технологии в научных исследованиях, XIV Ежегодная международная конференция молодых ученых и студентов, 27-29 апрел,2022, Бишкек, ст. 268-275.

11. Бозоров Ж.Ш., Рузимбаев Ф.Ф., Мансуров А.Ф., Тешаева Р.Б. Об изменении инженерно-геологических и сейсмических свойств просадочных лёссовых грунтов до и после их инженерной подготовки / Республика миқёсидаги илмий ва илмий – техник анжумани Ўзбекистон Республикаси аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш муаммолари 2021-йил 20-21-сентябрь. ст. 105-111.

12. Бозоров Ж.Ш., Мансуров А.Ф., Якубош Ш.Р., Чакконова С. Особенности проявления остаточных деформации в дисперсных грунтах при сильных землетрясениях и к вопросу обеспечения их сейсмоустойчивости / «Зилзилаларда аҳолини харакатланишга тайёрлаш ва ўргатишнинг инновацион услублари» мавзусидаги республика илмий-амалий семинар материаллари тўплами. S. 78-83.

13. Bozorov J.Sh , Oripov N.K, Yadigarov E.M, Xusomiddinov A.S. Assessment of Seismic Impact Change Through Engineering-Technical Reinforcement of Loess Soils / Collection of materials of the International Scientific Conference: Mechanics, Seismic Resistance, Mechanical Engineering on the problems of “Ensuring Seismic Safety and Seismic Resistance of Buildings and Structures, Applied Problems of Mechanics”, dedicated to the 90<sup>th</sup> anniversary of Academician of Academy of Sciences of RUz T.R. Rashidov. May 27-29, 2024 Tashkent Uzbekistan. pp. 168-176.

Avtoreferat «Seysmologiya muammolari» jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib,  
o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi

Bosishga ruxsat etildi: \_\_\_\_\_2024 yil  
Bichimi: 60x84<sup>1/16</sup>, «Times New Roman»  
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog‘i 3,25. Adadi 100. Buyurtma: № 5  
“Innovatsion rivojlanish nashriyot-matba uyi”  
bosmaxonasida chop etildi.  
100174, Toshkent sh., Olmazor tumani, Universitet ko‘chasi, 7 uy.

