

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.ФМ/Т.02.09 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

САМАРҚАНД ДАВЛАТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

НАБИЕВА НИГОРА АКБАРОВНА

**ДАЛА ШАРОИТИДА ҚУМЛИ ПРЕССИОМЕТР ЁРДАМИДА ЛОЙЛИ
ГРУНТЛАРНИНГ ДЕФОРМАЦИЯ ХУСУСИЯТЛАРИНИ АНИҚЛАШ
УСУЛЛАРИ**

01.02.03 – Грунтлар ва тоғ жинслари механикаси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Самарқанд - 2021

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси мундарижаси**

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

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

Набиева Нигора Акбаровна

Дала шароитида қумли прессиометр ёрдамида лойли грунтларнинг
деформация хусусиятларини аниқлаш усуллари..... 5

Набиева Нигора Акбаровна

Полевые методы определения деформационных свойств
глинистых грунтов с использованием песчаного прессиометра 21

Nabieva Nigora Akbarovna

Field methods for determining the deformation properties of
clay soils using the sand pressiometer 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works 47

САМАРҚАНД ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.03/30.12.2019.ФМ/Т.02.09 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

САМАРҚАНД ДАВЛАТ АРХИТЕКТУРА-ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

НАБИЕВА НИГОРА АКБАРОВНА

**ДАЛА ШАРОИТИДА ҚУМЛИ ПРЕССИОМЕТР ЁРДАМИДА ЛОЙЛИ
ГРУНТЛАРНИНГ ДЕФОРМАЦИЯ ХУСУСИЯТЛАРИНИ АНИҚЛАШ
УСУЛЛАРИ**

01.02.03 – Грунтлар ва тоғ жинслари механикаси

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD) ДИССЕРТАЦИЯСИ
АВТОРЕФЕРАТИ**

Самарқанд - 2021

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси Олий аттестация комиссиясида В2021.1.PhD/Т1771 рақами билан рўйхатга олинган.

Диссертация Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.samdu.uz) ва “ZiyoNet” Ахборот таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:

Хасанов Аскар Забиевич

техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар:

Ишанходжаев Абдурахмон Асимович

техника фанлари доктори, профессор

Бузруков Закирё Саттиходжаевич

техника фанлари номзоди, доцент

Етакчи ташкилот:

Тошкент архитектура-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Самарқанд давлат университети ҳузуридаги илмий даражалар DSc.03/30.12.2019.FM/Т.02.09 рақамли илмий кенгашнинг 2021 йил «_____» _____ кунни соат _____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: Университет хиёбони, 15. Тел./ факс: (66) 239 11 40, e-mail: sasu_info@edu.uz).

Диссертация билан Самарқанд давлат университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (_____ рақам билан рўйхатга олинган). (Манзил: 140104, Самарқанд ш., Университет хиёбони, 15 Тел: (99866) 239-11-40; Факс: (99866) 239-11-40.)

Диссертация автореферати 2021 йил «_____» _____ кунни тарқатилди.
(2021 йил «_____» _____ даги _____ рақамли реестр баённомаси).

Р.И. Халмурадов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси,
техника фанлари доктори, профессор

Х.М. Буранов

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби,
физика-математика фанлари номзоди, доцент

Х. Худойназаров

Илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси,
техника фанлари доктори, профессор

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда амалга оширилаётган қурилишларнинг турли йўналишларида илмий изланишлар натижаларини ҳалқ хўжалигига татбиқ этиш, қурилиш самарадорлиги ва сифатини ошириш, шунингдек грунтларнинг деформация кўрсаткичларини тўғри ва кам харажатли қилиб аниқлашда дала усулларини қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгалламоқда. Дунё миқёсида ушбу муаммоларни ҳал қилиш учун грунтларнинг деформация кўрсаткичларини аниқлашда дала ва лаборатория усулларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга катта эътибор қаратилмоқда. 1970-йиллардан бошлаб ҳозирги кунгача АҚШ, Франция, Япония, Хитой, Россия Федерацияси ва бошқа ривожланган мамлакатларда дала шароитида грунтларнинг деформация кўрсаткичларини аниқлашда геотехник усуллар кенг қўлланиб келинмоқда. Бунинг сабаби шундаки, бу усул биринчидан, намуналарни лабораторияда синаш учун танлаб олишнинг иложи бўлмаган ҳолда грунтларнинг деформация кўрсаткичларини ўрганишга, иккинчидан, табиий структурага эга бўлган грунтларнинг механик хоссаларини табиий шароитда аниқлашга имкон бергани учун бу усулларни амалиётга жорий қилишни тақозо қилади. Шу жиҳатдан лаборатория шароитида грунтларнинг бу хусусиятларини камроқ харажат билан идеаллаштирилган кучланиш ва деформация кўрсаткичларини аниқлаш замон талабидир. Кўпгина ривожланган давлатларда грунтларнинг деформация кўрсаткичлари қийматларини тўғридан-тўғри дала ва лаборатория шароитида топиб, олинган натижаларни махсус коэффициентдан фойдаланган ҳолда аниқлаштириш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда кенг миқёсда грунтларнинг асосий механик хоссаларини аниқлашга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, грунтларнинг асосий механик кўрсаткичларини аниқлаш учун дала шароитида тўғридан-тўғри олиб борилган тажрибалар заминнинг деформация ва мустаҳкамлик кўрсаткичларини юқори аниқликда ҳисоблашга имкон беради. Бу кўрсаткичлар бино ва иншоотлар асослари лойиҳаларининг деярли барча ҳисоб-китобларида қўлланилмоқда ҳамда ташқи кучлар таъсирида заминларнинг деформацияларини ҳисоблашга қаратилган инженерлик қидирув ишларини олиб боришда қўлланилаётган янги технологияларга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда амалиётга жорий этилаётган қурилишларнинг барча соҳаларида (уй-жой қурилиши, саноат, транспорт, гидротехника ва энергетика объектлари қурилишида) инженер-геологик тадқиқотларни олиб бориш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. Хусусан, бу ишларни олиб боришда, дала шароитида грунтларнинг механик кўрсаткичларини аниқлашда прессиометрлар кенг қўлланилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан, «... ишлаб чиқаришни модернизация қилиш, техник ва технологик жиҳатдан янгилаш, ишлаб чиқариш, ... тежамкор ва самарали замонавий технологияларни

босқичма-босқич жорий этиш ...»¹ бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларини амалга оширишда, жумладан, дала шароитида грунтларнинг асосий деформация кўрсаткичларини аниқлаш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 2 апрелдаги ПФ-5392-сон “Қурилиш соҳасида давлат бошқаруви тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2020 йил 27 ноябрдаги ПФ-6119-сон “Ўзбекистон Республикаси қурилиш тармоғини модернизация қилиш, жадал ва инновацион ривожлантиришнинг 2021-2025 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги Фармонлари, 2018 йил 27 ноябрдаги ПҚ-4035-сон “Автомобиль йўллари қуриш ва улардан фойдаланиш соҳасида ишларни ташкил этишнинг илғор хорижий услубларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2018 йил 2 апрелдаги Ўзбекистон Республикаси Президентининг ПҚ-3646-сон “Ўзбекистон Республикаси Қурилиш Вазирлиги фаолиятини ташкил этиш тўғрисида”ги қарорлари қурилиш индустриясини ривожлантиришнинг истиқболли йўналишлари, шу жумладан, 2021-2025 йилларда режалаштирилган қурилиш соҳасида кўзда тутилган ҳамда, мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг VIII. “Геология фанлари (геология, геофизика, сейсмология)» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Кўплаб олимлар жумладан, Ю.Г.Трофименков, Л.Н.Воробков, И.В.Архангельский., Г.Г.Болдырев, Д.В.Арефьев, А.В.Гордеев, Р.С.Зиангиров, Ю.Б.Текучев, М.И.Бронштейн, В.В.Лушников, А.К.Бугров, R.K.Robertson, R.G.Campanella, H.B.Seed, K.Tokimatsu, L.E Harder ва R.M.Chung, A.W.Skemptonлар охириги 50-60 йиллар давомида грунтларнинг деформацион кўрсаткичларини дала шароитида аниқлаш усуллари билан шуғулланиб келмоқдалар. Хусусан, АҚШнинг «Anagnostopulos» синов ва материаллар уюшмасининг олимлари E.Cubrinovski, K.Ishihara ва кўпгина геотехник фирмалар «Қумли грунтлар учун SPT кўрсаткичи» (1999) ва грунтнинг нисбий зичлиги ўртасидаги Эмпирик корреляциясини ҳамда конуснинг пенетрацион синовлари асосида грунт параметрларининг корреляциясини (СРТ) (2003) аниқлашга қаратилган тадқиқотларни ўтказганлар.

Уй-жой қурилиши, саноат, транспорт, гидротехника ва энергетика объектларининг қурилишида инженер-геологик тадқиқотлар олиб боришда грунтларнинг механик хусусиятларини аниқлаш катта аҳамиятга эга. Бугунги кунда бу кўрсаткичлар МДХ да ишлаб турган стандартлар билан бир қаторда

¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

хорижий, хусусан, Eurocode 7 (EC7 - геотехник лойиха), Japanese geotechnical society standards vol.1, vol.2 (Япон геотехника жамияти) стандартларига мувофиқ, ушбу мамлакатларда геологик муҳитни баҳолашда илғор, замонавий геотехник тадқиқотлар усуллари қўлланилиб келинмоқда. Ривожланган давлатларда қабул қилинган норматив ҳужжатларда янги замонавий усуллар: (Standard Penetration Tests) SPT, (Cone Penetration Tests) CPT турли пенетрацион тестлар (Dinamic Penetration Tests) DPT ва бошқалар кенг миқёсда қўлланилиб келинмоқда. Бундай замонавий тадқиқот методикаларини қўллаган ҳолда замин грунтларининг механик кўрсаткичлари тўғрисида ишончли маълумот олиш мумкин бўлади, бу эса, 3D компьютер рақамли фазовий инженер-геологик маълумотлар тизимини яратишга имкон беради.

Ўзбекистонда бу соҳада ЎзГАШКЛИТИ (проф. Ю.Д.Магруппов), “ГЕОФУНДАМЕНТПРОЕКТ” МЧЖ (раҳбари т.ф.д., проф. А.З.Хасанов) ва бошқа илмий-тадқиқот корхоналари иш олиб бормоқда. Олимлардан Х.З.Расулов, А.З. Хасанов, А.А.Ишанходжаев, Ю.Частоедов, И.Усмонходжаев, М.М.Хонкелдиев, Ф.А.Икрамов, М.М.Якубов, А.М.Мадатов ва бошқаларнинг шу соҳада эришган натижалари салмоқлидир.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқотлари Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг "Дала ва лаборатория шароитида лёссли грунтларнинг қурилиш хусусиятларини ўрганиш" (2015-2020) мавзусидаги илмий-тадқиқот ишлари режаси доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади цилиндр шаклидаги қумли грунтнинг ўқ симметрик сиқилиши натижасида унинг деформация кўрсаткичларини аниқлаш; скважина атрофидаги грунтга радиал йўналишдаги тарқалган кучлар таъсирида массивнинг кучланиш ва деформация ҳолатини аниқлаш; грунтларнинг чуқурлик бўйича деформацион кўрсаткичларини аниқлашга қаратилган янги прессиометр конструкциясини яратиш ва унда олинган натижаларни бошқа алтернатив усуллар ёрдамида олинган натижалар билан таққослаш.

Тадқиқотнинг вазифалари:

замин грунтларининг ҳисобий параметрлари аниқлигини оширишга имкон берадиган дала шароитида грунтнинг деформация ва ўта чўкиш кўрсаткичларини аниқлашга қаратилган ихчам прессиометр қурилмасини ишлаб чиқиш;

қумли цилиндрнинг ўқ симметрик сиқилишида унинг ён томонга босимини ва силжишини аниқлашда модели тажриба ўтказиш ва деформация ҳолатини таҳлил қилиш;

ҳақиқий механик хусусиятларни, хусусан, грунт деформация модулини аниқлаш учун турли усуллардан фойдаланган ҳолда қиёсий тажрибалар ўтказиш;

ўтказилган тажрибалар асосида скважина атрофидаги грунт деформациясининг фаол сиқилиш қатлами, грунтнинг ён томонга босим ва кенгайиш коэффицентини аниқлаш усулини ишлаб чиқиш;

янги прессиометр ёрдамида аниқланган кўрсаткичларни бошқа амалдаги мавжуд штамп ва лопасти прессиометр тажриба натижалари билан таққослаш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида грунтларни деформация кўрсаткичларини аниқлашга қаратилган қумли прессиометр олинган.

Тадқиқотнинг предмети скважина ичидаги цилиндр кўринишдаги қумли грунт ўқ симметрик сиқилиши натижасида, массивда радиал йўналишдаги КДХ ва унинг атрофидаги грунтларнинг деформацион кўрсаткичларини аниқлашдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари грунтлар механикасининг замонавий назарий принциплари ва экспериментал тадқиқот усулларида иборат. Қўйилган масалаларни амалга ошириш учун қуйидаги усуллардан фойдаланилган: экспериментал усуллар ёрдамида грунтларнинг деформацион хусусиятлари ўрганилган; диссертациянинг назарий қисмини яратишда математик моделлаштириш усулидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

скважина атрофидаги табиий структурага эга бўлган грунтларнинг деформация, шу жумладан ўта чўкувчанлик (кўпчувчан) кўрсаткичларини аниқлашга имкон берадиган прессиометрнинг янги конструкцияси яратилган (расмий ахборотнома. №12 29.12.218 IP 2170246);

дала шароитида олинган тажриба натижалари лопасти прессиометр ва штамп тажрибалари билан таққослаш асосида тузатиш коэффицентининг қиймати топилган;

махсус модели тажрибалар ўтказиш асосида, таклиф қилинган прессиометр ёрдамида кенгаётган скважина атрофидаги грунтнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати аниқланган. Радиал йўналишдаги кучланишлар ва силжишлар ночизикли сўнувчан функция кўринишда топилган;

ўтказилган тажрибалар асосида, скважина деворларига радиал кучланишлар таъсирида грунтнинг фаол сиқилиш қатлами br_0 га тенг эканлиги исботланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

скважина ичидаги грунтларнинг чуқурлик бўйича деформация кўрсаткичларини аниқлаш усули ва қурилмаси таклиф қилинди;

табиий намланган лойли ва табиий структурага эга бўлган қумли грунтларнинг дала шароитида деформация кўрсаткичларини аниқлаш усули ишлаб чиқилди.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Олинган натижаларнинг ишончлилиги ўтказилган тажрибалар давлат стандартларига мос штамп (ГОСТ 19912-2012) ва лопасти прессиометр (ГОСТ 20276.6-2020) тажрибалар натижаларини таққослаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти скважина деворларига радиал йўналиш бўйича тарқалган текис кучлар таъсирида унинг атрофидаги грунтларнинг деформация модули, шу жумладан ўта чўкувчанлик кўрсаткичлари аниқланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти дала шароитида грунтларнинг деформацион кўрсаткичларини аниқлашга, шу жумладан ўта чўкувчанлик кўрсаткичларини аниқлашга қаратилган усул ва қурилмани (патентга топширилган IAP 2017 0246) таклиф қилиш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши:

Дала шароитида қумли прессиометр ёрдамида лойли грунтларнинг деформация хусусиятларини аниқлаш усуллари жорий қилиш бўйича олинган натижалар асосида:

табiiй нам грунтларнинг деформация модулини ва уларнинг сувга тўйинганлик ҳолатини аниқлаш усули “Геофундаментпроект” МЧЖда ишлаб чиқилган конструкция грунтларнинг деформация хусусиятларини аниқлаш жараёнига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2021 йил 18 мартдаги №09-06/2946-сон маълумотномаси). Натижада, прессиометрнинг таклиф қилинган дизайни ва техникаси намуна олиш, ташиш ва лаборатория синовлари босқичида инженерлик тадқиқотлари харажатларини камайтиради. Бу инженерлик тадқиқотлари учун вақт ва харажатларини тежашга, грунт хусусиятларининг янада ишончли натижаларини олишга, пойдеворлар қурилиши харажатларини камайтиришга ва молиявий ресурсларни 0,2-1% фоизгача тежашга имкон берган;

табiiй нам ва уларнинг сувга тўйинган ҳолатидаги деформация модулини аниқлаш усули “Қишлоққурилишлойиҳа” МЧЖда ва “O’zGASHKLITI” DUKда (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг 2021 йил 18 мартдаги №09-06/2946-сон маълумотномаси) грунтларнинг деформация хусусиятларини аниқлаш жараёнига жорий этилган. Натижада қум прессиометр инженер тадқиқотлар учун вақт ва харажатларни тежашга имкон беради. Таклиф этилган усул чуқурлик бўйича грунтларнинг деформация кўрсаткичларини аниқлашга имкон беради, бу эса бино ва иншоотлар пойдеворини лойиҳалашда молиявий ресурсларни 2-3% фоизгача тежаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Тадқиқот натижалари 2 та халқаро, 4 та республика илмий-амалий конференцияларда маъруза қилинган ва муҳокамадан ўтган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 14 та илмий иш чоп қилинган бўлиб, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та илмий мақола, жумладан, 6 таси республика нашрларида, 2 таси хорижий журналларда чоп этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 112 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, муаммонинг ўрганилганлик даражаси келтирилган, тадқиқот мақсади, вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган. Олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Дала шароитида грунтларнинг асосий деформация хусусиятларини аниқлаш усулларининг таҳлили”** деб номланувчи биринчи бобида адабиёт манбалари асосида дала шароитидаги грунтларнинг асосий деформацион кўрсаткичларини аниқлаш усулларига оид умумий маълумотлар келтирилган.

Грунтларни дала шароитида тадқиқот қилиш усуллари аниқланаётган чуқурлигига қараб икки гуруҳга бўлинади: хандаклар тубидан грунт хусусиятларини аниқлаш усуллари ва чуқур жойлашган грунт қатламларини хусусиятларини аниқлаш усуллари. Биринчи гуруҳда штамплар ёрдамида аниқланадиган тажрибалар. Бундай тажрибалар ГОСТ 20276-2012 талабларига мувофиқ амалга оширилади. Грунтларни дала шароитида тадқиқот қилишнинг бошқа барча усуллари, жумладан чуқурликлар бўйича аниқланган усуллар, тузатиш коэффициентидан фойдаланиб, ушбу усул билан таққосланади. Юқлаш платформасига урғу берилган штампларни ўрнатиш усули аниқлик даражаси юқори, лекин бу усул серхаражат ва махсус оғир юқлаш дастгоҳлари талаб этилади.

Штамплар ёрдамида грунтларнинг қуйидаги деформацион кўрсаткичларини аниқлашга имкон беради: грунтларнинг деформация модули E ; лёсс грунтларни ўта чўкувчанлик характеристикалари шу жумладан бошланғич ўта чўкиш босим P_{sl} , нисбий ўта чўкувчанлик ϵ_{sl} . Штамп тажрибаларини замин чуқурлиги бўйича олиб бориш чекланганлиги сабабли скважиналарда прессиометрнинг ҳар хил усуллари қўлланилади. Мавжуд прессиометрларнинг бир неча турлари 1-расмда келтирилган.

Амалиётда ишлатиладиган прессиометрлар грунтга таъсир қилишининг усулига қараб турли хил кўринишларга эга. Қуйида ушбу мосламаларнинг баъзилари билан танишиб чиқамиз.

Прессиометрлар ўзи бурғулайдиган, конуссимон, лопасти ва радиал эластик мембранали Минард турларга бўлинади. Прессиометрнинг барча турлари ГОСТ 20276-2012 талабларига ва тегишли халқаро меъёрий стандартларга мувофиқ қурилмаларнинг техник маълумотлар жадвали талабларига асосан амалга оширилади.

Дунёда ҳар хил қурилмали прессиометрлар ишлаб чиқилган, улардан энг кўп ишлатиладиганлари мембранали Минард таклиф қилган прессиометридир. Мембранали радиал прессиометр диаметри 32-115 ммгача бўлган цилиндр шаклида бўлади. Зондлаш скважина ичида амалга оширилади. Пневматик ва гидравлик усил билан узатиладиган радиал кучланишлар ва скважиналар ён сирти девори силжишларининг ўлчаш асбоблари ер юзасида жойлаштирилади. Скважина деворининг радиал силжиши тензометрик йўл билан ҳам аниқланиши мумкин. Баъзи грунтларда скважина қазишда табиий структураси бузилади, шунинг учун бундай шароитларда ўзи бурғилайдиган прессиометрлар ишлатилади. Ўзи бурғилайдиган прессиометр ёрдамида скважина қазишда унинг атрофидаги грунтнинг структураси бузилмаган деб ҳисоблашадилар.

Лопастли прессиометрлар тузилиши механик йўл билан ҳаракатланадиган штампилар усуллар тоифасига киради. Ушбу усулга мувофиқ, иккита қарама-қарши жойлаштирилган штампилар скважина деворларида радиал йўналишда ҳаракатланади. Лопастли прессиометрга юк поғонама-поғона ўзатилади. Ҳар бир поғона юк қуйилганидан кейин деформациялар стабиллашгунча кутилади. Ушбу усул МДХ мамлакатларининг геологик қидирув корхоналарида кенг қўлланилади.

Пенетрация зондлаш асбоб учи конуссимон шаклда ёки бошқа масалан қалин белкурак кўринишда бўлади. Грунтларнинг сиқилиши, силжиши, қаршилиқ кучлари ва сув босимини тензометрик ёки бошқа электрон сенсорлар ёрдамида аниқланади. Зондлар бурғулаш асбобига ўрнатилади ва доимий тезликда ярим қаттиқ-оқувчан ҳолатдаги грунтларга ҳам киргизилади. Баъзан бу усул кинематик деб ҳам аталади. Дала шароитида пенетрация усулларнинг бир неча турлари қўлланилади. Улар статик СРТ (Cone Penetration Tests) ва динамик SPT (Standard Penetration Tests) зондлаш усулларга бўлиш мумкин.

Юқорида келтирилган усуллар универсал бўлишига қарамай, улардан айрим ҳолатларда, хусусан, ўта чўқувчан грунтларда фойдаланиш имконига эга эмас. Чунки, улар жойлашган чуқурликларда грунтни сувга тўйинтириш мумкин бўлмай қолади. Масалан, грунтни намлаш жараёнида турғунлигининг юқолиши сабабли лопастной прессиометрлар нотўғри натижалар беради. Статик СРТ ва динамик SPT зондлаш усулларга грунтларнинг ўта чўқувчанлик хусусиятини аниқлаш учун умуман кўзда тутилмаган. Шу сабабли диссертацияга қуйилган мақсад прессиометрнинг янги дизайнини ишлаб чиқиш, ҳамда экспериментал методологиясини ишлаб чиқиш ва скважина атрофидаги грунтларнинг кучланиш ва деформация ҳолатининг радиал кучланиш таъсиридаги назарий ечимларини олиш мақсад қилиб қуйилган.

Диссертациянинг **“Дала ва лаборатория шароитида грунтларнинг деформацион кўрсаткичларини аниқлаш тадқиқот натижалари”** деб номланувчи иккинчи бобида мавжуд бўлган прессиометрларнинг иқтисодий жихатдан тан нархининг юқорилиги ва Ўзбекистон геологик тузилишида лёссимон грунтларнинг кенг тарқалганлигини ҳисобга олган ҳолда, ОО

“Геофундаментпроект” билан ҳамкорликда лёссимон грунтларнинг деформацион ва ўта чўкувчанлик кўрсаткичларини аниқлаш учун прессиометрнинг янги конструкцияси яратилди ва патентланди. Диссертация мақсади янги қумли прессиометр конструкциясини махсус тажриба лотокда ва дала шароитида ишлаш принципини ўрганиш ва ушбу натижаларини маълум стандартга жавоб берадиган усуллар билан таққослаш мақсад қилиб қуйилган. Муаллиф томонидан таклиф қилинган прессиометрнинг конструкцияси скважина ичидаги майда заррали қум цилиндрнинг ўқ симетрик сиқилишига асосланган (2-расм).

Скважина ичида шаклланган қумли цилиндр томонларининг нисбати d/h $76/150=1/2$ қилиб қабул қилинган. Қумли цилиндр сув сатҳидан юқори ҳолларда скважина тубига тўкилиб шакллантирилади (2-расм). Қум скважина тубига ўрнатилган вертикал стержен (5) билан боғланган штамп (3) юзасига солинади. Қумли цилиндрнинг устки қисмига, қалин деворли трубадан ясалган ичи бўш штанга учига урнатилган штамп (4) зич қилиб ўрнатилади. Таянч стержен (5) штанганинг ичида эркин харакатланади. Қум цилиндрга вертикал босим пастки ва юқори штампларнинг қарама-қарши сиқилиши орқали узатилади.

Қумли цилиндрни ён томонга босимини ошириш мақсадида штамплар конус кўринишда ясалган. Грунтларнинг деформацион кўрсаткичларини аниқлаш учун таклиф қилинган усул қуйидагича. Тадқиқот объектида скважина қўл мотобури ёрдамида диаметри 71 мм ва чуқурлиги 1.5-6 м гача бурғуланади. Скважинанинг аниқ белгиланган диаметрини чиқариш учун, диаметри 76 мм бўлган учи ўткир бўлган труба аниқланадиган чуқурликгача туширилади. Стерженга ўрнатилган диаметри 76 мм бўлган остки штамп скважинага туширилади. Штамп марказидан стержен винт ёрдамида уланган. Вертикал стержен 80 см узунликдаги қисмдан иборат бўлиб, керак бўлганда винт ёрдамида узайтирилади. Скважинага ўлчанган миқдорда қум қуйилади, у диаметри 76 мм ва баландлиги 15-20 см бўлган цилиндрни ҳосил қилади. Стержен устидан қалин деворли труба киргизилади, у резбали улагич ёрдамида узайтирилади. Бу тажриба ишларини бажариш учун ҳам, скважинага ўлчанган қумни тўлдириш учун ҳам хизмат қилади. Пастки штамп диаметри 76 мм, қалинлиги 4 мм қилиб ясалган. Қумли цилиндрга юклаш ричагига осилган сим паллага массаси аниқ бўлган тошлар юкланади. Қурилмада тажриба ўтказиш учун ричагли мосламага белгиланган тартиб ва миқдорда юк қуйилади. Ричагли мосламанинг елкалар нисбати $n=1:10$ тенг. Штампларнинг вертикал сиқилишини Максимовнинг 0,1 мм аниқликгача ўлчайдиган ўлчаш асбоби билан ўлчанади. Скважина деворидаги радиал кучланиш ва деформациялар аналитик ҳисоблаш йўли билан аниқланади. Бу математик тенгламалар ечими 3 бобда келтирилган.

Скважина ичидаги қум цилиндрнинг ишлашини ва унинг атрофидаги кучланиш ва деформация ҳолатини аниқлаш бўйича махсус экспериментал

ускунадаги тажриба. Ўқ симметрик сиқилган цилиндр ва уни атрофидаги грунтнинг кучланганлик ҳолатини аниқлаш учун биз лаборатория шароитда махсус қурилма орқали тажрибалар ўтказдик. Тажрибанинг асосий мақсади қум прессиометрнинг ишчи қисми грунтнинг цилиндр шаклида вертикал ва горизонтал силжишларини ўрганишдир. Прессиометрнинг ишчи қисми майда заррачалик қум олинган. Қуйида тажриба натижалари келтирилган.

Моделли лотокда ўтказилган тажрибалар натижалари. Тажрибалар икки этапда амалга оширилган. т.ф.н. доцент М.М. Хонкелдиев томонларидан яратилган лотокни модернизация қилиб, тадқиқотлар олиб борилди. Лотокнинг томонлари $A \times B \times H = 45 \times 45 \times 30$ см туртбурчак шаклда бўлиб, юқори қисмида рама билан юклаш мосламаси қуйилган. Махсус қурилма штамп ва прессиометрнинг ҳар хил методикалар билан тажрибалар ўтказишга мўлжалланган. Қурилманинг умумий кўриниши 3-расмда кўрсатилган. Вертикал ва горизонтал силжишларни ўлчаш учун лоток тубидан ($h_I = 10$ мм, $h_{II} = 37$ мм, $h_{III} = 69$ мм, $h_{IV} = 102$ мм, $h_V = 132$ мм) махсус таянч нуқталар (маячки) ўрнатилди ва 0.01мм аниқлик билан ўлчанди (3-расм).

Биринчи ҳолда тажрибалар доира кўринишдаги штамплар билан амалга оширилди. Бу ҳолда штамп диаметри 15.14 смга тенг. Тажрибалар натижасида грунт вертикал деформациялари ва босим ўртасидаги қонуният олинган. Штампли тажрибалар Шлейхер ифодасига мувофиқ грунт деформация модули аниқланган (Расм-3 а).

$$E = (1 - \nu^2) K_p K_1 D \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (1)$$

Иккинчи турдаги тажрибалар цилиндр кўринишдаги қумли прессиометр билан ўтказилди (Расм-3 б). Тажриба натижалари 1-жадвалда келтирилган ва график кўриниши 4-5-расмларда келтирилган.

№1-жадвал. Вертикал ва горизонтал сиқилиш тажриба натижалари.

Штампнинг вертикал сиқилиши, мм				Ён томон (горизонтал) сиқилиши мм. Пастдан -10, 37, 69, 102, 132мм масофалар.				
N, кг	A	P	S _ш	h-10	h-3,7	h-6,9	h-10,2	h-13,2
0	43,07	0	0	0	0	0	0	0
19	43,07	0,44	5	0,015	0,025	0,115	0,195	0,35
29	43,07	0,67	16	0,015	0,04	0,185	0,255	0,41
39	43,07	0,90	30	0,03	0,29	0,445	0,615	0,675
49	43,07	1,14	71	0,06	0,38	0,935	1,155	0,99
59	43,07	1,37	119	0,11	0,785	1,565	1,775	1,235
69	43,07	1,60	181	0,14	1,365	2,415	2,515	1,365
79	43,07	1,83	284	0,155	2,43	4,045	3,8	2,35
89	43,07	2,06	410	0,155	3,9	6,93	5,375	2,38

Ўқ симетрик кучланишлар ва уларнинг радиал юналишда силжишлар ўртасидаги математик боғлиқликлар 4-расмда график кўринишида келтирилган.

Ўқ симетрик юклаш пайтида цилиндрнинг марказий қисми унинг чет қисмларига қараганда кўпроқ кенгайиши кўзатилади. Уч ўқ бўйича сиқилиш стабиллометрик тажриба ўтказишда ҳам худди шундай ҳолат кўзатилади. Ўқ

симетрик босим ва ёнга кенгайиш деформация $\varepsilon_{2=3} = f(\sigma_1)$ турли нуқталар учун ўзаро боғлиқлик графиги 5-расмда келтирилган.

Графикдан кўриниб турибдики, вертикал ва ён томон юналишдаги цилиндр сиртини силжиши чизиксиз. Лекин уни амалий масалалар ечиш доирасида чизикли деб қабул қиламиз, бу эса грунт деформация модулини аналитик аниқлашга имкон беради.

$$E = n[1 - 2\xi\mu] \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} = nk \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} = nkh \frac{\sigma_1}{s_1} \quad (2)$$

Ўтказилган икки тажриба натижаларини таққослаш: Штамп ёрдамида олинган деформация модули $E = 360$ кПа га тенг ва кумли прессиометр орқали олинган деформация модули $E = 53$ кПага тенг. Бундан тузатиш коэффициентини аниқлаймиз.

$$n = \frac{E_{sh}}{E_{pr}} = \frac{360}{53} = 7 \quad (3)$$

Дала геологик шароитларда кум прессиометрни экспериментал тадқиқот қилиш ва уларни штамп ва бошқа усуллар натижалари билан таққослаш. Қурилаётган бино ва иншоотларнинг ишончлилиги кўп жиҳатдан грунтнинг асосий деформацияси ва мустаҳкамлик кўрсаткичларини сифатли аниқлашга боғлиқ. Заминни ҳисоб йўли билан аниқланадиган кўрсаткичлари, аниқ топилган деформацион кўрсаткичларга боғлиқ. Ҳозирги кунда жаҳон геотехника амалиётида ушбу кўрсаткичларни ҳар томонлама аниқлаш тенденцияси сақланиб қолмоқда, улар замин грунтларини тўғридан-тўғри дала шароитида аниқлаш усулларини афзал кўришмоқда. Булар штамп ва прессиометрли усуллар, шунингдек грунтларни статик ва динамик зондлаш билан аниқлаш усулларини ўз ичига олади. Дастлабки иккита усул асосан грунтнинг мустаҳкамлигини аниқлаш натижаларини замин чуқурлиги бўйича статик (пенетрометр) ва динамик зондлаш усуллари билан таққослаш учун ишлатилади. Маълумки, охириги иккита усул грунтларнинг 20 мдан ортиқ чуқурликда синаш ва аниқлашга имкон беради. Ушбу натижалар қозик пойдеворларни лойиҳалашда ёки пойдевор чуқурлигини жойлаштиришда зарурдир. Аммо, замин деформацияларини ҳисоблашда, ҳали ҳам штамп ва прессиометр усулари ёрдамида аниқланадиган деформация модули каби классик параметрлар устунлик қилади. Грунтларни штамп ёрдамида тажриба ўтказиш учун махсус анкерлар ва рамали йирик ускуналар, домкратлар, динамометрлар ва бошқа ўлчаш асбоблари керак бўлади. Штамп усуллари асосан хандакларнинг тубидан амалга оширилади. Бундан фарқли уларок, прессиометр усуллари нисбатан ихчам ускуналарда амалга оширилади ва энг муҳими, заминнинг турли чуқурликларида аниқлашга имкон беради. Аниқлик нуқтаи назардан прессиометр усулларига қараганда, штампли усуллар фақат хандаклар юзаси бўйича тажриба ўтказишда қул келади. Бу тажрибаларни ўтказишда ва унга боғлиқ кўрсаткичларни аниқлашда ГОСТ 20276-2012 талаблари асосида бажарилади.

Турли тажрибаларни ўтказиш ва натижаларини таққослаш мақсадида дала шароитида грунтларнинг штамп усули, чуқурлик бўйича прессиометр ва динамик зондлаш усуллари натижасида олинган деформацияланиш

кўрсаткичларини таққослаш эди. Таққослаш классик штамп ва прессиометрлар ёрдамида амалга оширилди.

Радиал прессиометрларга хос бўлган радиал кучланиш ва деформацияларни математик равишда боғлайдиган асосий тенгламаларни кўриб чиқамиз. Цилиндрсимон координаталар тизимида юқоридаги назарий ечимларни ҳисобга олган ҳолда, ифодалар қуйидаги шаклга эга бўлади.

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta r}{r_0} = \mu \varepsilon_z = \mu \frac{\Delta S}{h_0} \quad (4)$$

бунда,
$$\Delta r = \mu r_0 \frac{\Delta S}{h_0} \quad (5)$$

$$\sigma_3 = \xi \sigma_1 \quad (6)$$

Ўрта ва майда заррачалик кумлар учун, ён томон босими ξ ва ён томонга кенгайиш коэффициентлари μ , лаборатория шароитида уч ўқ бўйича сиқилиши асбоби-стабилометрда натижалар аниқланди. Ушбу ифодада ΔS_z -цилиндрнинг вертикал сиқилиши натижасидаги деформацияси мм да, $\sigma_1 = \frac{N}{A}$ вертикал кучланиш кПа; N вертикал куч, A штамп юзаси см².

Радиал прессиометрлар учун грунтнинг деформация модули $\Delta r = f(p)$ чизиқли худуди учун қуйидаги ифода бўйича аниқланади:

$$E = K_r r_0 \frac{\Delta p}{\Delta r}, \quad (7)$$

бу ерда, K_r -тузатиш коэффициентини;

r_0 -скважинанинг дастлабки радиуси, см;

Δp -скважина деворига узатилаётган босим, МПа;

Δr -скважина деворининг силжиши (радиус бўйлаб) см.

K_r - тузатиш коэффициентининг физик моҳиятини III-бобда муҳокама қилинади. Мисол тариқасида, босимнинг ошиши дастлабки босим $P > P_g$ табиий босимдан ошганда аниқланади. Грунтларнинг маълум бир тури учун K_r - коэффициент қиймати қиёсий штамп ва прессиометрик усуллар ёрдамида аниқланади. Бундай имкониятлар бўлмаса, ГОСТ 20276-2012 талабларига мувофиқ аниқланади. Хусусан, бизнинг тадқиқотларимизга кўра K_r - коэффициентини лойли грунтлар учун 6 м чуқурликдаги скважина учун $I_L < 0.25 K_r = 2$, $I_L > 0.5 K_r = (3 - 4)$ ни ташкил қилади.

Таклиф қилинаётган прессиометр учун деформация модули қуйидаги ифода билан аниқланади.

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta r}{r_0} = \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\mu}{E} (\sigma_y + \sigma_z) \quad (8)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta r}{r_0} = \frac{1-\mu}{E} \sigma_{x=y} - \frac{\mu}{E} \sigma_z = \frac{\sigma_z}{E} [(1-\mu)\xi - \mu] \quad (9)$$

$$E = \frac{r_0 \sigma_z}{\Delta r} [(1-\mu)\xi - \mu] \quad (10)$$

$$\Delta r = \mu r_0 \frac{\Delta S}{h_0}$$

(5) ва (10) ни ҳисобга олган ҳолда биз қуйидаги шаклда ёзамиз:

$$E = \frac{r_0 \sigma_z}{\mu r_0 \frac{\Delta S}{h_0}} [(1-\mu)\xi - \mu] = \frac{h_0 \sigma_z}{\Delta S} \left[\left(\frac{1}{\mu} - 1 \right) \xi - 1 \right] = K_r^S \frac{h_0 \sigma_z}{\Delta S} \quad (11)$$

K_r^S -тузатиш коэффициентини амалий муаммоларни ечиш учун K_r^S -коэффициент илмий изланишлар натижасига кўра тавсия этилган.

Тажрибани ўтказишдан олдин, қурилманинг ишчи қисми, яъни қумли цилиндрнинг сиқилиши билан боғлиқ хатони аниқлаш талаб этилади. Бунинг учун диаметри 76 мм бўлган метал қувур ишлатилди. Ушбу компрессион тажрибалар шароитда ишчи орган қумнинг сиқилиши S_z ва вертикал босим P орасидаги сиқилиш қонунияти аниқланади (6-расм).

Босим остидаги қум цилиндрнинг сиқилиш хатолиги қуйидаги ифода ёрдамида ҳисобга олинади.

$$\Delta S = (S_2 - S_{t2}) - (S_1 - S_{t1}) \quad (12)$$

Бу ерда, $S_2, S_1 - P_2, P_1$ босимга мос келадиган скважина ичидаги қум цилиндрнинг вертикал чўкиши; S_{t2}, S_{t1} - хатоликни ҳисобга олувчи силжишлар қиймати.

Қум прессиометр ёрдамида грунтларнинг деформация хусусиятларини дала шароитида экспериментал тадқиқотлар натижалари. Тадқиқотлар Самарқанд, Тошкент, Бухоро ва Қарши шаҳарларида олиб борилди. Масалан, Тошкент шаҳар офис биносининг қурилиш майдонида олиб борилди. Қурилиш майдонидаги лессимон грунтларнинг асосий физик хусусиятлари: грунтнинг табиий намлиги $W=(18,5-20,2)\%$, зичлиги $\rho = 18,5$, $\rho_d = 15,3$ кН/м³, ғоввалик коэффиценти $e= 0,7$ ва грунтнинг пластиклик сони $I_p = 8,1$ га тенг. Дастлабки натижалар табиий нам ҳолдаги грунтларда ўтказилди, керакли натижаларга эришилгандан сўнг, скважина сув билан тулдирилди. Тажриба натижалари σ_z кучланиш ва деформация орасидаги боғланиш графиги 7-расмда келтирилган. Лессимон грунтларнинг табиий намлиги ҳамда сувга тўйинган ҳолатдаги деформация модули (11) орқали аниқланди: $E_w = 17,2$ мПа ва $E_{sat} = 8,4$ мПа га тенг.

Грунт сиқилиши бўйича ўзгарувчанлик коэффиценти

$$\frac{E}{E_{sat}} = \frac{17,2}{8,4} = 2 \quad (13)$$

Грунтнинг ўта чўкувчанликни ҳисобга олувчи деформация модулини аниқлаймиз

$$E^1 = \frac{E \cdot E_{sat}}{E - E_{sat}} = 16.6 \text{ мПа} \quad (14)$$

E^1 -грунтнинг келтирилган деформация модули. Нисбий ўта чўкиш қиймати қуйидаги ифода орқали аниқланади.

$$\varepsilon_{sl} = \beta * \xi \frac{P_z}{E^1} = 0.8 * 0.27 \frac{654}{16600} = 0.0085$$

Хандакларда грунтларнинг текшириш жараёни 8-расмда келтирилган.

Самарқанд шаҳар А.Темур кўчасида жойлашган турар-жой комплексининг қурилиш майдончаси келтирилган. Тадқиқотнинг асосий мақсади, дала шароитида олинган грунтларнинг деформацион кўрсаткичларини қумли прессиометр ва бошқа йўллар билан аниқланган кўрсаткичларини таққослашдан иборат. Тажрибалар лессимон грунтларда ўтказилди.

Штамп ёрдамида олинган тажрибалар натижалари. Фойдаланилган штамп диаметри 28.5 см ва юзаси $A=624,3$ см². Максимал босими 75 кН бўлган

гидравлик домкрат юзаси $A=156 \text{ см}^2$. Гидравлик насос ёрдамида босим ўзатилди. Суюклик босими 10 мПа гача бўлган босим ўлчагич билан ўлчанди. Штамп остидаги ўртача босим қуйидаги формула билан аниқланади:

$$\sigma_1 = \sigma_2 \frac{A_2}{A_1} \quad (15)$$

Бу ерда σ_1, σ_2 - мос равишда штамп остидаги босим ва индикатор кўрсаткичлари. A_1, A_2 -штамп ва домкрат юзаси. Штампнинг чўкиши Максимовнинг аниқлиги 0,1 ммгача бўлган индикатори ёрдамида ўлчанди.

Тажриба сўнгида замин сувга тўйинтирилди. Тажриба натижаларига кўра, грунтнинг табиий намлик ва сувга тўйинган ҳолатдаги деформация модуллари $E=43$ ва $E_{sat}=24$ мПа га тенг эканлиги аниқланди (Расм-9).

Лопастной прессиометр ёрдамида олинган тажриба натижалари. Прессиометр ускунаси ГОСТ 20276-2012 талабларига асосан ўтказилди. Тажриба учун қуйидагилар ишлатилган: ишчи қисми, юклагич ускунаси, прогибомер ва ўлчов тошлари, ташқи труба ва ички стержен.

Олдиндан қазилган скважинага лопастной прессиометрнинг ишчи қисмини 2 м чуқурликка туширилди, штамп узунлиги L-23,5 см, кенглиги b-6,5 см, юзаси $A=152,75 \text{ см}^2$. Ушбу грунт учун $\mu=0,35$ тенг қилиб қабул қилинди. Тажриба натижаларига кўра, табиий нам ҳолатда бўлган грунтларнинг деформация модули $E=20$ мПага тенг (Расм-10).

Қум прессиометр ёрдамида олинган тажриба натижалари. Олдиндан бурғуланган скважинага қум прессиометрнинг ишчи қисмини 2 м чуқурликка ўрнатилди. Асбобнинг ўқ симетрик юкланиши поғонама-поғона босим ҳосил қилиш орқали амалга оширилди. Қум прессиометр ишчи қисмининг сиқилишини Максимовнинг ўлчаш асбоби индикатор ёрдамида 0,1 мм аниқликгача ўлчанди. Индикатор натижасини ҳар бир боскичдаги кўрсаткичлар биринчи соатда 15 дақиқада, иккинчи соатда 30 дақиқада қайд этилган, сўнгра 1 соатдан кейин шартли равишда 0,1 мм стабиллашганича кутилди. Тажриба натижалари 2-жадвалда келтирилган ва $S=f(P)$ графиги 11-расмда келтирилган. Қум прессиометр ёрдамида бажарилган тажриба жараёни 10-расмда келтирилган. Тажриба натижаларига кўра, табиий намлик ҳолатдаги деформация модуллари $E=14,1$ ва $E_{sat}=8,4$ мПа га тенг эканлиги аниқланди. Штамп, лопастной прессиометр ва қумли прессиометрлар билан грунтларнинг комплекс тажрибалар натижалари 3-жадвал ва 11-расмда диаграмма қўринишида келтирилган.

2-жадвал. Қум прессиометр ёрдамида грунтларнинг деформация модулини аниқлаш.

диаметр скв. см	юзаси см^2	босим P_z кг/см^2	куч N кг	ξ	босим P_x кг/см^2	силжиши S_z , см	$A_1, \text{см}^2$	R см	$r_1-r_0, \text{см}$	E_0	K	E, кгс/см^2
7,6	44,6	0,1	0	0,35	0,04	0	45,365	3,800	0,000		3	
7,6	44,6	1,4	60	0,35	0,50	0,01	45,300	3,797	0,038		3	
7,6	44,6	2,7	120	0,35	0,94	0,44	46,630	3,853	0,053	14.1	3	363,01
7,6	44,6	4,0	180	0,35	1,38	0,51	46,768	3,858	0,058		3	
7,6	44,6	5,2	240	0,35	1,82	0,63	47,185	3,875	0,075		3	

3-жадвал. Турли хил тажрибалар ёрдамида олинган деформация модулини E таққослаш жадвали.

	Штамп, МПа	Лопастной прессиометр, МПа	Кумли прессиометр, МПа
E	43/24	20	14,1/8,4
коэффициенти	1	2,15	3

Диссертациянинг “Скважина деворига радиал йўналишда ўзатилаётган кучланишлар таъсирида грунт массивида кучланиш ва деформация ҳолатини аниқлашга қаратилган назария асослари” деб номланувчи учинчи бобда скважинанинг радиал ва тангенциал йўналиш бўйича силжишларни аниқлаш учун қуйида келтирилган дифференциал тенгламасидан фойдаланамиз:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_t}{r} = 0. \quad (16)$$

Грунтларда (қумда) чузилиш кучланишининг йўқлигини ҳисобга олсак, тангенциал кучланишлар $\sigma_t = 0$ га тенг бўлади. У ҳолда (16) дифференциал тенглама қуйидаги кўринишни олади.

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r}{r} = 0. \quad (17)$$

(17) тенгламани ечими қуйидаги кўринишда олинган:

$$\ln \sigma_r = \ln \left(\frac{C}{r} \right) \text{ или } \sigma_r = \frac{C}{r} \quad (18)$$

Бу ерда C - доимий интеграл чегаравий шартларидан аниқланади. $r = r_0$ учун чегаравий шартдан $\sigma_r = p_2$ $p_2 = \frac{C}{r_0}$ аниқланади; ундан $C = p_2 r_0$. Шундай қилиб, (18) ифода қуйидаги кўринишни олади.

$$\sigma_r = p_2 \frac{r_0}{r} \quad (19)$$

Экспериментал тадқиқотлар натижаларига кўра, бир-бирлик босим таъсирдан ҳосил бўлган силжишлар қуйида келтирилган функция кўринишда ҳам ёзилиши мумкин:

$$\sigma_r = p_1 \left[-0,0184 \left(\frac{r}{r_0} \right)^3 + 0,22 \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 - 1,1946 \left(\frac{r}{r_0} \right) + 1,9477 \right] \quad (20)$$

ёки координата функциясини қуйидаги феноменологик ифода билан ҳам аниқлаш мумкин:

$$\sigma_r = p_2 \exp[-k(r - r_0)] \quad (21)$$

Бу ерда $k = 1,5$ –тажриба ёрдамида аниқланган коэффициент. $H_s = 6r_0$ –скважина деворларини радиал йўналиш бўйича сиқилиш ҳудуди. Масалан (19) ифодани $r = 6r_0$ билан ифодалаш учун:

$$(\sigma_r - \sigma_{zg}) = p_2 \frac{1}{6} = 0,166 * p_2 \text{ ёки } (\sigma_r - \sigma_{zg}) = 0,0253 p_2$$

$$\text{ва (21) ифода учун } (\sigma_r - \sigma_{zg}) = 0,072 p_2$$

12-расмда келтирилган графикдан кўриниб турибдики, (20) ва (21) ифодадаги координата функциялари тажриба натижаларига мос келади.

Бундай ҳолда, σ_r кучланишининг радиал йўналишида $r \geq r_0$ ички босим p_2 ва скважина радиусига r_0 тўғри, радиус масофа r га тесқари пропорционал ҳолда ўзгаради. 13-расмда 1-(19), 2-(21) ва 3-(20) ифодалардан олинган нисбий масофа (r/b) га нисбатан σ_r бўлган радиал кучланишларнинг солиштириш

графиги кўрсатилган;. Ҳисоб – китоблар қуйидаги катталиклар учун амалга оширилди: $b = 37,5$ мм $p_2 = 200$ кПа.

Скважина деворларини радиал йўналишда силжишини s_R унга таъсир этаётгаен p_2 босимга боғлиқ бўлиб унинг қийматини топиш учун Гук қонунининг тенгламасидан фойдаланамиз:

$$s_R = \int_{r_0}^{r_s} \varepsilon_r dr = \frac{1}{E} \int_{r_0}^{r_s} \sigma_r dr \quad (22)$$

(22) интеграл тенгламаси ечими r_0 ва r_s чегараларида қуйидаги кўринишда олинган.

$$s_R = \int_{r_0}^{r_s} \varepsilon_r dr = \frac{1}{E} \int_{r_0}^{r_s} P_2 e^{-k(P-P_0)} dr = \frac{P_2}{kE} [e^{-k(r_s-r_0)} - 1] \quad (23)$$

k -нинг қиймати грунтнинг муайян турлари учун ўтказилган тажрибалар натижаларига кўра скважинанинг диаметрига қараб белгиланади.

(23) ифодадан агар радиал силжишлар маълум бўлса, деформация модулининг интеграл қийматини аниқлаш мумкин бўлади:

$$E = \frac{P_2 r_0}{s_R k} [e^{-k(r_s-r_0)} - 1] \quad (24)$$

Агар биз II бобда кўриб чиқилган натижаларни, хусусан (2.19) ифода билан таққосласак, яъни $s_R = \Delta r$ тенг деб қабул қилсак, унда шундай ҳулосага келишимиз мумкин:

$$E = K_r \frac{\Delta r_0 p}{\Delta r}, \quad K_r = \frac{[e^{-k(r_s-r_0)} - 1]}{k} \cong \frac{[e^{-k5r_0} - 1]}{k} \quad (25)$$

Бошқача қилиб айтганда, K_r – коэффициент скважинанинг бошланғич диаметрига $r_s \cong 6r_0$ га тенг бўлган фаол сиқиш қатламига боғлиқ.

ХУЛОСАЛАР

1. Дала шароитида грунтларнинг деформация модулини аниқлаш учун кум прессиометри деб номланган қурилма яратилди. Қурилманинг конструкцияси шундан иборатки, ишчи элемент сифатида скважина ичига ўрнатилган цилиндр кўринишга эга бўлган кумни устидан ва тубидан штамплар ёрдамида махсус қурилмалар орқали вертикал куч таъсир қиладиган механизм билан боғланган. Қум прессиометр грунтларнинг деформация модулини ва ўта чуқиш хусусиятларини аниқлашга имкон беради.

2. Ҳар хил кумларни гранулометриқ таркибини ўзгартириб ўтказилган компрессион тажрибалар натижалари асосида, кумли прессиометрда ишлатиладиган ишчи кум сифатида катталиги 1 мм бўлган майда кум энг маъқул вариант деб топилди ва у кейинчалик ҳамма тажрибаларга асос бўлиб қабул қилинди.

3. Ўқ симетрик вертикал кучланиш таъсирида скважина ичидаги кумли грунтнинг вертикал ҳамда ён томонга кенгайиш деформациялари ўртасидаги ўзаро боғлиқликнинг мавжудлиги тажрибалар асосида аниқланди.

4. Ўч ўқ бўйлаб сиқиши асбобида (стабилометр) ўтказилган тажрибалар асосида прессиометр ишчи органи бўлмиш кумли грунт цилиндрининг ён томонга босими ва кенгайиш коэффициентлари қийматлари аниқланди.

5. Махсус ускунада тажриба натижаларига кўра, қум цилиндрнинг баландлиги 150-200 мм дан ошмаслиги чегараси аниқланган. Қум цилиндр баландлиги бу чегарадан ошган тақдирда цилиндр шаклининг бузилиши ҳисоб натижаларига кескин таъсир қилиши кутилади. Скვაжина деворининг ён томонга кенгайишини аниқлаш аналитик ифодаси таклиф этилди. Штамп ва прессиометрик тажрибалар натижасида олинган деформация модули орасидаги боғланишларини солиштириш натижасида улар орасидаги тафовутни камайтиришга қаратилган тузатиш коэффициентини қиймати аниқланган.

6. Скვაжина атрофига тарқалган радиал босим $\sigma_r = p_2$ функцияси ҳар хил усулларда аниқланган.

7. Назарий йўл билан аниқланган радиал босим $\sigma_r = f(p_2, z)$ функцияси (20, 21) экспериментал тадқиқотлар натижаларга яқинлиги асосланди.

8. Радиал кучланишлар тарқалиш ифодаси тажриба ва назарий ечимлар асосида қабул қилинган. Унга кўра ички босим p_2 бўлган ҳолда грунтнинг фаол сиқилиш қатлам қалинлиги $H_s \cong 3d = 6r$ га тенг эканлиги тажрибада исботланди.

9. Грунтнинг радиал деформация функциясини интеграллаш йўли билан олинган (24) ифода, деформация модулининг катталигини назарий жиҳатдан аниқлашга имкон берди.

10. Прессиометрик тажриба натижаларидан олинган ва назарий йўллар билан топилган модул деформацияси ифодасини (24) ва классик йўллар билан адабиётларда таклиф қилинган ифодаларни таққослаш асосида (25) K_r коэффициентининг физик маъносини аниқлашга имкон берди. Унинг қиймати скважинанинг бошланғич диаметрига r_0 ва грунтнинг фаол сиқилиш қатламига, яъни $r_s \cong 6r_0$ га боғлиқлиги аниқланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ САМАРКАНДСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

НАБИЕВА НИГОРА АКБАРОВНА

**ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ
СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПЕСЧАНОГО ПРЕССИОМЕТРА**

01.02.03 – Механика грунтов и горных пород

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

Самарканд - 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2021.1.PhD/T1771.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном архитектурно-строительном институте.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице по адресу (www.samdu.uz) и на Информационно-образовательном портале “ZiyoNet” по адресу (www.ziynet.uz)

Научный руководитель:

Хасанов Аскар Забиевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Ишанходжаев Абдурахмон Асимович
доктор технических наук, профессор

Бузруков Закирё Саттиходжаевич
кандидат технических наук, доцент

Ведущая организация:

Ташкентский архитектурно-строительный институт

Защита диссертации состоится «__» __ 2021 года в __ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 при Самаркандском государственном университете (Адрес: 104000, Самарканд, Университетский бульвар, 15 Тел./факс: (66) 239 11 40, e-mail: sasu_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Самаркандском государственном университете (регистрационный номер__). Адрес: 140104, Самарканд, Университетский бульвар, 15 Тел: (99866) 239-11-40;. Факс: (99866) 239-11-40.)

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 20__ года.
(реестр протокола рассылки № ____ от «__» _____ 20__ года).

Р.И. Халмурадов

Председатель научного совета по
присуждению учёных степеней,
доктор технических наук, профессор

Х.М. Буранов

Ученый секретарь научного совета по
присуждению учёных степеней,
кандидат физика-математических наук, доцент

Х. Худойназаров

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

ВВЕДЕНИЕ (аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Внедрение современных методов и применение результатов научных исследований в различных направлениях строительства, проводимых в мире, способствует повышению эффективности и качества строительства. В частности, качество и долговечность строительства во многом зависит от точности и недорогого определения показателей деформации грунтов оснований. В настоящее время в мировой практике для решения этих задач большое значение уделяется развитию и совершенствованию полевых и лабораторных методов определения деформационных параметров грунтов. В США, Франции, Японии, Китае, Российской Федерации и других развитых странах с 1970-х годов широко используются геотехнические методы для определения в полевых условиях деформационных параметров грунтов. Это связано с тем, что данный метод позволяет изучить динамику изменения деформационных характеристик грунтов различных ИГЭ по глубине, а во-вторых, механизировать весь процесс определения механических свойств грунтов в природных условиях залегания. Это позволило снизить затраты и стоимости инженерных изысканий в строительстве. Во многих странах считается важным нахождение значений деформационных показателей грунта по результатам прямых полевых и лабораторных условий, что позволяет сопоставлять полученные результаты и корректировать их с помощью коэффициентов.

В настоящее время в мире проводятся масштабные научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование методов определения основных механических свойств грунтов. В связи с этим прямые естественные эксперименты по определению основных механических свойств грунтов позволяют рассчитывать деформацию и прочность грунта с высокой точностью. Эти показатели используются практически во всех расчетах, в частности, при расчетах оснований и фундаментов зданий и сооружений. При этом уделяется особое внимание внедрению новых технологий, применяемых в области инженерно-геологических работ.

В Республике проводятся широкомасштабные строительные работы и достигаются неплохие результаты во всех областях (в строительстве жилья, промышленных, транспортных, гидротехнических и энергетических объектов), одновременно идет развитие и в области инженерно-геологических исследований. В частности, за последнее время при проведении таких работ в инженерных изысканиях начали широко использовать прессиометры для определения механических показателей грунтов. В 2017-2021 годах в стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, в том числе "... модернизация производства, техническое и технологическое обновление, производство, ... поэтапное внедрение современных технологий ...", были определены важнейшие задачи. При реализации этих задач, уделяется особое внимание в том числе и развитию современных методов инженерных изысканий.

Выполнению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан от 2 апреля 2018 года № УП-5392 «О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере строительства», от 27 ноября 2020 года № УП-6119 «Об утверждении Стратегии модернизации, ускоренного и инновационного развития строительной отрасли Республики Узбекистан на 2021-2025 годы» и Постановлениях Президента от 27 ноября 2018 года № ПП-4035 «О мерах по внедрению передовых зарубежных методов организации работ в сфере строительства и эксплуатации автомобильных дорог», от 2 апреля 2018 года №ПП-3646 «Об организации деятельности Министерства строительства Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере деятельности, в определенной степени служат исследования данной диссертационной работы.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационная работа выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий республики «ПФИ-8 Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология)».

Степень изученности проблемы. В течение последних 50-60 лет многие ученые, в том числе Ю.Г.Трофименков, Л.Н.Воробков, И.В.Архангельский., Г.Г.Болдырев, Д.В.Арефьев, А.В.Гордеев, Р.С.Зиангиров, Ю.Б.Текучев, М.И.Бронштейн, В.В.Лушников, А.К.Бугров, Р.К.Робертсон, Р.Г.Кампанелла, Н.Б.Сид, К.Токиматсу, Л.Е.Хардер и Р.М.Чунг, А.В.Скемптон занимались данными вопросами и разрабатывали методы определения показателей деформации грунта в полевых условиях.

В частности, ученые из Американской ассоциации испытаний и материалов "Анагностополос" Э.Кубринавски, К.Исихара и многие инженерно-геологические фирмы провели исследования, направленные на определение эмпирической корреляции между относительной плотностью грунта и "индексом SPT для песчаного грунта" (1999) и относительной плотностью грунта, а также корреляции параметров грунта на основе пенетрационных испытаний конуса (CPT) (2003).

Определение механических свойств грунтов имеет большое значение при проведении инженерно-геологических исследований при строительстве жилых, промышленных, транспортных, гидротехнических и энергетических объектов. Сегодня, в соответствии со стандартами, разработанными в СНГ, а также зарубежными, в частности стандартами Eurocode 7 (EC7 – геотехнический проект), Japanese geotechnical society standards vol.1, vol.2 (Японское геотехническое общество), при оценке геологической среды в этих странах используются передовые, современные методы геотехнических исследований. В нормативных документах, принятых в развитых странах, широко используются новые современные методы – (Standard Penetration Tests) SPT, (Cone Penetration Tests) CPT, различные пенетрационные тесты (Dinamic Penetration Tests) DPT и другие. Используя такие современные методы исследования, можно будет получить достоверную информацию о механических характеристиках грунтов, что позволит на 3D-компьютере

создать цифровую пространственную инженерно-геологическую систему данных, позволяющих создавать цифровые модели оснований.

В этой сфере в Узбекистане работают научно-исследовательские предприятия УзГАСКЛИТИ (проф. Магруппов Ю.Д.), ООО «ГЕОФУНДАМЕНТПРОЕКТ» (руководитель, д.т.н., проф. Хасанов А.З.) и другие. Значительные результаты в этой области достигнуты такими учеными как Х.З.Расуловым, А.З. Хасановым, А.А.Ишанходжаевым, Ю.Частоедовым, И.Усмонходжаевым, М.М.Хонкелдиевым, Ф.А.Икрамовым, М.М.Якубовым, А.М.Мадатовым и другими.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационные исследования проводились в рамках плана научно-исследовательской работы Самаркандского государственного архитектурно-строительного института «Изучение строительных свойств лессовых грунтов в полевых и лабораторных условиях» (2015-2020 гг.).

Целью исследования является определение деформационных характеристик в результате осесимметричного сжатия песчаного грунта цилиндрической формы в скважине; определение напряженно-деформированного состояния массива под действием радиально распределенных сил на грунт вокруг скважины; создание новой конструкции прессиометра, позволяющий определить параметры деформирования грунтов по глубине и сравнение полученных на нем результатов с результатами, полученными другими альтернативными методами.

Задачи исследования:

разработка компактного прессиометра для определения деформации и просадочности грунта в полевых условиях, позволяющего повысить точность расчетных параметров грунтов.

провести модельный эксперимент и проанализировать состояние деформации при определении давления и сдвига в боковую сторону песчаного цилиндра при осевом симметричном сжатии;

провести сравнительные эксперименты с использованием различных полевых методов для определения реальных механических свойств, в частности, модуля деформации грунта;

на основе проведенных экспериментов определить активную область сжатия грунта вокруг скважины, давления грунта на стенки скважины и коэффициента бокового расширения;

сравнение показателей, определенных с помощью нового прессиометра, с результатами других существующих экспериментов, в частности, со штамповыми и лопастными прессиометрами.

Объектом исследования является песчаный прессиометр, предназначенный для определения параметров деформации и просадочности грунтов.

Предметом исследования является определение НДС в радиальном направлении в массиве и деформации окружающего грунта в результате

осесимметричного сжатия цилиндрического песчаного грунта внутри скважины.

Методы исследования состоят из современных теоретических принципов механики грунтов и экспериментальных методов исследования. Для решения поставленных задач использовались следующие методы: экспериментальными методами исследованы деформационные свойства грунтов; при создании теоретической части диссертации использован метод математического моделирования.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

создана новая конструкция прессиометра, позволяющая определить деформацию, в том числе показатели просадки грунта, которые имеют естественную структуру вокруг скважины (официальный бюллетень №12 29.12.218 IP 2170246);

на основе сравнения результатов экспериментов, полученных в полевых условиях и экспериментами с лопастным прессиометром и штампом было найдено значение поправочного коэффициента;

на основе специальных модельных экспериментов с помощью предлагаемого прессиометра определено напряженно-деформированное состояние грунта вокруг расширяющейся скважины. Установлено, что функция радиальных напряжений и перемещений хорошо согласуется с предложенными выражениями и имеет нелинейно-затухающий характер;

на основании проведенных экспериментов установлено, что при передаче на стенки скважины радиальных напряжений активная область сжатия распространяется на величину до br_0 .

Практические результаты исследования:

Предложен способ и устройство для определения деформационных свойств грунтов внутри скважины по его глубине;

разработан метод определения деформационных характеристик полевых грунтов с естественным увлажнением глинистых и песчаных грунтов естественного строения.

Достоверность результатов исследования объясняется сравнением результатов экспериментов со штампом (ГОСТ 19912-2012) и лопастным прессиометром (ГОСТ 20276.6-2020) в соответствии с государственными стандартами.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследования объясняется тем, что определен модуль деформации окружающего скважину грунта под действием сил, распределенных в радиальном направлении на его стенках, включая параметры просадочных свойств глинистых грунтов.

Практическая значимость результатов исследования объясняется предложением метода и устройства (IAP 2017 0246 запатентованный), направленных на определение параметров деформирования грунтов в полевых условиях, в том числе просадочных (набухающих) свойств грунтов.

Внедрение результатов исследования:

На основе результатов, полученных при внедрении методов определения деформационных свойств грунтов с использованием песочного прессиометра в полевых условиях:

применение разработанной конструкции и методов определения деформационных свойств грунтов позволяет экспресс-методом определять модуль деформации грунтов природной влажности и их в водонасыщенном состоянии. Разработка внедрена в ООО «Геофундаментпроект» (справка министерства Строительства Республики Узбекистан №09-06/2946 от 18 марта 2021г.). Это позволит получить экономию времени и расходов на инженерные исследования и более достоверные результаты характеристик грунтов, что позволяет сократить расходы на возведение основания и фундаментов и приводит к экономии материальных и финансовых ресурсов до 0,2-1% стоимости зданий и сооружений;

метод определения модуля деформации в состоянии природной влажности и в водонасыщенном состоянии внедрен в процесс определения деформационных свойств грунтов ООО «Кишлоккурилишлойиха» и ГП «УЗГАШКЛИТИ» (справка министерства Строительства Республики Узбекистан №09-06/2946 от 18 марта 2021г.). В результате прессиометр экономит время и затраты на инженерные исследования. Предложенный метод позволяет определять показатели деформации грунтов по глубине, что позволило сэкономить до 2-3% финансовых ресурсов при проектировании фундамента зданий и сооружений.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования были обсуждены на 2-х международных и 4-х республиканских конференциях.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 14 научных работ, из них 8 опубликованы в изданиях, включённых в перечень научных изданий, зарегистрированных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, в том числе 2 опубликованы в зарубежном журнале и 6 – в республиканских научных изданиях.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, основных результатов, выводов и списка использованной литературы. Объём диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении говорится об актуальности и необходимости темы диссертации, соответствии исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, уровне изученности проблемы, цели, задачах, объекте и предмете исследования, научной новизне и практических результатах, теоретической и практической значимости исследования, реализации результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертационной работы приведен “Анализ современного состояния методов определения основных деформационных свойств грунтов в полевых условиях” на основании широкого обзора методов лабораторных и полевых исследований деформационных свойств грунтов .

Полевые методы исследования грунтов, в зависимости от глубины тестирования, принципиально разделяются на две группы: методы испытаний грунтов на поверхности котлованов и траншей, а также глубинные методы тестирования. К первой группе относятся штамповые испытания. Такие испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 20276-2012 и являются эталонными. Все другие методы полевых испытаний грунтов, в том числе и глубинные, сопоставляются с этим методом при помощи корреляционного коэффициента. Метод нагружения штампа с упором на грузовую платформу является громоздким и трудоемким при монтаже.

Испытание грунтов штампами проводят для определения следующих характеристик деформируемости: модуля деформации E различных грунтов; начального просадочного давления P_{sl} , относительной деформации просадочности \mathcal{E}_{sl} для просадочных глинистых грунтов при испытании с замачиванием, кроме набухающих и засоленных грунтов при испытании с замачиванием. Часто, из-за ограниченности штамповых испытаний, на большой глубине используют прессиометрические испытания в скважинах. Существует несколько видов метода прессиометрии в скважинах (рис.1).

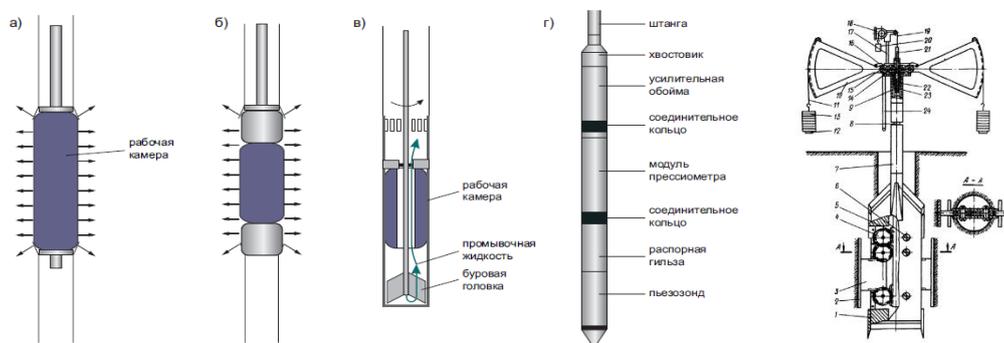


Рис.1. Методы прессиометрии и пенетрации внутри скважины. а) - однокамерные мембранные, б) - трехкамерные, в) - самозабуривающиеся однокамерные и г) -тензометрический конусный пенетрометр и лопастной.

1-расм. Прессиометр усуллари: а) мембранали; б) уч камерали; в) ўзи бурғулайдиган; г) конус куринишдаги тензометрик; д) лапастной.

Используемые на практике прессиометры имеют различные принципы воздействия на грунт. Ниже рассмотрим некоторые из этих конструкций.

Радиальные прессиометры, самозабуривающиеся прессиометры, конусные прессиометры, лопастные прессиометры, прессиометры мембранные-Минарда. Прессиометрические испытания проводятся согласно требованиям ГОСТ 20276-2012 и соответствуют требованиям международных нормативных документов, а также в соответствии с требованиями технического паспорта прибора.

В настоящее время разработано большое количество прессиометров. Из них наибольшее распространение получили мембранные прессиометры. Мембранный прессиометр имеет вид цилиндра диаметром от 32 до 115 мм. Зонд опускается в скважину, а измерительные приборы находятся на поверхности земли. В пробуренную скважину устанавливается зонд. Радиальные напряжения создаются как пневматическим, так и гидравлическим путями, а вся измерительная аппаратура находится на поверхности. Радиальные перемещения стенки скважины измеряются как тензометрическими, так и по расходу воды, нагнетаемую в камеру. При бурении скважины в некоторых грунтах нарушается естественная структура, поэтому в этих условиях часто используют самозабуривающийся прессиометр. Считается, что во время бурения скважины при помощи самозабуривающегося прессиометра, структура грунта вокруг нее разрушается незначительно.

Лопастные прессиометры относятся к механическим и по своей конструкции считаются ближе к штамповым. В соответствии с этим методом два противоположно вертикально расположенные прямоугольные штампы перемещаются в скважине в радиальном направлении. Конструкция лопастных прессиометров позволяет переводить вертикальные перемещения штанг в горизонтальные перемещения противоположно расположенных штампов. Передача нагрузки на штампы-лопасти производят ступенями. Каждую ступень давления выдерживают до условной стабилизации грунта. Этот метод широко используется в инженерно-геологических организациях стран СНГ.

К пенетрационным относятся зонды круглой, с коническим наконечником, или иной формы (толстая лопасть), которые позволяют определять сопротивление сжатию, сдвиговым напряжениям и преобразовывать их, при помощи тензометрических или иных датчиков, в электрические сигналы. Зонды устанавливаются в конце круглых буровых штанг и задавливаются с постоянной скоростью в грунты от туго-пластичной до текуче-пластичной консистенции. Иногда этот метод так же называется кинематическим. В полевых условиях применяются несколько видов пенетрационных испытаний грунтов. Их можно условно разделить на методы статической СРТ и методы динамического SPT зондирования.

Представленные выше методы, хотя и являются универсальными, однако, и они в определенных ситуациях, в частности, при наличии просадочных грунтов не могут быть использованы. Например, лопастные прессиометры в процессе замачивания грунтов скважины, из-за потери устойчивости, дают ошибочные результаты. Такие испытания, как статические СРТ и динамическое SPT зондирование, вообще не предусмотрены для определения просадочных свойств грунтов. По этой причине в диссертации поставлена цель-разработать новую конструкцию прессиометра, разработать методику проведения экспериментов и обосновать теоретические решения НДС вокруг скважины при радиальном напряжении.

Во второй главе диссертации “Экспериментальные исследования деформационных свойств грунтов в полевых и лабораторных условиях” говорится о том, что учитывая большую дороговизну имеющихся в продаже прессиометров и учитывая специфичность лессовых грунтов, широко распространенных на базе ООО «Геофундаментпроект», с участием автора был создан и запатентован новый вид прессиометра для исследования деформационных, в том числе и просадочных свойств лессовых грунтов. Перед автором диссертации была поставлена цель-исследование работоспособности новой конструкции в лотковых и полевых условиях и сопоставление этих результатов с известными стандартными методами.

Предложенная авторами конструкция прессиометра основана на осевом сжатии градуированного песчаного цилиндра внутри скважины (рис.2).

Песчаный цилиндр с соотношением сторон не менее $d/h=1/2$ образуется засыпкой ее мерного количества в скважину выше ГГВ (рис.2). Песок засыпается в скважину на поверхность нижнего круглого штампа (3), соединенного с вертикальным стержнем (5) (внутри штанги), установленным

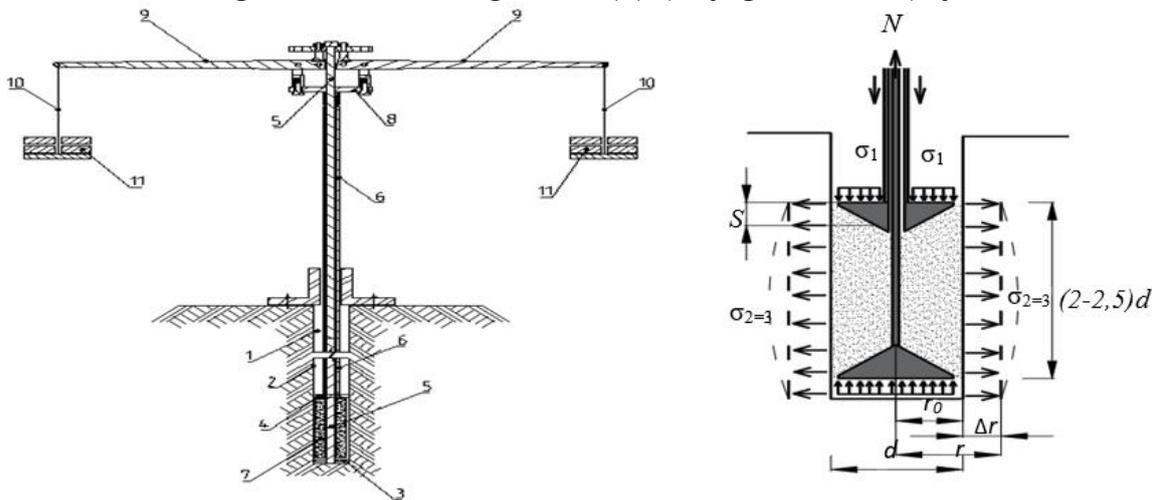


Рис.2. Устройства для определения деформации грунта: 1-скважина; 2- стенка скважины; 3-нижний штамп; 4-верхний штамп; 5-стержень; 6-секция труб (штанга); 7-цилиндр (песок); 8-упорная плита; 9-рычаги с равновеликими плечами; 10-подвеска; 11-гири.

2-расм. Грунт деформациясини аниклаш асбоби. 1-скважина; 2- скважин девори; 3-пастки штамп; 4-юқори штамп; 5- стержен; 6-қисмли труба (штанга); 7- қумли цилиндр; 8-тўхташ плитаси; 9-тенг елкали қўл; 10-маржон (трос); 11-ўлчов тошлари.

на дне скважины. На верхний торец песчаного цилиндра устанавливается второй верхний штамп в виде шайбы (4), закрепленный на торце полой штанги, выполненной из толстостенной трубы. Стержень (5) свободно перемещается внутри штанги. Диаметры нижней и верхней штампов прессиометра, а также скважины, равны 76 мм. Вертикальное давление на песчаный цилиндр осуществляется при помощи противоположного перемещения вовнутрь нижнего и верхнего штампов.

Предлагаемый способ определения деформационных характеристик грунтов осуществляется следующим образом. На объекте исследования возводят скважину путём забуривания ручным мотобуром или буром диаметром 71 мм и глубиной 1,5-6 м от дна котлована. Для получения точного

заданного диаметра скважины, в нее до проектной отметки забивается режущая полая труба диаметром 76 мм. В скважину опускают стержень с нижним дисковым штампом, диаметром 76 мм. Дисковый штамп по центру соединен со стержнем при помощи винтового соединения. Вертикальный стержень состоит из секции длиной 80 см и при необходимости удлиняется при помощи винтового соединения. В скважину засыпается мерное количество песка, который образует диаметр цилиндра 76 мм и высотой 15-20 см. Сверху стержня надевают толстостенную трубу, наращиваемую при помощи резьбового соединения. Она служит как для проведения тестовых примеров, так и для засыпки мерного количества песка в скважину. Нижний штамп выполнен в виде диска толщиной 4 мм и диаметром так же 76 мм. Осевое нагружение песчаного цилиндра производится при помощи гирь, подвешиваемых на рычаги. Сила, передаваемая при помощи рычажной системы, увеличивается кратно соотношению плеч механизма (в 10 раз). Вертикальное перемещение штампов измеряется прогибомером Максимова с точностью деления 0,1 мм. Радиальную деформацию и напряжения на стенки скважины определяют аналитическим расчетом.

Экспериментальные лотковые исследования работы песчаного цилиндра внутри скважины и определение НДС вокруг него.

Для моделирования напряженного состояния осесимметрично сжатого цилиндра и грунта, расположенного вокруг него, нами были проведены лабораторные лотковые испытания. Основной целью проведения испытаний являются исследования вертикальных и горизонтальных перемещений грунта рабочего органа песчаного прессиометра в виде цилиндра. В данной работе объектом исследования является засыпанный в скважину слой грунта в виде цилиндра с размерами: диаметр 76 мм, высота 150 мм. Этот грунт является рабочим органом песчаного прессиометра для определения деформационных характеристик слоёв грунта по глубине. В качестве грунта рабочего органа прессиометра приняты мелкозернистые пески. Ниже приводятся результаты экспериментов.

Результаты модельных лотковых экспериментов. Эксперимент были проведены в два этапа. Способы решения поставленной задачи осуществляются при помощи объемного лотка, позволяющего моделировать взаимодействие конструкций и грунтового основания при различных внешних нагрузках. Исследования проводились на модернизированной лотке, созданного к.т.н., доц. М.М.Хонкельдиевым. Объемный лоток размерами $A \times B \times H = 45 \times 45 \times 30$ см выполнен в виде коробчатой конструкции и нагруженной рамы. Лоток предназначен для проведения модельных штамповых и прессиометрических испытаний различной конфигурации. Общий вид лотка представлен на рис.3.

Для измерения горизонтальных перемещений в радиальном направлении по наружной поверхности песчаного цилиндра по высоте ($h_I = 10$ мм, $h_{II} = 37$ мм, $h_{III} = 69$ мм, $h_{IV} = 102$ мм, $h_V = 132$ мм) установлены специальные маячки рис.3. Перемещения маячков замеряются мессурой.

В начале эксперименты проводились с круглым штампом диаметром 15,14 см рис-3 а. По результатам штамповых экспериментов определена величина модуля деформации грунта (1).

$$E = (1 - \nu^2)K_p K_1 D \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad (1)$$

Следующие эксперименты были проведены с песчаным прессиометром. Результаты эксперимента приведены в таблице №1 и рис.3(б). По результатам этих экспериментов получены зависимости между осевыми напряжениями и перемещениями в радиальном направлении рис.4-5.

Установлено, что в процессе осевого нагружения центральная часть цилиндра расширяется более динамично, чем его краевые части.

Таблица №1. Результаты экспериментов вертикальных и горизонтальных перемещений

Вертикальные перемещения штампа, мм				Боковые (горизонтальные) перемещения, мм. Расстояние снизу-10, 37, 69, 102, 132 мм.				
N, кг	A	P	S _ш	h-10	h-3,7	h-6,9	h-10,2	h-13,2
0	43,07	0	0	0	0	0	0	0
19	43,07	0,44	5	0,015	0,025	0,115	0,195	0,35
29	43,07	0,67	16	0,015	0,04	0,185	0,255	0,41
39	43,07	0,90	30	0,03	0,29	0,445	0,615	0,675
49	43,07	1,14	71	0,06	0,38	0,935	1,155	0,99
59	43,07	1,37	119	0,11	0,785	1,565	1,775	1,235
69	43,07	1,60	181	0,14	1,365	2,415	2,515	1,365
79	43,07	1,83	284	0,155	2,43	4,045	3,8	2,35
89	43,07	2,06	410	0,155	3,9	6,93	5,375	2,38

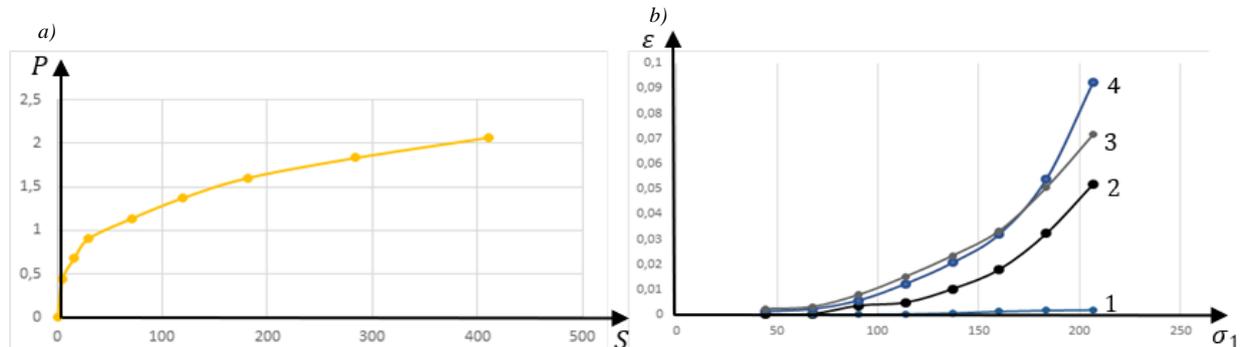


Рис.4. а) Вертикальные перемещения штампа, мм; б) Боковые (горизонтальные) перемещения от расстояния маячков снизу; 1) маячок №1-10мм, 2) маячок №2-37мм, 3) маячок №3-102мм, 4) маячок №4-69мм.

4-расм. а) штампнинг вертикал ҳаракати, мм; б) маёқларнинг пастдан (горизонтал) ҳаракатланиши; 1) маёқ №1-10мм, 2) маёқ №2-37мм, 3) маёқ №3-102мм, 4) маёқ №4-69мм.



Рис-3. Объёмный лоток размерами АхВхН=45х45х30 см: а) штамповые испытание; б) испытание песчаным прессиометром 3-расм. Модели латок кўриниши (АхВхН=45х45х30 см): а) штамп; б) кумли прессиометр билан тажриба.

То же самое наблюдается при проведении трехосных стабилметрических испытаний. График зависимости между относительными боковыми деформациями и осевым давлением $\varepsilon_{2=3} = f(\sigma_1)$ для различных точек представлен на рис 5. Как видно из представленных графиков, нелинейность и их абсолютные перемещения в вертикальном направлении происходят более интенсивно, чем для боковых перемещений. Произведем леаниризацию графика, что позволит аналитически определять выражение модуля деформации:

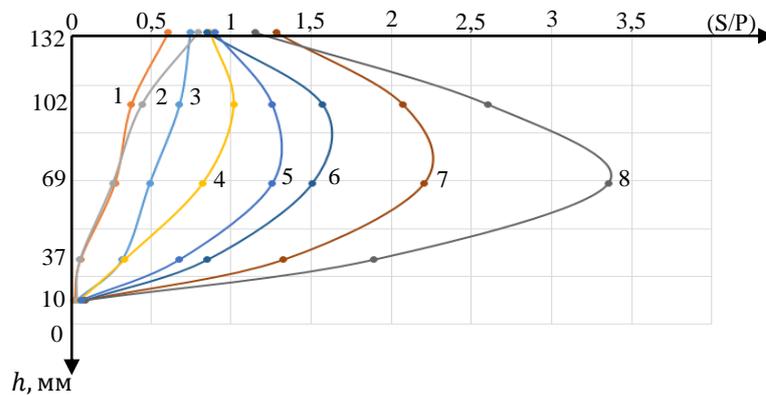


Рис.5. График боковых перемещений маячков, установленных по высоте песчаного цилиндра. Перемещение точек 1-8 в радиальном направлении представлены в таблице №1. 5-расм. Цилиндр кумнинг баландлиги буйича маёкларнинг ён томонга силжиши; 1-8 нукталарнинг деформация қийматлари 1-жадвалда келтирилган.

$$E = n[1 - 2\xi\mu] \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} = nk \frac{\sigma_1}{\varepsilon_1} = nkh \frac{\sigma_1}{s_1} \quad (2)$$

Установлено, что модуль деформации, полученный штамповыми испытаниями равен $E=360$ кПа, а модуль деформации, полученный с помощью песчаного прессиометра, равен $E=53$ кПа. Для модельных испытаний определим коэффициент .

$$n = \frac{E_{sh}}{E_{pr}} = \frac{360}{53} = 7 \quad (3)$$

Экспериментальные исследования работы песчаного прессиометра в реальных инженерно-геологических условиях и сопоставление их с результатами штамповых и другими методов.

Надежность строящихся зданий и сооружений во многом зависит от качественного определения основных деформационных и прочностных свойств грунтов. Результаты расчетов оснований зависят от точности определения количественных значений деформационных характеристик грунта. В настоящее время в мировой практике сохраняется тенденция комплексного определения этих характеристик, давая предпочтение полевым методам определения непосредственными испытаниями грунтов в массиве. К ним можно отнести как полевые штамповые, прессиометрические испытания, так и методы статического и динамического зондирования грунтов. Первые два метода в основном используются для количественного сравнения результатов определения сопротивления грунта по глубине основания статическими (пенетрометрами) и динамическими методами зондирования.

Как известно, последние два метода дают возможность протестировать и определять сопротивление грунта на глубине более 20 м. Эти результаты необходимы при проектировании свайных фундаментов или при обосновании глубины заложения фундаментов. Но при расчете оснований по деформациям, предпочтение все же дается классическим параметрам, таким как модуль деформации, определяемый штамповыми и прессиометрическими испытаниями. Для проведения штамповых испытаний грунтов необходимо использование специального анкерного и рамного громоздкого оборудования, домкратов, динамометров и др. измерительных приборов. Штампové испытания преимущественно проводятся на поверхности дна котлованов. В отличие от этого, прессиометрические испытания проводятся сравнительно на компактном оборудовании и, самое главное, позволяют проводить испытания на различной глубине массива. В связи с этим, испытания методом прессиометрии приобрели достаточно большую популярность в инженерных изысканиях. По точности показаний прессиометрические уступают лишь штамповым испытаниям в шурфах. Штампové и прессиометрические испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 20276-2012.

Целью проведения экспериментов является сравнение и сопоставление результатов различных параметров деформируемости грунтов, полученных в условиях полевых экспериментов, в частности: штамповых, прессиометрических и динамического зондирования грунтов по глубине. Сопоставлению подлежат классические штампové и радиальные прессиометры.

Рассмотрим основные уравнения, позволяющие математически связать радиальные напряжения и деформации, свойственные для радиальных прессиометров. С учетом рассмотренных выше теоретических решений в системе координат, выражения цилиндрической деформации будут иметь следующий вид:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta r}{r_0} = \mu \varepsilon_z = \mu \frac{\Delta S}{h_0} \quad (4)$$

откуда
$$\Delta r = \mu r_0 \frac{\Delta S}{h_0} \quad (5)$$

$$\sigma_3 = \xi \sigma_1 \quad (6)$$

Параметры, коэффициенты бокового расширения и давления μ, ξ для средних или мелких песков определяются по результатам трехосных стабиллометрических испытаний в лабораторных условиях при ограниченных боковых перемещениях. В этих выражениях ΔS_z - измеренное вертикальное перемещение песчаного цилиндра при его сжатии, мм; $\sigma_1 = \frac{N}{A}$ - вертикальное напряжение на торцах песчаного цилиндра, кПа; N и A - соответственно, вертикальная нагрузка, кН и площадь штампов, за вычетом поперечной площади вертикальной внутренней штанги, см².

Модуль деформации грунтов определяется для линейного участка графика $\Delta r = f(p)$ по формуле:

$$E = K_r r_0 \frac{\Delta p}{\Delta r}, \quad (7)$$

где K_r - коэффициент;

r_0 - начальный радиус скважины, см;

Δp - приращение давления на стенку скважины, МПа;

Δr - приращение перемещения стенки скважины (по радиусу), см.

Физический смысл коэффициента K_r будет рассмотрен в главе III.

Как правило, приращения давлений определяются во второй зоне деформирования, когда начальное давление превышает природное давление $P > P_g$.

Величина коэффициента K_r для конкретного вида грунта определяется сравнительными штамповыми и прессиометрическими испытаниями. При отсутствии таких возможностей, она определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 20276-2012. В частности, по данным наших исследований установлено, что коэффициент K_r для скважин глубиной до 6 м для глинистых грунтов: при $I_L < 0.25$ $K_r = 2$, а при $I_L > 0.5$ $K_r = (3 - 4)$.

Для предложенного вида прессиометра модуль деформации определяется по выражению:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta r}{r_0} = \frac{\sigma_x}{E} - \frac{\mu}{E} (\sigma_y + \sigma_z) \quad (8)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta r}{r_0} = \frac{1-\mu}{E} \sigma_{x=y} - \frac{\mu}{E} \sigma_z = \frac{\sigma_z}{E} [(1-\mu)\xi - \mu] \quad (9)$$

$$E = \frac{r_0 \sigma_z}{\Delta r} [(1-\mu)\xi - \mu] \quad (10)$$

С учётом (5) и (10) запишем в следующем виде:

$$E = \frac{r_0 \sigma_z}{\mu r_0 h_0} [(1-\mu)\xi - \mu] = \frac{h_0 \sigma_z}{\Delta S} \left[\left(\frac{1}{\mu} - 1 \right) \xi - 1 \right] = K_r^S \frac{h_0 \sigma_z}{\Delta S} \quad (11)$$

K_r^S –коэффициент для, прессиометра. Для решения практических задач коэффициент K_r^S определяется по сравнительным результатам штамповых и прессиометрических испытаний.

Для уменьшения погрешности прибора за счет сжатия песка, в начале эксперимента вместо скважины была использована металлическая труба диаметром 76 мм. По результатам этих экспериментов строится тарировочный график зависимости осадки S_z от давления-Р рис-6. Вертикальное преремещение песчаного цилиндра определяется с учетом погрешность сжатия цилиндра с песком.

Эта погрешность рассчитывается с использованием следующего выражения

$$\Delta S = (S_2 - S_{t2}) - (S_1 - S_{t1}) \quad (12)$$

где S_2, S_1 – вертикальная осадка песчаного цилиндра, внутри скважины, соответствующая давлению P_2, P_1 ; S_{t2}, S_{t1} -то же,

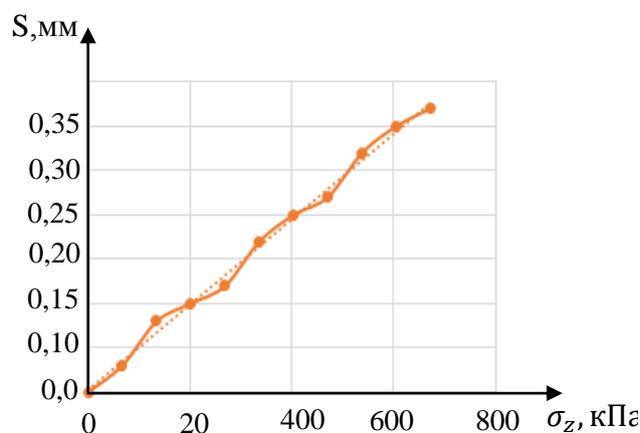


Рис.6. Тарировочный график зависимости осадки песка S_z от осевого давления σ_z . б-расм. S_z ва вертикал босим σ_z орасидаги сикилиш қонунияти

определяемая по тарировочной кривой внутри металлической трубы.

Результаты экспериментальных исследований деформационных характеристик грунтов с использованием песчаного прессиометра. Исследования проводились в городах Самарканде, Ташкенте, Бухаре и Карши.

Площадка строительства административного здания в г. Ташкенте. Основные физические свойства лессовых грунтов: плотность грунта природной влажностью $W=(18,5-20,2)\%$ соответственно равна $\rho = 18,5$ и $\rho_d = 15,3$ кН/м³; коэффициент пористости грунта $e=0,76$ и число пластичности грунта равно $I_p = 8,1\%$. Эксперименты проводились в начале с грунтами природной влажности и, после достижения осевых напряжений, грунт в скважине водонасыщался до полной влагоемкости. Результаты испытаний в виде графика напряжений σ_z , перемещения S_z представлены на рис. 7.

Модуль деформации для лессовых грунтов природной влажности и в водонасыщенном состоянии, рассчитанный по выражению (11), для $K_r^S = 3$ равно $E = 17,2$ мПа и $E_{sat} = 8,4$ мПа.

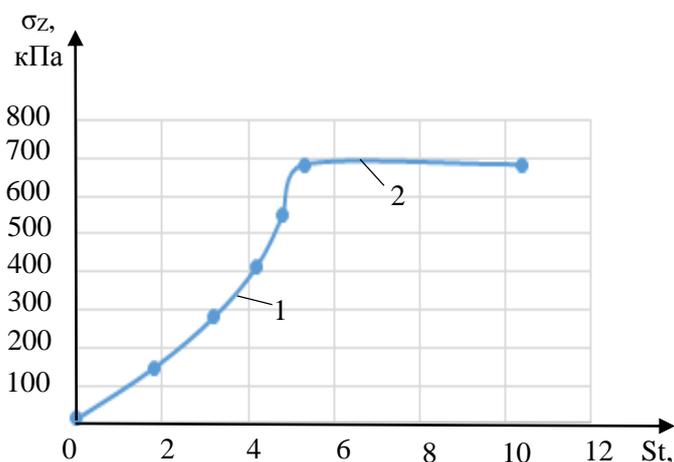


Рис-7. Результат экспериментальной кривой, полученный по результатам испытаний с прессиометром, предложенным авторами: 1)-грунт природной влажности; 2)-то же в водонасыщенном состоянии.

7-расм. Тажриба натижалари бўйича муаллиф томонидан таклиф қилинган прессиометр ёрдамида олинган экспериментал эгри чизилганинг натижаси:

1)-табиий нам холдаги грунт; 2)-сувга туйинган грунт.

Коэффициент неоднородности грунтов по сжимаемости

$$\frac{E}{E_{sat}} = \frac{17,2}{8,4} = 2 \quad (13)$$

Величину приведенного модуля деформации для лессовых просадочных грунтов определим по выражению

$$E^1 = \frac{E \cdot E_{sat}}{E - E_{sat}} = 16,6 \text{ мПа} \quad (14)$$

E^1 —приведенный модуль деформации грунта. Относительную просадочность определим по выражению

$$\varepsilon_{sl} = \beta * \xi \frac{P_z}{E^1} = 0,8 * 0,27 \frac{654}{16600} = 0,0085$$

Процесс испытания грунтов в котловане представлен на рис.8.

Площадка строительства жилого комплекса по ул. А.Темура в г. Самарканде. Целью проведенных исследований являлось сопоставление параметров деформируемости грунтов, полученных в условиях полевых экспериментов: штамповые и прессиометрические испытания. Эксперименты были проведены на лессовых грунтах.



Рис-8. Испытания грунтов песчаным прессиометром.
8-расм. Кум прессиометр ёрдамида тажриба.

Результаты штамповых испытаний. Штамп диаметром 28,5 см и площадью $A=624,3 \text{ см}^2$. Гидравлический домкрат с площадью штока $A=156 \text{ см}^2$ с предельным давлением 75 кН. Насосная станция с ручной подкачкой. Давление жидкости измеряется манометром до 10 мПа. Среднее давление σ_1 под штампом определялось по формуле:

$$\sigma_1 = \sigma_2 \frac{A_2}{A_1} \quad (15)$$

где σ_1, σ_2 - соответственно, давление под штампом и показатель манометра домкрата;

A_1, A_2 -площадь штампа и штока домкрата.

Перемещение штампа измеряли при помощи прогибомера (индикатора) Максимова с точностью деления 0,1 мм.

В конце испытания производилось замачивание основания. По результатам испытаний установлено, что модули деформации грунтов природной влажности и в водонасыщенном состоянии соответственно равны $E=43$ и $E_{sat}=24 \text{ мПа}$ (рис.9).

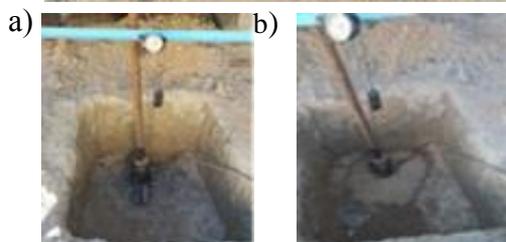


Рис-9. Площадка для проведения комплексных испытаний штампами.

а) штамповые испытания в грунтах природной влажности и б) в водонасыщенном состоянии.

9-расм. Штамп ёрдамида олинган тажрибалар; а) табиий нам хамда б) сувга тўйинган холатда.

Эксперимент с лопастным прессиометром. Испытание лопастным прессиометром проводилось в соответствии с ГОСТ 20276-2012, по следующей методике. Для испытания были использованы: рабочий наконечник, нагрузочное устройство с прогибомером и комплектом тарированных грузов, наружные трубы и внутренние стержни.

Предварительно в пробуренную скважину опустили рабочий

наконечник лопастного прессиометра на глубину 2 м. Длина штампа $L=23,5$ см, ширина $b=6,5$ см, площадь $A=152,75$ см². Для данного грунта коэффициент Пуассона принимаем $\mu =0,35$. В конце испытания производилось замачивание основания. По результатам испытаний установлено, что модули деформации грунтов природной влажности и в водонасыщенном состоянии соответственно равны $E=20$ мПа.

Эксперимент с песчаным прессиометром.

Предварительно, в пробуренную скважину установили рабочий орган песчаного прессиометра на глубину 2 м. Осевое нагружение штампов прибора производили, создавая давление по ступеням.

Перемещения рабочего органа песчаного прессиометра измеряли при помощи прогибомера (индикатора) Максимова с точностью деления 0,1 мм. Отсчеты показаний прогибомера на каждой ступени фиксировали через каждые 15 мин в течение первого часа и 30 мин в течение второго часа и, далее, через 1 ч до условной стабилизации осадки-0,1 мм. Результаты испытаний приведены в таблице №2, график для прямолинейного участка $S=f(P)$ приведен на рис-11. Процесс экспериментов с песчаным прессиометром представлен на рис-10. По результатам испытаний установлено, что модули деформации грунтов природной влажности и в водонасыщенном состоянии соответственно равны $E=14,1$ и $E_{sat}=8,4$ мПа.



Рис.10. Испытания с песчаным прессиометром. 10-расм. Қумли прессиометр билан тажриба.

Таблица №2. Определение модуля деформации и просадочных свойств грунтов с использованием песчаного прессиометра

диаметр скв. см	площадь см ²	давление Pz кг/см ²	Сила N кг	ξ	Давление P _x кг/см ²	Премещение, Sz, см	A ₁ , см ²	R см	г _i -г ₀ , см	E _э	K	E, кгс/см ²
7,6	44,6	0,1	0	0,35	0,04	0	45,36	3,80	0,000		3	
7,6	44,6	1,4	60	0,35	0,50	0,01	45,30	3,79	0,038		3	
7,6	44,6	2,7	120	0,35	0,94	0,44	46,63	3,85	0,053	14.1	3	363,01
7,6	44,6	4,0	180	0,35	1,38	0,51	46,76	3,85	0,058		3	
7,6	44,6	5,2	240	0,35	1,82	0,63	47,18	3,87	0,075		3	

Результаты проведенных комплексных испытаний грунтов штампами, лопастными прессиометрами и песчаным прессиометром представлены в виде диаграммы напряжения перемещения на рис-11 и таблице-3.

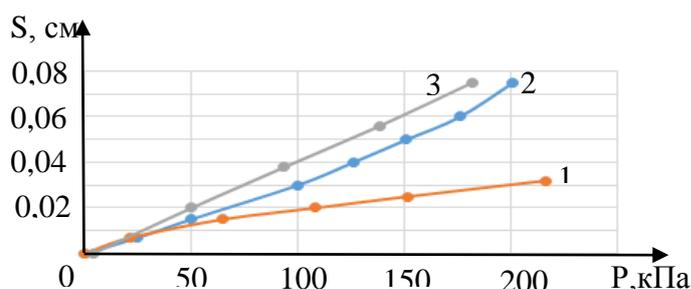


Рис-11. Зависимость между напряжениями и перемещениями: 1)-штамповые испытания; 2)-лопастный и 3)-песчаный прессиометр.

11-расм. Кучланиш ва силжиш орасидаги боғланиш. 1)-штамп тажрибаси; 2)-лопасти; 3)-қумли прессиометр.

Таблица-№3. Сопоставление величин и модуля деформации E, полученные различными испытаниями.

	Штамповые испытания, в мПа	Лопастный прессиометр, в мПа	Песчаный прессиометр, в мПа
E кгс/см ²	43/24	20	14,1/8.4
коэффициент	1	2,15	3

В третьей главе диссертации, названной **“Теоретические основы определения расчетных деформационных свойств грунтов при радиальных напряжениях внутри скважины”** для определения радиальных и тангенциальных перемещений скважины, нагруженной радиальной интенсивной нагрузкой, было использовано дифференциальное уравнение вида:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r - \sigma_t}{r} = 0. \quad (16)$$

Учитывая в грунтах (в песках) отсутствие растягивающих напряжений, т.е. $\sigma_t = 0$, дифференциальное уравнение (16) переходит в однородный и имеет вид:

$$\frac{d\sigma_r}{dr} + \frac{\sigma_r}{r} = 0. \quad (17)$$

Решение уравнения (17) получено в следующем виде:

$$\ln\sigma_r = \ln\left(\frac{C}{r}\right) \text{ или } \sigma_r = \frac{C}{r} \quad (18)$$

где C-постоянная интегрирования определяется из граничных условий при $r = r_0$; $\sigma_r = p_2$, откуда $p_2 = \frac{C}{r_0}$ или $C = p_2 r_0$. Итак, окончательно выражение (18) напишем в виде:

$$\sigma_r = p_2 \frac{r_0}{r} \quad (19)$$

По результатам экспериментальных исследований таким требованиям отвечает координатная функция вида:

$$\sigma_r = p_2 \left[-0,0184 \left(\frac{r}{r_0}\right)^3 + 0,22 \left(\frac{r}{r_0}\right)^2 - 1,1946 \left(\frac{r}{r_0}\right) + 1,9477 \right] \quad (20)$$

Координатную функцию так же можно определить по следующему феноменологическому выражению вида:

$$\sigma_r = p_2 \exp[-k(r - r_0)] \quad (21)$$

где $k = 1,5$ – коэффициент, определяемый экспериментом.

$H_s = 6r_0$ -активная область сжатия слоя грунта по горизонтали. Например, для выражения (19) при $r = 6r_0$:

$$(\sigma_r - \sigma_{zg}) = p_2 \frac{1}{6} = 0,166 * p_2 \text{ или } (\sigma_r - \sigma_{zg}) = 0,0253$$

И для выражения (21) при $(\sigma_r - \sigma_{zg}) = 0,072$

Как видно из представленного графика (Рис.12), наиболее ближе к результатам эксперимента отвечают координатные функции вида (20) и (21).

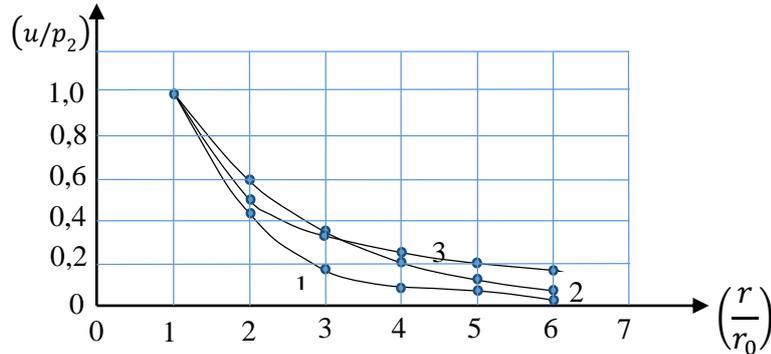


Рис-12. Координатная функция для расчета радиальных напряжений.
1-(19); 2-(20); 3-(21).

12-расм. 1-(19); 2-(20); 3-(21) ифодадаги координата функция тажриба натижалари.

В этом случае распределение напряжений σ_r по радиальному направлению $r \geq r_0$ прямо пропорционально внутреннему давлению p_2 и радиусу скважины r_0 и обратно пропорционально радиусу расстояния r .

На рис.13 представлены сопоставительные графики радиальных напряжений σ_r от относительного расстояния (r/b) , полученные по выражениям 1-(19); 2-(21) и 3-(20). Расчеты выполнены для: $b = 37,5$ мм, $p_2 = 200$ кПа.

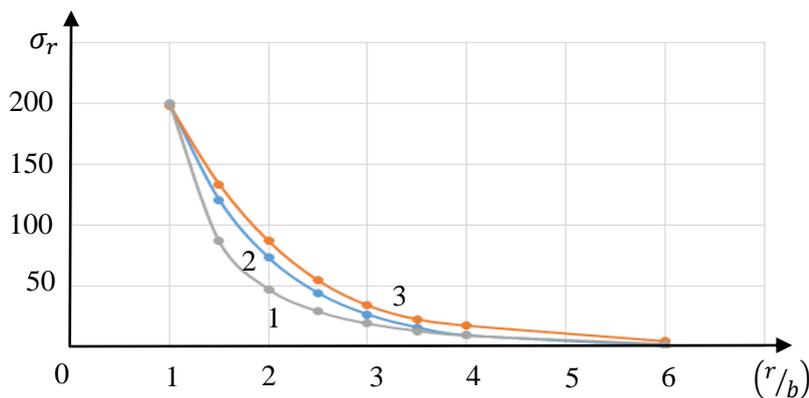


Рис-13. Расчетные графики распространения радиальных напряжений σ_r по горизонтали (r/b) : вычисленные по выражениям 1-(19); 2-(21) и 3-(20).

13-расм. 1-(19); 2-(21) ва 3-(20) ифодалардан олинган нисбий масофа (r/b) га нисбатан σ_r бўлган радиал кучланишлар.

Для определения радиальных перемещений стенки скважины от действия радиальных напряжений p_2 , действующих внутри скважины, воспользуемся уравнением закона Гука для одномерной линейной задачи:

$$s_R = \int_{r_0}^{r_s} \varepsilon_r dr = \frac{1}{E} \int_{r_0}^{r_s} \sigma_r dr \quad (22)$$

Решим интегральные уравнения (23)

$$s_R = \int_{r_0}^{r_s} \varepsilon_r dr = \frac{1}{E} \int_{r_0}^{r_s} P_2 e^{-k(P-P_0)} dr = \frac{P_2}{kE} [e^{-k(r_s-r_0)} - 1] \quad (23)$$

Величина k определяется в зависимости от диаметра скважины по результатам экспериментов для конкретных видов грунтов.

Из выражения (23) если известны радиальные перемещения, позволяют определять интегральную величину модуля деформации:

$$E = \frac{P_2 r_0}{s_R k} [e^{-k(r_s-r_0)} - 1] \quad (24)$$

Если сопоставить с полученными результатами, рассмотренными во II главе, в частности, с выражением (2.19), то можно сделать вывод о том, что:

$$E = K_r \frac{\Delta r_0 p}{\Delta r}, \quad K_r = \frac{[e^{-k(r_s-r_0)} - 1]}{k} \cong \frac{[e^{-k5r_0} - 1]}{k} \quad (25)$$

Иначе говоря, поправочный параметр K_r зависит от начального диаметра скважины и активной области сжатия, равного $r_s \cong 6r_0$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При участии автора диссертации создан прибор для определения деформационных свойств грунтов в полевых условиях, называемый песчаным прессиометром. Конструкция прибора отличается тем, что рабочему элементу придают форму цилиндра с осевым каналом и помещают его (песчаный цилиндр) между верхним и нижним штампами, установленными в скважине и связанными механизмом, создающим осевую нагрузку на элемент за счёт сжимающегося усилия между штампами. Песчаный прессиометр позволяет определять как модуль деформации, так и просадочные свойства лессовых грунтов.

2. На основании компрессионных испытаний песков с различным гранулометрическим составом установлен оптимальный вариант для рабочего органа прессиометра, в качестве которого принят мелкозернистый песок с размерами гранул 1 мм.

3. Экспериментально получены графики зависимости между осевыми и боковыми деформациями песчаного грунта внутри скважины при его осесимметричном нагружении.

4. На основании проведённых трехосных экспериментов получено численное значение коэффициента бокового давления при отсутствии ограничений перемещений стенки скважины.

5. По результатам лотковых исследований установлено, что существует ограничение по вертикальным перемещениям песчаного цилиндра, которое не должно превышать 1,5 мм. Боковые перемещения стенки песчаного цилиндра имеют форму бочки. Предложены формулы для определения боковых перемещений стенки скважин. Предложен способ определения коэффициента корреляции между модулем деформации, полученный штамповыми и прессиометрическими испытаниями.

6. Для определения радиальных и тангенциальных напряжений в скважине с внутренним эффективным давлением $\sigma_r = p_2$ использование уравнения теории упругости (17) приводит к быстрому его убыванию по горизонтали, что не наблюдается на практике.

7. Наиболее близкие результаты получены по методу классической механики с использованием однородных дифференциальных уравнений вида (19) и решений, полученных на основании экспериментальных исследований (20 и 21).

8. Выражение (20) получено на основании результатов экспериментов. Причем доказано, что величина активной области сжатия для грунтовых скважин с внутренним эффективным давлением p_2 приблизительно равна $H_s \cong 3d = 6r$.

9. Выражения (24), полученные методом интегрирования функции относительных радиальных деформаций ε_r , позволили теоретически определить величину модуля линейной деформации.

10. Сопоставление теоретических выражений определения модуля деформаций (24) с известными выражениями позволило определить физический смысл коэффициента K_r (25). Установлено, что его значение зависит от начального диаметра скважины и активной области сжатия равный $r_s \cong 6r_0$.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.03/30.12.2019.FM/T.02.09 AWARD OF
SCIENTIFIC DEGREES OF SAMARKAND UNIVERSITY**

**SAMARKAND STATE INSTITUTE OF ARCHITECTURE AND CIVIL
CONSTRUCTION NAMED AFTER MIRZO ULUGBEK**

NABIEVA NIGORA AKBAROVNA

**FIELD METHODS FOR DETERMINING THE DEFORMATION
PROPERTIES OF CLAY SOILS USING
THE SAND PRESSIOMETER**

01.02.03. – Soil and rock mechanics

PhD PAPER WORK ON THE ABSTRACT IN TECHNICAL SCIENCES

Samarkand - 2021

The theme of the paper work of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered at the Higher attestation Commissions under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan, B2021.1.PhD/T1771.

The paper work was completed at the Samarkand State institute of Architecture and Civil Engineering.

The abstract of the paper work is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.samdu.uz) and on the website of “ZiyoNet” information and educational portal (www.ziynet.uz).

Scientific adviser: **Xasanov Askar Zabievich**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Ishankhodjaev Abdurakhmon Asimovich**
doctor of technical sciences, professor

Zakire Sattikhodzhayevich Buzrukov
candidate of technical sciences, dotsent

Leading organization: **Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering**

The defense will take place «__» _____ 2021 at ____ at the meeting of scientific council DSc03/30.12.2019.FM/T.02.09 at Samarkand State University (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-11-40. E-mail: sasu_info@edu.uz.)

The thesis is available in the Information and Resource Center of Samarkand State University (registration number ____). (Address: 140104, Samarkand, University street, 15, Tel.: (99866) 239-11-40. Fax: (99866) 239-11-40.)

Abstract of dissertation sent out on «__» _____ 2021 y.
(mailing report № ____ on «__» _____ 2021 y.).

R.I. Khalmuradov

Chairman of scientific council for awarding degree,
Doctor of Technical sciences, Professor

Kh.M. Buranov

Scientific secretary of scientific council for awarding degree,
Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Dotsent

Kh. Khudoynazarov

Chairman of scientific council seminar at the scientific
council for the awarding academic degree,
Doctor of Technical sciences, Professor

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research is: the study is to determine the deformation characteristics as a result of axisymmetric compression of cylindrical sandy soil in a well; to determine the stress-strain state of the array under the action of radially distributed forces on the soil around the well; to create a new design of a pressiometer that allows determining the parameters of soil deformation by depth and comparing the results obtained on it with the results obtained by other alternative methods.

The object of research is a sand pressiometer designed to determine the parameters of deformation and subsidence of soils.

The scientific novelty of the dissertation research is as follows:

a new design of the pressiometer has been created, which allows determining the deformation, including the indicators of soil subsidence, which have a natural structure around the well (official bulletin No. 12 29.12.218 IP 2170246);

based on the comparison of the results of experiments obtained in the field and experiments with a blade pressiometer and a stamp, the value of the correction coefficient was found;

based on special model experiments, the stress-strain state of the soil around the expanding well was determined using the proposed pressiometer. It is established that the function of radial stresses and displacements agrees well with the proposed expressions and has a nonlinear damping character;

based on the conducted experiments, it was found that when radial stresses are transmitted to the well walls, the active compression region extends by up to $6r_0$.

Implementation of the research results.

Based on the results obtained during the introduction of methods for determining the deformation properties of soils using a sand pressiometer in the field:

the application of the developed design and methods for determining the deformation properties of soils allows the express method to determine the modulus of deformation of soils of natural humidity and their water-saturated state. The development was implemented in Geofundamentproekt LLC (reference of the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan No. 09-06 / 2946 dated March 18, 2021). This will allow you to save time and costs for engineering research and more reliable results of soil characteristics, which allows you to reduce the cost of constructing the foundation and foundations and leads to savings of material and financial resources up to 0.2-1% of the cost of buildings and structures;

the method for determining the modulus of deformation in the state of natural humidity and their water-saturated state is implemented in the process of determining the deformation properties of soils is implemented in LLC "Kishlokkurilishloiha" and SE "UZGASHKLITI" (reference of the Ministry of Construction of the Republic of Uzbekistan No. 09-06/2946 of March 18, 2021). As a result, the pressiometer saves time and costs for engineering research. The

proposed method allows us to determine the indicators of soil deformation by depth, which allowed us to save up to 2-3% of financial resources when designing the foundation of buildings and structures.

The structure and scope of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, main results, conclusions and a list of references. The volume of the dissertation is 112 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (Part I; I часть)

1. Хасанов А.З., Хасанов З.А., Набиева Н.А. Способ определения деформации грунта и устройства для его осуществления // Патент на изобретение (13)В (21)IAP 2017 0246 (22)28.06.2017 Агенства по интеллектуальной собственности РУз. Ташкент 2018 год, №12(212). Дата регистрации 12.06.2018. Номер заявки *E02D 1/02, G01N 3/08*.

2. Хасанов А.З., Хасанов З.А., Хонкелдиев М.М., Набиева Н.А. Экспериментально-теоретические исследования определения закономерности распределения напряжений в грунтах // Узбекский журнал “Проблемы механики”. 2018, №2, С.22-26 (01.00.00; №4).

3. Хасанов А.З., Набиева Н.А. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния грунта вокруг скважины при осесимметричном давлении от песчаного прессиометра // Научный вестник СамГУ. №5(117), 2019. С.100-104 (01.00.00; №2).

4. Хасанов А.З., Хасанов З.А., Набиева Н.А., Хасанов Ж.А. Решение задачи распространения напряжений в грунтах при воздействии на скважину осесимметричных радиальных эффективных напряжений // Узбекский журнал “Проблемы механики”. 2019, №4, С.59-62. (01.00.00; №4).

5. Хасанов А.З., Набиева Н.А. Результаты модельных лотковых экспериментов песчаного прессиометра и методы определения деформационных характеристик грунтов // Проблемы архитектуры и строительства. №4, 2019. (05.00.00; № 14.).

6. Хасанов А.З., Хасанов З.А., Қурбонов Б., Набиева Н.А., Тошмуқимов Б., Саматов А. Определение критической нагрузки на поверхности прямолинейного откоса // Узбекский журнал “Проблемы механики”. 2020, №4, С.12-14. (01.00.00; №4).

7. N.A. Nabieva “TESTING A SAND PRESSIOMETER IN MODEL AND NATURAL CONDITIONS” International Scientific Journal ISJ Theoretical & Applied Science Philadelphia, USA issue 08, volume 88 published August 30, 2020. (05.00.00; № 17.).

8. N.A. Nabieva “The Results Of The Study Of The Pressiometer In The Engineering-Geological Conditions Of Uzbekistan”. International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT) ISSN: 2509-0119. © 2021 International Journals of Sciences and High Technologies <http://ijpsat.ijshjournals.org> Vol. 24 No. 2 January 2021, pp. 453-459. (05.00.00; № 17.).

II бўлим (Part II; II часть)

9. Хасанов А.З., Хасанов З.А., Набиева Н.А. Результаты определения деформационных характеристик грунтов в полевых условиях прессиометром конструкции “Геофундаментпроект” // IV международная научно-

практическая молодежная М 43 конференция по геотехнике: сборник материалов /отв. ред. Я.А.Прозин. – Тюмень: ТИУ, 2018. 92-98 с.

10. Хасанов А.З., Хасанов З.А., Набиева Н.А. Определение деформационных характеристик грунтов в полевых условиях песчаным прессиометром конструкции «Геофундаментпроект» // “Деформацияланувчан қаттиқ жисмлар механикаси” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани маърузалар тўплами. 1-жилд, 2018 йил, 25 октябрь, Тошкент. 351-356 б.

11. Хасанов А.З., Хасанов З.А., Набиева Н.А. Результаты определения деформационных характеристик грунтов в полевых условиях прессиометром конструкции “Геофундаментпроект” // “Ўзбекистонда геотехника муаммолари ва уларнинг замонавий ечимлари” Республика илмий-амалий анжумани материаллари. 2018 йил, 16-17 апрел, Тошкент. 32-36 б.

12. Хонкелдиев М.М., Набиева Н.А. Геологическая характеристика и литологическое строение лессовых просадочных пород Самарканда // “Ўзбекистонда геотехника муаммолари ва уларнинг замонавий ечимлари” Республика илмий-амалий анжумани материаллари. 2018 йил, 16-17 апрел, Тошкент. 128-133 б.

13. Хасанов А.З., Набиева Н.А. Методы полевых исследований грунтов и выбор основных параметров рабочего органа песчаного прессиометра конструкции “Геофундаментпроект” // “Ўзбекистон Республикасида архитектура шаҳарсозлик ва дизайнни модернизациялаш ҳамда инновацион ривожлантириш муаммолари ва ечимлари” мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси материаллари. Самарканд ш., СамДАҚИ, 17-18 апрел 2019 йил. 191-194 б.

14. Хасанов А.З., Хасанов З.А., Набиева Н.А., Хасанов Ж.А. Теоритическое решение задачи распространения напряжений в грунтах при воздействии на скважину осесимметричных радиальных эффективных напряжений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, Т.10, №4. 2019. С. 51-59.

Автореферат Самарқанд давлат университетининг
“СамДУ илмий тадқиқотлар ахборотномаси” журнали таҳририясида
таҳрирдан ўтказилди. (17.08.2021 йил).

2021 йил 30 августда босишга рухсат этилди:
Офсет босма қоғози. Қоғоз бичими 60×84_{1/16}.
“Times” гарнитураси. Офсет босма усули.
Ҳисоб-нашриёт т.: 3,06. Шартли б.т. 2,3.
Адади 100 нусха. Буюртма № 27/08.

СамДЧТИ нашр-матбаа марказида чоп этилди.
Манзил: Самарқанд ш, Бўстонсарой кўчаси, 93.