

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ АРХИТЕКТУРА - ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**КУРБАНОВ БАХОДИР ИРКИНОВИЧ**

**ЎЗБЕКИСТОННИНГ ИНЖЕНЕРЛИК–ГЕОЛОГИК ШАРОИТИДА  
БИНО ВА ИНШОТЛАР АСОСЛАРИНИ БАРПО ЭТИШДА  
ВЕРТИКАЛ АРМОЭЛЕМЕНТЛАР (ВАЭ) ИШЛАШИНИ ТАДҚИҚ  
ЭТИШ**

**05.09.02 - Асослар, пойдевор ва ер ости иншоотлари. Кўприklar ва  
транспорт тоннеллари. Йўллар, метрополитенлар**

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

**Самарқанд – 2021 йил**

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

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

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

**Курбанов Баходир Иркинович**

Ўзбекистоннинг инженерлик–геологик шароитида бино ва иншоотлар асосларини барпо этишда вертикал армоэлементлар (ВАЭ) ишлашини тадқиқ этиш..... 3

**Курбанов Баходир Иркинович**

Исследование работы вертикальных армоэлементов (ВАЭ) при возведении оснований зданий и сооружений в инженерно-геологических условиях Узбекистана..... 24

**Kurbanov Bakhodir Irkinovich**

Research work of vertical armoelements (VAE) in the construction of foundations of buildings and structures in the engineering and geological conditions of Uzbekistan..... 44

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ

List of published works.....49

**ТОШКЕНТ ДАВЛАТ ТРАНСПОРТ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**САМАРҚАНД ДАВЛАТ АРХИТЕКТУРА - ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ**

**КУРБАНОВ БАХОДИР ИРКИНОВИЧ**

**ЎЗБЕКИСТОННИНГ ИНЖЕНЕРЛИК–ГЕОЛОГИК ШАРОИТИДА  
БИНО ВА ИНШОТЛАР АСОСЛАРИНИ БАРПО ЭТИШДА  
ВЕРТИКАЛ АРМОЭЛЕМЕНТЛАР (ВАЭ) ИШЛАШИНИ ТАДҚИҚ  
ЭТИШ**

**05.09.02 - Асослар, пойдевор ва ер ости иншоотлари. Кўприklar ва  
транспорт тоннеллари. Йўллар, метрополитенлар**

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

**Самарқанд – 2021 йил**

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси  
Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация  
комиссиясида В2020.4.PhD/Т2007 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институтида бажарилган.  
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш  
веб-саҳифасида ([www.tstu.uz](http://www.tstu.uz)) ва «Ziyounet» Ахборот-таълим порталида ([www.ziyounet.uz](http://www.ziyounet.uz))  
жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Хасанов Аскар Забневич**  
техника фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Юлдышев Шарафитдин Сайфитдинович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Каюмов Абдубаки Джалилович**  
техника фанлари доктори, профессор

**Етакчи ташкилот:**

**Тошкент архитектура ва қурилиш  
институтини**

Диссертация ҳимояси Тошкент давлат транспорт университети ҳузуридаги илмий  
даражалар берувчи DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил  
- 11 - 12 сент 1230 даги мажлисида бўлиб ўтди. (Манзил: 100167, Тошкент,  
Одилхожаев кўчаси 1-уй. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru)).

Диссертация билан Тошкент давлат транспорт университети Ахборот-ресурс  
марказида танишиш мумкин 044 рақамли билан рўйхатга олинган). (Манзил: 100167,  
Тошкент, Одилхожаев кўчаси 1-уй. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail:  
[tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru)).

Диссертация автореферати 2021 йил "29" 11 кунини тўқатирилган.  
(2021 йил "30" 10 даги 8 рақамли реестр баёъномаси).



**А.А. Рискүлов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

**Р.М. Худайкулов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш котиби, PhD, доцент

**С.И. Садиков**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қотибидаги Илмий семинар  
раиси, т.ф.д., профессор

## **Кириш (Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда, техника ва қурилишнинг турли соҳаларида илмий изланишлар натижаларини амалиётга татбиқ этиш, қурилишнинг самарадорлиги ва сифатини ошириш шунингдек, бино ва иншоотлар пойдеворларининг нотекис чўкишини, уларнинг пойдевори остидаги лёсс ва лойли грунтларнинг ўта чўкувчанлигини, бино ва иншоотлар пойдеворларининг бикрлигини оширишга қаратилган сарф-харажатларни камайтириш усуллари ва технологияларини қўллаш етакчи ўринлардан бирини эгалламакда. Дунё миқёсида, жумладан АҚШ, Европа, Россия Федерацияси каби ривожланган мамлакатларда ушбу ишларни амалга оширишда иқтисодий тежамкор технологияларни қўллашга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Мамлакатимизда ҳам ушбу муаммоларнинг ечимини топишда замонавий усуллар ва технологияларни ишлаб чиқишни ва амалиётга кенг жорий этишни тақозо этади. Шу жиҳатдан бино ва иншоотлар пойдеворларининг нотекис чўкишини ва ўта чўкувчан грунтларнинг ўта чўкувчанлигини камайтириш, шунингдек бино пойдеворларининг бикрлигини ошириш ва сарф-харажатларни камайтиришда иқтисодий тежамкор технологиялардан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда кўп қаватли бино ва иншоотлар қурилишида асосларни мустаҳкамлашга алоҳида эътибор берилмоқда. Шу жумладан, мамлакатимиздаги йирик шаҳарлар ҳудудларида маданий грунт қатлами кенг тарқалганлигини ҳисобга олсак, бино ва иншоотлар асосини мустаҳкамлаш ишлари катта муаммо бўлиб қолмоқда. Шаҳар ҳудудларида қурилиш майдонларининг чегараланганлиги сабабли, чуқур хандаклар қазиш имкони йўқлигини эътиборга олиб, ушбу муаммоларни ечимини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, юқордаги муаммоларни ечишда ВАЭларни қўллаш самарали ҳисобланади. Юқорида келтирилган ҳолларда амалиётда кенг қўлланилиб келинаётган зичланган грунт қатламлари усулини амалга ошириш мумкин бўлмай қолади. Бундай ҳолларда бино ва иншоотлар асосларини ВАЭлар билан мустаҳкамлаш мақсадга мувофиқ ва иқтисодий жиҳатдан тежамкор ҳисобланади. Мамлакатимиздаги йирик шаҳарлар ҳудудларида бино асосларини мустаҳкамлаш учун янги усуллар ва технологияларни ишлаб чиқишга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда қурилиш соҳасидаги ер ишларини амалга оширишда иқтисодий тежамкор ва ишончли технологияларни ишлаб чиқиш ва амалиётга татбиқ этиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмакда. 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 ...»<sup>1</sup> бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларни амалга оширишда, жумладан, бино ва иншоотларнинг асос (нол) қисмини барпо этишда иқтисодий тежамкор ва ишончли механизациялашган усулларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси” тўғрисидаги Фармони, 2017 йил 18 апрелдаги ПҚ-2900-сон “Ўзбекистон Республикаси уй-жой коммунал хизмат кўрсатиш вазирлиги фаолиятини ташкил этиш тўғрисида”ги, 2017 йил 2 июндаги 340-сон “Ўзбекистон Республикаси уй-жой коммунал хизмат кўрсатиш вазирлиги, кўп хонадонли уй-жой фондидан фойдаланишни назорат қилиш инспекцияси ҳамда “Коммуналхизмат” Агентлиги тўғрисидаги низомларни тасдиқлаш ҳақидаги”, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 1 майдаги ПҚ-5030-сон “Архитектура ва қурилиш бўйича Ўзбекистон Республикаси Давлат фаолиятини тубдан ривожлантириш тадбирлари” ҳақидаги, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 2 февралдаги ПҚ-3502-сон “Аҳоли яшаш пунктларини 2018-2022 йилларда бош режалар билан таъминлаш тадбирлари, лойиҳалаш ташкилотлари фаолиятини яхшилаш ва шаҳарсозликда қурилиш сифатини ошириш”га оид қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг XIV «Сейсмология, бинолар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиш» устувор йўналиши доирасида бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Горизонтал ва вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослар ва пойдеворлари бирга ишлашини тадқиқ этиш соҳаси бўйича ривожланган давлатларда кўплаб олимлар илмий изланишлар олиб борган. Жумладан, ривожланган давлатларда кенг тадқиқотлар олиб борган олимлар: ASTM, Bush, D.I, Gray, D.H Zornberg, J.G., Consoli, N.C, Pei Chen, Russell Jones, G. M. Swift, Juan Juan Wang, Jun, Tao Deng, Rui E. Li. МДХ давлатларида ушбу муаммо юзасидан илмий изланишлар олиб борган олимлари: Т.М.Мирсаяпов, А.З.Хасанов, Л.В.Нуждин, А.И.Полищук, В.Р.Мустакимов, А.О.Попов, А.Б.Паномарев, А.Ж.Жусупбеков ва бошқалар. Мамлакатимизда бу соҳада “Геофундаментпроект”, УзГАШКЛИТИ, “Қишлоққурилишлойиҳа” МЧЖлар ва бошқа илмий-тадқиқот корхоналарида тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Мамлакатимизда бино асосларини вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамлаш усули билан бино ўта чўкувчан грунтли асосларининг нотекис

---

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

чўкишини камайтириш 2000 йилдан қўлланилиб келинмоқда. Мутахассисларнинг таъкидлашича бино ва иншоотлар асосларни мустаҳкамлаш, ўта чўкувчан грунтларнинг чўкувчанлигини камайтириш, пойдеворларининг нотекис чўкишининг олдини олиш, бино ва иншоотлар асос қисмини барпо этиш ишларини модернизация қилиш ва арзонлаштириш ҳамда асос грунтларини мустаҳкамлаш муаммоларини ечишда вертикал армоэлементлардан кенг фойдаланиш кўзда тутилган. ВАЭлар билан мустаҳкамланган асосларда бино ва иншоотлар чўкишини ҳисоблаш ва уларни пойдеворлар билан биргаликда ишлашини, сейсмик демпфер қатламини бино тебранишларига таъсирини камайтиришга қаратилган ҳисоб моделларининг илмий ечимларини ишлаб чиқиш катта амалий аҳамиятга эга.

**Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий-тадқиқот ишлар режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқоти Самарқанд давлат архитектура-қурилиш институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг 28.09.2017-2 “Замонавий бино, иншоотлар қурилиши технологияларини, замонавий меъёрий, иқтисодий асосларини ишлаб чиқиш, баҳолаш ва фавқулодда вазиятларда қутилмаган зарарни камайтириш усулларини тадқиқ этиш” (2017-2021) мавзусидаги илмий-тадқиқот ишлари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** турли инженерлик-геологик шароитида бино ва иншоотлар асосларини мустаҳкамлашда турли технологиялар билан бир қаторда ВАЭлар билан мустаҳкамланган асосларни барпо этиш, уларнинг юк кўтара олиш қобилиятини аниқлаш, ВАЭлар билан атроф грунт массивининг биргаликдаги ишлаши ва бундай асослар билан пойдевор конструкцияларини биргаликда ишлаш контакт моделини ишлаб чиқиш ва сейсмодемпер масалаларини такомиллаштиришдан иборат.

#### **Тадқиқотнинг вазифалари:**

турли инженерлик-геологик шароитда сунъий мустаҳкамланган асослар барпо этишда ВАЭлар технологияларини ишлаб чиқиш ва бу усулни такомиллаштириш;

ҳар ҳил технологиялар билан барпо этилган ВАЭлар материалларининг оптимал таркибини ва уларнинг юк кўтара олиш қобилиятини аниқлаш;

ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослар ва пойдеворларнинг контакт моделини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш ҳамда ВАЭларнинг силжишга қаршилигини аниқлаш;

ВАЭларни барпо этиш технологияси, материали, геометрик хусусиятлари, грунтнинг физик ва механик хусусиятларини эътиборга олиб, ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворлар чўкишини ҳисоблаш усулини такомиллаштириш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида республикамиз ҳудудидаги ҳар ҳил асосларда, турли хил материаллардан барпо этилган ВАЭлар олинган.

**Тадқиқот предмети** ВАЭлар билан мустаҳкамлаган асосларнинг мустаҳкамлиги, деформацияларини ўрганиш, бино ва иншоотлар пойдеворларининг эгилишини аниқлаш ҳисобланади.

**Тадқиқот усуллари.** Тадқиқот жараёнида экспериментал ва назарий натижаларни тизимли таҳлили, грунтлар механикасининг фундаментал қонун-қоидалари ва экспериментни математик режалаштириш усулларидадан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйдагилардан иборат:

лабораторияда олиб борилган тажрибалар асосида, қориштириш технологияси бўйича грунт-цементли вертикал армоэлементларни барпо этиш учун тайёрланадиган грунт-цементли қоришманинг оптимал таркиби аниқланган;

натуравий тажрибалар асосида, вертикал армоэлементларнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва чўкишини аниқлашга қаратилган ҳисобий схема ҳамда математик ифодалар ишлаб чиқилган;

моделли тажрибалар асосида, вертикал армоэлементларнинг чўкиши ва улар орасидаги масофаларнинг пойдевор эгилиши ва зўриқишлар қийматларига таъсири аниқланган ҳамда уларни ҳисоблашга қаратилган механик модел таклиф этилган;

вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослар ва пойдеворлар контакт ҳудудидаги қумли демпфер қатламининг горизонтал критик кучларига қаршилигини аниқлашга қаратилган математик ифода ишлаб чиқилган ва силжиш шарти аниқланган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйдагилардан иборат:

вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослардаги бино ва иншоотлар пойдеворларининг нотекис чўкишини 2,5-3,0 марта камайтирилишига эришилган;

ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдевор эгилишининг 2,5-3,0 марта камайиши ҳисобига пойдевор конструкцияси бикрлигини ошириш учун сарфланадиган материаллар сарфи 10-12 % тежалишига эришилган;

вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослар ва пойдеворлар контакт ҳудудидаги қумли демпфер қатлами комплексини қўллаш орқали қурилиш майдонинг сейсмиклигини 1 баллга камайтиришга эришилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** математик статистика усуллари қўлланилганлиги ва олинган натижалар, реал экспериментлардан олинган натижалар билан таққослаш орқали асосланган. Олинган натижаларнинг ишончлилиги экспериментал натижалар билан таққосланган ва уларнинг эксплуатация жараёнида узок вақт давомида кузатиш натижалари билан исботланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти ВАЭлар билан мустаҳкамланган асосларда пойдеворлар чўкишини ҳисоблаш ва лойиҳалашда асослардан максимал фойдаланиш имконини берувчи механик модел ва математик формулалардан фойдаланилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ВАЭларнинг силжишга қаршилигини ҳисобга олиб, контакт масалани ечиш ва пойдеворлар эгилишини аниқлаш билан изоҳланади.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** ВАЭларни барпо этиш усули такомиллаштириш, уларнинг юк кўтара олиш қобилиятини ҳисоблаш ҳамда вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларни чўкишини ҳисоблаш бўйича олинган натижалар асосида:

вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларни ҳисоблаш ифодалари ва моделлари “Геофундаментпроект” МЧЖ лойиҳалаш институтида бино ва иншоотлар пойдеворларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш жараёнига жорий қилинган (“Ўзбекистон республикаси Қурилиш Вазирлиги”нинг 2021 йил 17 сентябрдаги № 09-06/10707-сонли маълумотномаси). Натижада вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдевор плиталарини эгилишининг камайиши ҳисобига пойдевор бикирлигини оширишга қаратилган арматура сарфи камайиши ҳисобига пойдевор қуриш учун сарф-харажатлар 10-12 % га камайтирилган;

вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асосларни барпо этиш усули “Қишлоққурилишлойиҳа” МЧЖда бино асосларини лойиҳалаш жараёнида жорий қилинган (“Ўзбекистон республикаси Қурилиш Вазирлиги”нинг 2021 йил 17 сентябрдаги № 09-06/10707-сонли маълумотномаси). Натижада маданий грунт кенг тарқалган йирик шаҳар ҳудудлардаги бино асосларини мустаҳкамлашда, анъанавий қатламлаб зичлаш усули ўрнига вертикал армоэлементларни қўллаш орқали сунъий асосларни тайёрлашда кетадиган умумий сарф-харажатлар 10 % га камайган;

бино ва иншоотлар асосларини вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамлаш усули “O’ZGAShLITI” ДУКда бино асосларини лойиҳалаш жараёнида жорий қилинган (“Ўзбекистон республикаси Қурилиш Вазирлиги”нинг 2021 йил 17 сентябрдаги № 09-06/10707-сонли маълумотномаси). Натижада бино ва иншоотлар асосларини тайёрлашда вертикал армоэлементларни барпо этишнинг қориштириш технологиясини қўллаш орқали сарф-харажатлар 10 % га камайтирилган;

ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослар ва пойдеворларнинг биргаликда ишлашига таъсир этувчи омиллар аниқланиб, ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларни лойиҳалаш бўйича қўлланма қайта тайёрланган ва Ўзбекистон Республикаси Қурилиш Вазирлиги томонидан тасдиқланган (Ўзбекистон Республикаси Қурилиш вазирлигининг Техник кенгаши йиғилиши 18-2021-сонли баённомаси (23.08.2021)) ва чоп этишга рухсат берилган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Мазкур тадқиқот натижалари - 5 та халқаро (жумладан, 1 та хорижий) ва 4 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 10 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 6 та илмий мақола, жумладан, 5 таси республика нашрларида, 1 таси хорижий журналларда чоп этилган.

**Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми.** Диссертация кириш, учта боб, хулосалар, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 119 бет.

## 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, вазибалари, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Бино ва иншоотлар асос грунтларини мустаҳкамлаш ва ҳисоблашнинг мавжуд усулларининг таҳлили”** деб номланувчи биринчи бобида адабиёт манбалари асосида қурилишда лёсс ва лёссимон ўта чўкувчан грунтларнинг хусусиятлари, грунтларни вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамлашнинг шаклланиши ва ривожланиши, грунтларни вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамлаш технологияси ва усуллар ва вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асос грунтларини ҳисоблашнинг мавжуд усуллари таҳлил этилган.

Лёсс ва бошқа бўш, сувга тўйинган, кўп сиқилувчан ҳамда кам зичланган кумли ва тўкма грунтларда бино ва иншоотлар қуришда, грунтларнинг кўшимча намланиши таъсирида ўта чўкувчанлик содир бўлиб, бино ва иншоотларнинг авария ҳолатига келишига сабаб бўлади. Бу ҳолларда лёсс, тўкма грунтларнинг ўта чўкувчанлигини камайтиришга тўғри келади. Бино ва иншоотлар пойдевори остидаги асосларни сунъий барпо этиш чораларидан бири бу, грунтларни оптимал намлаб қатламлаб зичлаш ҳисобланади. Грунтларни оптимал намлаб қайта зичлашда, мамлакатимиз ҳудудидаги шаҳарларда 6 м чуқурликгача шаҳар маданий қолдиқлари аралашмали грунтлар мавжудлиги сабабли, қурилиш майдонларидаги грунтларни ўзини қайта зичлаш ҚМҚ 3.02.01-97 бўйича рухсат берилмайди. Бундан ташқари шаҳарларда қурилиш майдонларининг чегараланганлиги туфайли грунтларни оптимал намлаб зичлаш учун маълум вақт сақлаш учун имкониятлар мавжуд эмас. Шу сабабли Самарқанд, Тошкент ва бошқа вилоятларда грунтларни армоэлементлар билан мустаҳкамлаш кенг қўлланилади.

Асосларни ВАЭлар билан мустаҳкамлаш - бу бино пойдевори билан кум қатлами орқали контакт қилувчи, асосан доира кесимли, бикир, узун вертикал элементларни яратиш технологияси. Кумли қатлам бўйлама эгувчи моментларни вужудга келишига имкон бермайди ва зилзиладан ҳимояловчи демпфер каби ишлайди.

Бизнинг фикримизча, ВАЭларнинг қозикли пойдеворлардан асосий фарқи қуйидагилардан иборат:

- темирбетон қозиклар ростверк билан бирга бино ёки иншоотлар остида ягона (яхлит) пойдеворни ташкил қилади;

- қозикли пойдеворларни ҳисоблашда ташқи юклар фақат қозикларда тарқатилади;

- грунтли, грунт-цементли ва бетонли ВАЭлар конструкция ҳисобланмайди, улар асосларни мустаҳкамловчи элементлар яъни, арматуралаш вазифасини бажаради;

- ВАЭлар, темирбетон қозикли пойдеворлардан фарқли ўлароқ эгувчи моментга ишламайди ҳамда кучланишни катта ҳажмдаги грунт массивида қайта тақсимлайди (перераспределять);

- ВАЭлар пойдевор остидаги асос грунтлардаги контактли кучланишни бошқаришга (регулировать) имкон беради, пойдеворларнинг эгилишини ва улардаги зўриқишларни камайтиради ҳамда пойдевор остидаги асосларнинг силжишга қаршилигини (бикирлигини ёки юк кўтара олиш қобилиятини) оширади;

- ВАЭлар ишлаш шароитига кўра, қозикли пойдеворларга ўхшаб устун ва осма қозикларга бўлинмайди;

- ВАЭлар қозикли пойдеворларга нисбатан кам мустаҳкамликга эга, қозикли пойдевор билан солиштирганда, юмшоқроқ (податливые) (ВАЭ мустаҳкамлиги грунт мустаҳкамлигидан юқори, лекин қозикнинг мустаҳкамлигидан паст).

Грунтларни ВАЭлар билан мустаҳкамлашнинг қуйидаги технологиялари ва усуллари мавжуд:

Грунтларни ВАЭлар билан мустаҳкамлаш технологиялари:

- скважина ва шурфларда грунтни зичлаш технологияси;

- скважина ва шурфларни бетонлаш технологияси;

- бурғилаб грунт билан боғловчиларни аралаштириш технологияси (буромесительная);

- катта босим остида цементли ёки бошқа мустаҳкамловчи қоришмаларни пуркаш технологияси (инъекционная или струйная);

- катта босим остида мустаҳкамловчи материалларни пуркаб-бурғилаб аралаштириш технологияси ва бошқа технологиялар мавжуд.

Грунтларни мустаҳкамлаш усуллари:

- грунтларни цемент ёрдамида мустаҳкамлаш;

- грунтларни суюқ шиша ( $\text{NaSiO}_2$ ) ёрдамида мустаҳкамлаш;

- грунтларни сўндирилган оҳак ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) ёрдамида мустаҳкамлаш;

- грунтларни бошқа ишқорли моддалар ( $\text{Na(OH)}_2$ ) билан мустаҳкамлаш,

- грунтларни қиздириш орқали мустаҳкамлаш;

- бошқа усуллар билан мустаҳкамлаш.

Грунтларнинг турига, бино ва иншоотларнинг қаватлари сонига, конструктив ечимига, ер ости сувларининг сатҳига ва бошқа маълумотлар

асосида грунтни ВАЭлар билан мустаҳкамлаш технологиялари ва усуллар танланади.

Танланган технология ва усуллар асосида грунтларни мустаҳкамлашда, ВАЭларнинг диаметри, чуқурлиги, материал мустаҳкамлиги, ВАЭнинг атрофидаги грунт билан ишлаш шароити ва бошқа омиллари бир-биридан фарқ қилади. ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларнинг чўкиши ва эгилишини ҳисоблашда юқорида келтириб ўтилган омиллар таъсирини эътиборга олиш лозим. Мисол А.И. Полищук ишларида ВАЭнинг юк кўтара олиш қобилиятини аниқлашда, ВАЭнинг ташқи сирти ва улар атрофидаги грунтларнинг ўзаро ёпишиш (прилипания) шароити бўйича таҳлили тўлиқ келтирилган. Унинг тавсияси бўйича ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилияти худди қозикларнинг юк кўтара олиш қобилияти каби аниқланар экан ва қўйида келтирилган тенглама кўринишида ифодаланган:

$$F_u = R_s A + \gamma_{sf} f h_u \quad (1)$$

бу ерда  $R_s$  – ВАЭ пастки қисми остидаги грунтнинг ҳисобий қаршилиги, кПа;  $A$  - вертикал армоэлементнинг кўндаланг қасим юзаси,  $m^2$ ;  $\gamma_{sf}$  - вертикал армоэлемент ён сирти атрофидаги грунтнинг ишлаш шароитини ҳисобга олувчи коэффициент;  $f$  - вертикал армоэлемент кесиб ўтган қатлам билан вертикал армоэлемент ён сирти орасидаги ишқаланиш кучи;  $h_u$  - вертикал армоэлемент кесиб ўтган грунт қатламининг қалинлиги, м.

$R_s$  ва  $f$  ларнинг қиймати, свайли пойдеворни ҳисоблашдагидан фарқли ўлароқ дала шароитида статик зондлаш натижалари орқали аниқланади (СП24.13330.2011 Свайные фундаменты).

Бетонли, грунт-цементли ва бетонли-грунтцементли (комплексли) ВАЭларда олиб борилган, кўп сонли тажрибалар шуни кўрсатдики, уларнинг юк кўтара олиш қобилияти ҳисобланганда вертикал силжишлар 2-3 см дан ошмайди. Бир хил (турдаги) грунтли шароитларда олиб борилган эксперимент натижалари таҳлилига асосан, ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва улар орасидаги масофаларни қуйидаги (2, 3) формулалар орқали аниқлаш мумкин:

$$F_d = \frac{A * L * k}{m} \quad (2)$$

$$L_{ВАЭ} = \frac{F_d - A * p_{sl}}{q - p_{sl} * B} \quad (3)$$

бу ерда  $A$  - ВАЭнинг кўндаланг қесим юзаси,  $m^2$ ;  $L$  – ВАЭнинг узунлиги, м;  $k$ ,  $m$  – ВАЭларни барпо этиш технологияси ва ВАЭ атрофидаги грунтнинг турига боғлиқ ҳолда қабул қилинган коэффициентлар. Бу коэффициентлар грунтнинг турига қараб, ўтказилган тажрибалар асосида аниқланади. Мисол учун, Ўзбекистондаги бир-хил турдаги лёссли грунтлар учун, кўп марталик тадқиқотлар асосида  $k$  ва  $m$  коэффициентларининг қиймати қуйидагига тенг:  $k = 0,5$  ва  $m = 0,003 \text{ м}^3/\text{кН}$ ;  $p_{sl}$  – грунтнинг бошланғич чегаравий босими ёки ҳисоби қаршилиги ( $R$ ), кПа;  $q$  – ростверкга таъсир этувчи текис тарқалган ташқи юк кН/м ва  $B$  – ростверкнинг эни, м.

Олиб борилган адабиётлар таҳлилидан шу маълумки ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва чўкишини аниқлашда, ВАЭ ва грунтлар контакт худудининг ишлаш шароити эътиборга олинмаган. Бу шароит ВАЭларнинг барпо этиш технологиясига боғлиқ. Мисол учун бурғулаб аралаштириш (смесительной) ва струйли (струйной) технологияларида бу контакт худуди шувалган ҳолатда бўлаи шу сабабли грунт массивига деформация модули келтирилган ягона массив сифатида қаралади. Бу ҳолда зарралараро боғланиш кучининг таъсир даражаси ортади.

Контактли реактив куч моделида ВАЭлар ростверкларини ҳисоблашда мувозанат шартидан келиб чиқиб икки хил бикирликдаги асослардан фойдаланилади. ВАЭ конструкциясининг ўзига чизиқли эластик коэффициентини  $K$  бўлган таянчлар сифатида қаралади ва ВАЭлар орасидаги майдон Винклер моделидаги эластиклик коэффициентини  $C$  деб характерланади. Биринчи кўрсаткич ўқ кучининг чўкишга нисбати орқали аниқланса, иккинчи кўрсаткич эса асоснинг келтирилган деформация модули орқали аниқланади. Демпфер қатламининг модели пластик қонунга бўйсунди, яъни грунтларнинг силжишга қаршилиги орқали ҳисобланади. Бу ерда асосий кўрсаткич грунтларнинг (қумли қатламнинг) ички ишқаланиш бурчаги ҳисобланади. ВАЭларнинг грунт билан бирга ишлашида бўш грунтли асосларда нисбатан мустаҳкамроқ стерженлар жойлаштирилган тизимдак қаралади. ВАЭнинг ўзи ҳисобий юк тасирида сиқилмайди, эгилмайди ва кучланишларини тарқатувчи элемент сифатида хизмат қилади, шунинг ҳисобига улар атрофидаги грунтларнинг сиқилиши камади. Бундан ташқари ВАЭлар ва улар атрофидаги грунтларга яхлит массив сифатида қаралади.

Замонавий геотехника амалиётида, инженерлик ҳисоблаш усули билан бир қаторда, вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асосларнинг чекли элемент ҳисоб усули ҳам алоҳида ўрин тутди. Бу ҳолда, текисликдаги масалани ечишда бўйлама қатордаги ВАЭлар шартли равишда грунтдаги девордек қабул қилинади ва шу билан бирга девор орасидаги грунтларга ҳам ҳар хил деформация модулли (деформация модули ва ён томонга босим коэффициентини) массив сифатида қаралади. Ҳисоблашнинг бу усули деформация моделини билдиради ва мустаҳкамловчи армоэлемент материалининг силжишга қаршилигини ҳисобга олмайди. ВАЭларнинг грунтлардаги мустаҳкамлик чегараси свайли пойдеворларни ҳисоблаш усули каби ҳисобланади. ВАЭлар материалларининг мустаҳкамлик чегараси уларни бир ўқ бўйича сиқилишдаги ҳисобий қаршилиги бўйича қабул қилинади.

ВАЭлар, свайли пойдеворлардан фарқли ўлароқ ташқи юкларни қум қатламидан ташкил топган демпфер орқали қабул қилади. Шу сабабли ростверкларни юклаганда, пойдевор остидаги грунтларнинг юк кўтара олиш қобилияти тўлиқ ишга тушади, ВАЭлар эса силжиш босқичида ишлай бошлайди.

А.О. Поповнинг фикрича бир жинсли грунт шароитидаги, қозикли пойдеворлар ва ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларда олиб борилган тадқиқот натижалари ва олдинги маълумотлар асосидаги

аналитик ҳисоблар шуни кўрсатдики, ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларнинг юк кўтара олиш қобилияти, қозикли пойдеворларга нисбатан баъзи ҳолларда 1,28 мартага ортиқ ва ҳисобий чўкиш киймати 1,7 мартагача кам.

А.О. Поповнинг назариясига асосан, пойдеворларнинг деформацияси ташқи юклар таъсирида пойдевор товони остида грунтларнинг зичланиши натижасида ҳосил бўладиган ядро шаклига ва бурчагига боғлиқ бўлар экан. ВАЭлар билан мустаҳкамланган асосларнинг ядросининг бурчаги кичик, шу сабабли уларнинг деформацияси нисбатан кичик бўлади. Бу I чегаравий ҳолатга (устуворликка) тегишли. Бизларнинг илмий изланишларимиз эса II чегаравий ҳолат бўйича олиб борилишига қаратилган.

Т.И. Мирсаяпов ва В.Р. Мустақимовлар томонидан олиб борилган илмий тадқиқотлар асосида ВАЭлар билан мустаҳкамланган грунтларнинг нисбий ўта чўкувчанлигини аниқлаш формуласини ишлаб чиқилган:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{\left( \frac{\sigma_{zg} + \sigma_{zp}}{E_{gp}} \right) * \left( 1 + \frac{\delta * t^{1-\alpha_0}}{1-\alpha_0} \right)}{\left( \frac{E_{aэ} * k_l}{E_{gp}} + \frac{1}{\mu} \right) * \mu} \quad (4)$$

бу ерда  $\sigma_{zg}$  – грунтнинг хусусий оғирлигидан тарқаладиган кучланиш, кПа;  $\sigma_{zp}$  – ташқи юкдан вужудга келадиган кучланиш, кПа;  $E_{gp}$  – грунтнинг деформация модули, кПа;  $\delta$ ,  $\alpha_0$  – эксперимент асосида аниқланадиган коэффициентлар, ( $0 < \alpha_0 < 1$ );  $t$  – грунтни сувга тўйинтириш вақти, сут;  $E_{aэ}$  – армоэлементнинг эластиклик модули, кПа;  $k_l$  – коэффициенти;  $\mu$  – арматуралаш коэффициенти.

Ушбу нисбий ўта чўкувчанликни аниқлаш (4) формуладан фойдаланиб ВАЭ билан мустаҳкамланган ўта чўкувчан грунтларнинг ўта чўкувчанлиги кўйидаги (6) формула ёрдамида аниқланади

$$S_{sl} = \varepsilon_{sl} * h * k_{sl} \quad (5)$$

бу ерда  $h$  – ўта чўкувчан қатлам қалинлиги, мм;  $k_{sl}$  – ўта чўкувчан қатлам қалинлигига боғлиқ бўлган коэффициент.

В.Р. Мустақимов лотокда олиб борилган тадқиқот натижалари ва назарий ҳисоблашлар натижалари асосида уларнинг фарқини инобатга олиб (5) ифодага қуйидаги тўғирлаш коэффициентини (6) киритган:

$$K_{m\ddot{y}z} = \varepsilon_{sl}^{эк} / \varepsilon_{sl}^{наз} \quad (6)$$

ва натижада (5) формула қуйидаги кўринишга келади:

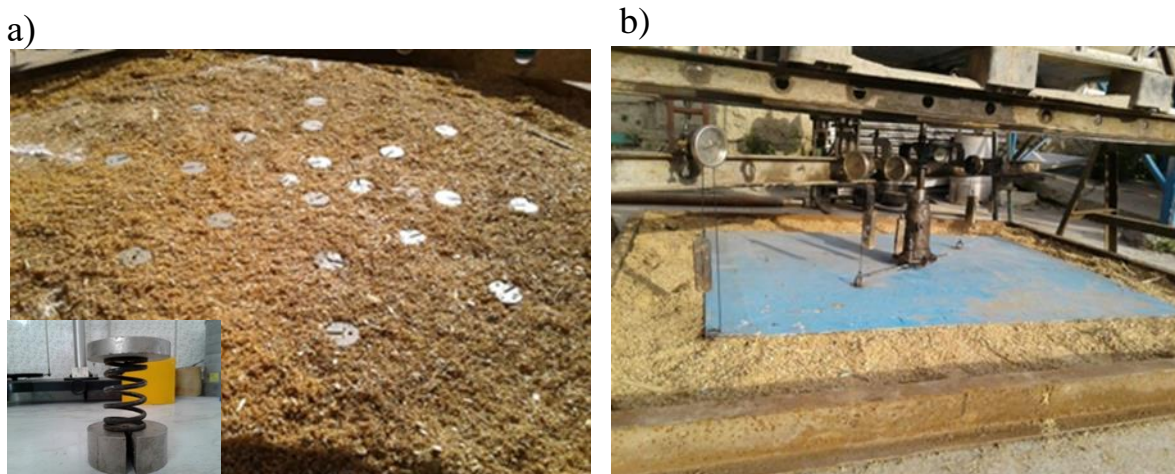
$$S_{sl} = K_{m\ddot{y}z} * \varepsilon_{sl} * h * k_{sl} \quad (7).$$

Ушбу назарияни ишлаб чиқишда В.Р. Мустақимов дала шароитида тажриба олиб бормаган. Ушбу (5) формула ва ( $K_{m\ddot{y}z}$ ) коэффициентларни дала шароитида олиб борилган эксперимент натижалари билан текшириш мақсадга мувофиқ бўлар эди.

Диссертациянинг “Вертикал армоэлементларнинг юк кўтариш қобилиятини ва силжишга қаршилигини аниқлаш ҳамда уларни пойдеворлар эгилишига таъсирини аниқлаш бўйича эксперимент натижалари” деб номланувчи иккинчи бобида ВАЭларнинг ишлашини тадқиқ этиш мақсадида, мустаҳкамлиги паст ва ВАЭлар билан мустаҳкамланган асосларда, плитали пойдеворларнинг марказий таъсир этадиган тўпланган юклар таъсиридаги чўкиши ва эгилиши моделларда тадқиқ этилган. Булардан ташқари, ҳар хил инженерлик-геологик шароитларда, турли геометрик ўлчамларга эга бўлган ва материаллардан барпо этилган ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятлари тадқиқ этилган (4-7-расмлар).

ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослар ва пойдеворларнинг биргаликда ишлашини тадқиқ этиш мақсадида мустаҳкамлиги паст (бўш) грунтли асос ва вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослар моделларида марказий, юклар таъсиридаги пойдевор плитасининг эгилиши бўйича тадқиқотлар олиб борилди (2-3-расмлар).

Тадқиқотнинг биринчи босқичида мустаҳкамлиги паст (бўш) грунтли асос моделида марказий юкланган пойдевор плитасининг эгилишини аниқлаш бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Тадқиқотнинг иккинчи босқичида табиий намликдаги, сувга тўйинган, табиий намликдаги ВАЭлар билан мустаҳкамланган ва сувга тўйинган ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослар моделларида пойдевор плитасининг эгилиши тадқиқ этилди (1-расм).



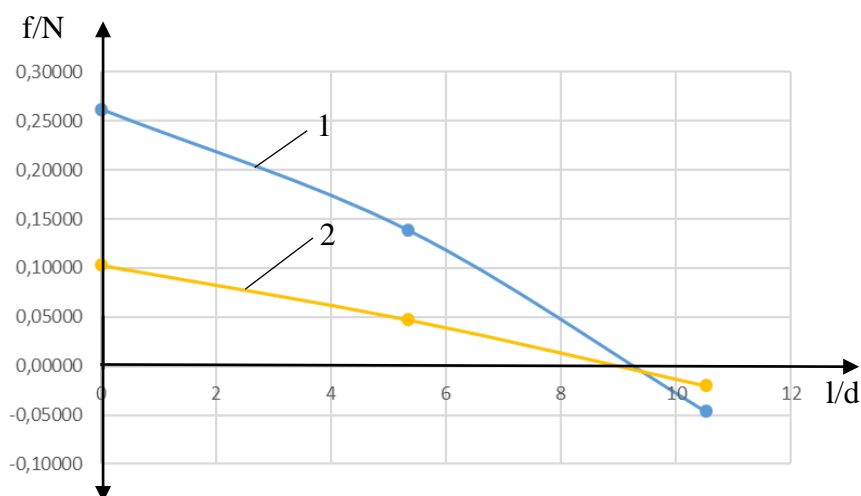
**1-расм. Вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асосдаги пойдевор плитасини синаш модели. а) ВАЭ моделларининг жойлашуви; б) плитани синаш жараёни.**

Олиб борилган иккала тажриба натижалари бир-бири билан таққосланди. Тажриба олдида ўлчамлари 1300x1500 ва 5 мм бўлган пўлат плитанинг цилиндрик бикрлиги аниқланди. Моделли тадқиқот натижаларида бўш асосдаги марказий юкланган пойдевор плитасининг эгилиши, ВАЭлар билан мустаҳкамланган асосдаги юкланган пойдевор плитанинг эгилишидан 2,46 мартага ортиқлиги аниқланди (2-расм).

Экспериментлардан олинган натижаларни бир бирлари билан таққослаш кўйида график (2-расм) кўринишида келтирилган, унда бир бирлик куч ( $f/N$ )

таъсиридаги пўлат плитанинг эгилиши ва нуқталар орасидаги ( $l/d$ ) келтирилган масофалар, бунда  $d$  – плитага юкни узатиш учун олинган доира шаклидаги бикр штампнинг диаметри.

Вертикал армоэлементларнинг плиталар эгилишига таъсирини ўрганиш



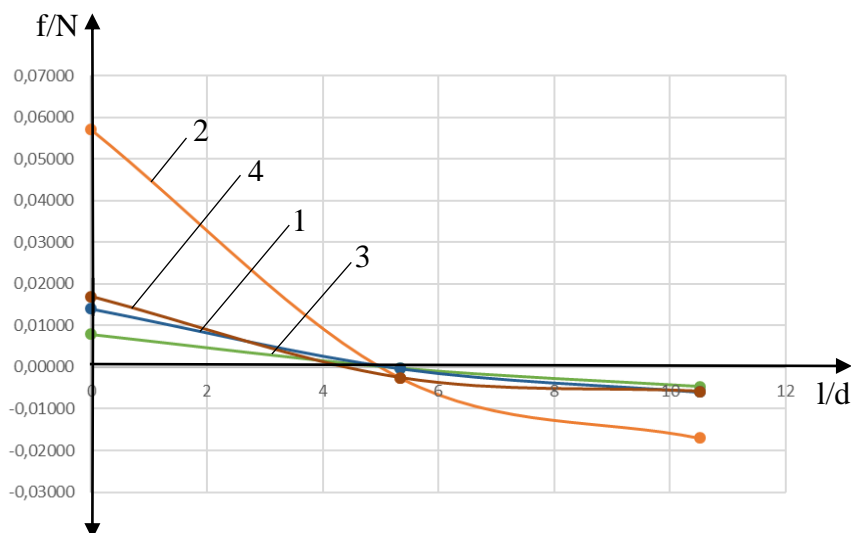
**2-расм. Плитага узатилаётган бир бирлик марказий куч ва шу**

**нуқталардаги эгилишни ифодаловчи боғланиш графиги.**

1-мустаҳкамлиги паст (бўш) асосда; 2- ВАЭ моделлари

мақсадида, табиий намликдаги асос, сувга тўйинган ҳолатдаги асос, ВАЭ моделлари билан мустаҳкамланган табиий намликдаги асос ва ВАЭ моделлари билан мустаҳкамланган сувга тўйинган ҳолатдаги асос моделларида марказий юкланган пойдевор плитасининг эгилиши бўйича тадқиқотлар олиб борилди.

Олиб борилган тадқиқотлар натижаларини бир бирлари билан таққослаш мақсадида, биринчи гуруҳ тадқиқотлар сингари олинган натижалар бир бирлик кучга келтирилди ва жадвалга киритилди ҳамда қуйидаги график

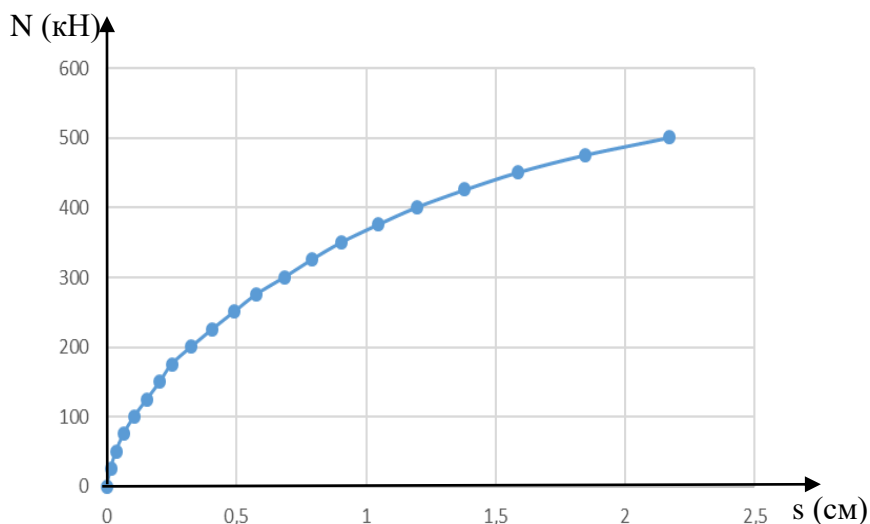


**3-расм. Плитага узатилаётган бир бирлик марказий куч ва шу нуқталардаги эгилишларни ифодаловчи боғланиш графиглари. 1-табиий намликдаги плитанинг эгилиши; 2-сувга тўйинган асосдаги; 3-ВАЭ моделлари билан мустаҳкамланган табиий намланган асосдаги; 4- ВАЭ моделлари билан мустаҳкамланган сувга тўйинган асосдаги.**

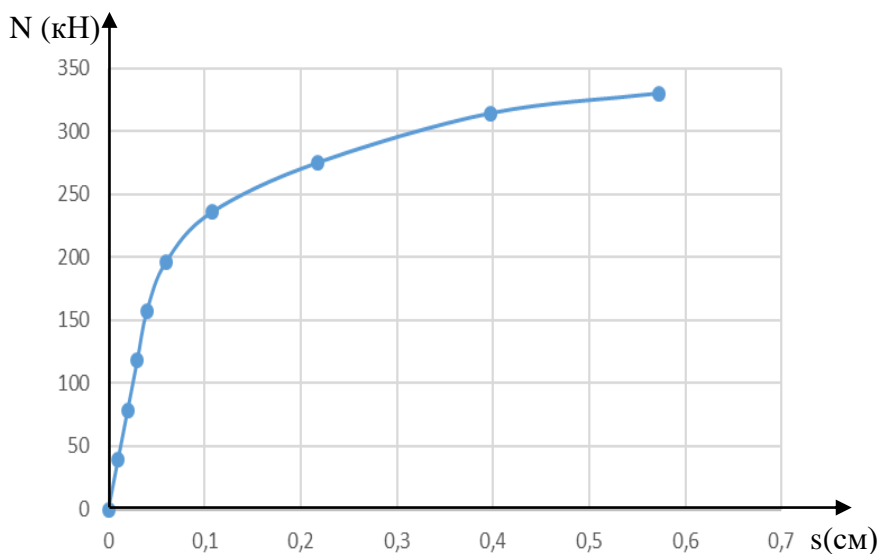
чизилди (3-расм).

Ўтказилган тажрибалардан хулоса қилиш мумкинки, марказий юкланган плитали пойдеворлар эгилиши ВАЭлар билан мустаҳкамланганда 2,5-3 баробарга камайган ва эгилишнинг тарқалиш ҳудуди бир томонга тахминан 5 (1/d) тарқалганлиги аниқланган.

**Натуравий тажрибалар натижалари.** Лёсс грунтларда диаметри 500 мм, узунлиги 5-6 м ва бурғулаб бетонлаш технологияси асосида барпо этилган вертикал армоэлементнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва вертикал армоэлемент атрофидаги грунтларнинг ВАЭларнинг силжишга қаршилигига



**4-расм. Ташқи юк ва ВАЭнинг чўкиши орасидаги боғланиш  $P=f(s)$  графиги.**

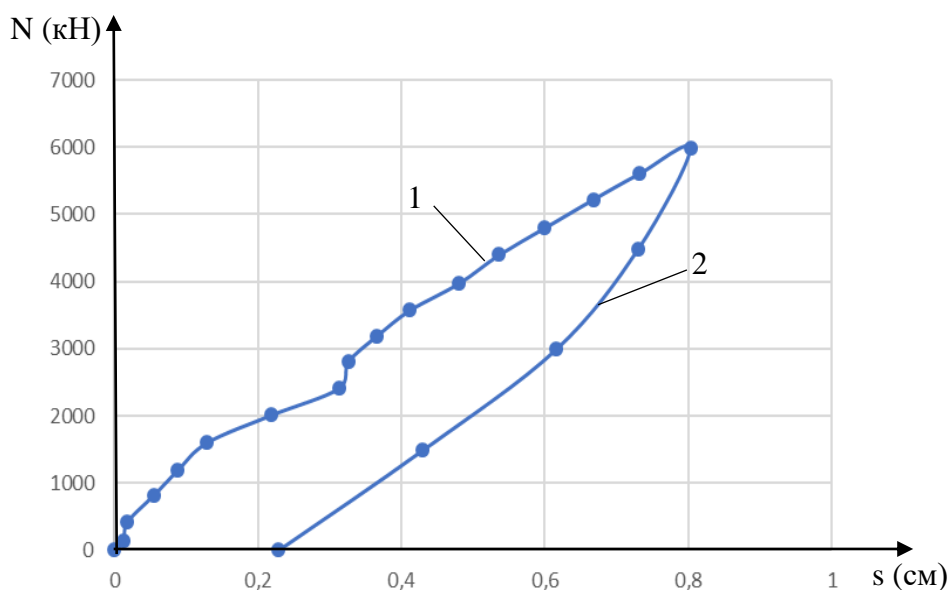


**5-расм. Ташқи юк ва ВАЭнинг чўкиши орасидаги боғланиш  $P=f(s)$  графиги.**

таъсирини аниқлаш мақсадида катта масштабдаги тадқиқотлар олиб борилди (4-расм).

Лёсс грунтларда умумий узунлиги 5 м бўлган, диаметри 500 мм бўлган бурғулаб аралаштириш технологияси асосида барпо этилган ВАЭнинг юк

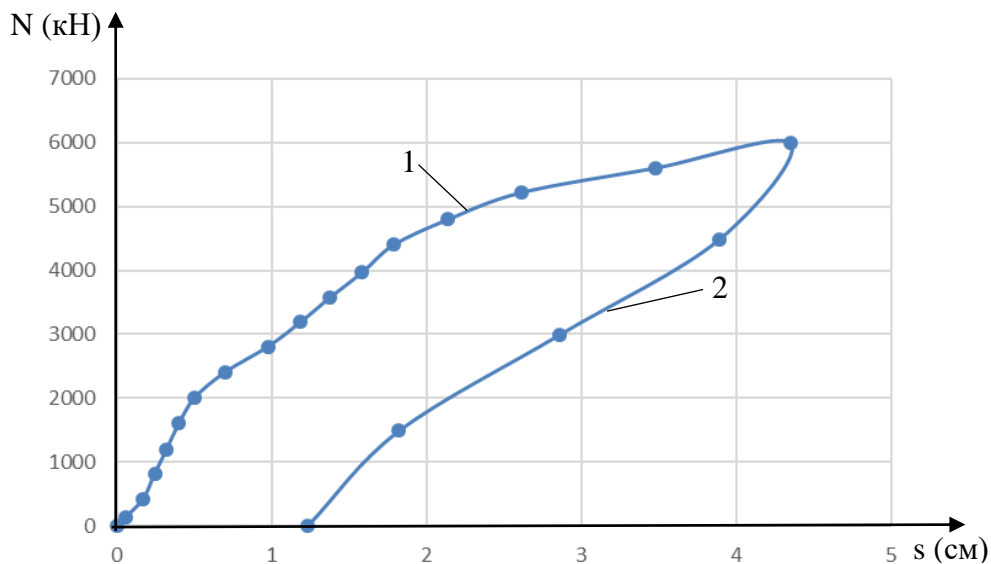
кўтара олиш қобилиятини аниқланди. Булардан ташқари ер ости сув сатҳи 3-4 м бўлган лёссли грунтларда ҳам экспериментлар олиб борилди (5-расм).



6-расм. Ташқи юк ва ВАЭнинг чўкиши орасидаги боғланиш  $P=f(s)$  графиги. 1-юклантириш; 2-юксизлантириш.

Тошкент вилоятида, лёссли грунтларда диаметри 700 мм, узунлиги 15 м ва SoilMix технологияси асосида барпо этилган ВАЭнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва унинг атрофидаги грунтларнинг силжишга қаршилигини аниқлаш мақсадида тадқиқотлар олиб борилди (6-расм). Унга кўра ВАЭнинг юк кўтара олиш қобилияти 6000 кН эканлиги аниқланган.

Самарқанд вилоятининг “Самарқанд туризм маркази” қурилиши муносабати билан аллювиал қайроқли грунтда SoilMix технологияси асосида



7-расм. Ташқи юк ва ВАЭнинг чўкиши орасидаги боғланиш  $P=f(s)$  графиги. 1-юклантириш; 2-юксизлантириш.

диаметри 700 мм, узунлиги 15 м ВАЭнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва унинг атрофидаги грунтларнинг силжишга қаршилигини аниқлаш мақсадида

тадқиқотлар олиб борилди (7-расм). Унга кўра ВАЭнинг юк кўтара олиш қобилияти 5000 кН эканлиги аниқланган.

Бу тажрибалардан қуйидаги хулосага келиш мумкин. Диаметри 500 ва узунлиги 5-6 м бетонли ва цемент кумоқ грунт ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилияти 350-500 кН эканлиги аниқланган. Қориштириш технологиялари билан амалга оширилган диаметри 700 ва узунлиги 15 м атрофидаги цемент кумоқ грунт ва цемент шағал грунтли ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилияти 5000-6000 кН атрофида бўлиши аниқланган.

Диссертациянинг **“Вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослар ва пойдеворларнинг биргаликдаги ишлашининг назарий асослари”** деб номланувчи учинчи бобида вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асосларнинг кучланганли-деформация ҳолати қаралган. ВАЭлар билан мустаҳкамланган асосладаги пойдеворларни ҳисоблаш усули келтирилган.

ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларни ҳисоблаш ва лойиҳалашда ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва силжишга қаршилигини аниқлаш талаб этилади. ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятини икки хил усулда аниқлаш мумкин: дала шароитида натуравий эксперимент асосида ва назарий ҳисоблаш йўли билан.

Бетонли, грунт-цементли ва бетонли-грунтцементли (комбинацияланган) ВАЭларда олиб борилган, кўп сонли тажрибалар шуни кўрсатдики, уларнинг юк кўтара олиш қобилияти ҳисобланганда ҳисобий кучлар таъсиридан улардаги вертикал силжишлари 2-3 см дан ошмайди. Бир хил (турдаги) грунтли шароитларда олиб борилган эксперимент натижалари таҳлиliga асосан, ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва улар орасидаги масофаларни юқоридаги (2 ва 3) формулалар орқали аниқлаш мумкин.

***ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларни чўкиши.***

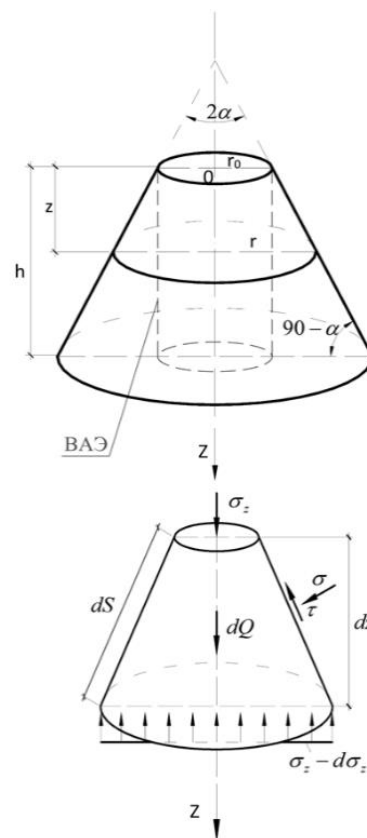
ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларнинг чўкиши, нисбий деформация ва кучланиш орасидаги боғланиш графиги чизиқли бўлганда, қуйидаги пойдеворларнинг чўкишини аниқлаш схемаси (9-расмга қаранг) ёрдамида ва қуйидаги формула (8) орқали аниқланади.

$$s_z = s_{BAЭ} + s_a \quad (8)$$

бу ерда:  $s_{BAЭ}$  - ВАЭнинг деформацияси, м;  $s_0$  - ВАЭ пастки қисми остидаги грунтнинг деформацияси, м. Бетонли ВАЭлар учун,  $D/L \geq 0.075$  шарт бажарилганда,  $s_{BAЭ} \cong 0$  қабул қилса бўлади. Бошқа ҳолларда, ВАЭларнинг деформацияси ва ВАЭ учки қисми остидаги грунтларнинг деформацияси қуйидаги анъанавий элементар жамлаш усули ёрдамида аниқланади.

$$s_z = \sum_{i=1}^{L_{BAЭ}} \frac{\sigma_{zi}}{E_{BAЭi}} \Delta z + \beta \sum_{i=1}^{H_{ф.с.к}} \frac{\sigma_{zp_i}}{E_{sataa}} \Delta h \quad (9)$$

бу ерда:  $E_{BAЭi}$  – ВАЭ материалнинг эластиклик модули (агар ВАЭ материали бетон бўлса, бетон синфига қараб деформация модули олинади, агар грунт-цемент бўлса, грунт-цементдан структураси бузилмаган намуна олиниб лабораторияда, худди грунт каби компрессия қурилмаси одометрда деформация модули аниқланиб олинган деформация модули ўтиш коэффициенти орқали ҳисобланади), кПа;  $\Delta z$  – ВАЭ узунлиги бўйича, ажратилган элементар қатлам қалинлиги, м;  $\beta$  – ВАЭ учки қисмидаги грунтларнинг ён томонга кенгайиш коэффициенти;  $\sigma_{zpi}$  – ВАЭ учки қисми остидаги фаол сиқилувчи қатламидаги,  $i$ -элементар қатламчалардаги қўшимча босим ( $\sigma_{zpi} = \alpha * \sigma_{zi}$ ), кПа, бунда,  $\alpha$  – пойдевор товонининг шаклига ва қаралаётган нуқтанинг чуқурлигига боғлиқ бўлган коэффициент бўлиб, унинг қиймати ҚМҚ 2.02.01-98 жадвалидан олинади;  $E_{satai}$  – фаол сиқилиш қатламидаги грунт қатламларининг деформация модули, кПа;  $\Delta h$  – фаол сиқилиш қатламидаги элементар қатламча қалинлиги, м;  $\sigma_{zi}$  – ВАЭ ўқи бўйича тарқалаётган нормал кучланиш (8-расм), А.З. Хасанов таклиф этган (10) ифода орқали аниқланади



**8-расм. ВАЭ ўқи бўйича грунт массивининг кучланганлик ҳолатини аниқлашнинг ҳисобий модели.**

$$\sigma_{zi} = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \left[ \frac{\gamma \cdot r_0}{2\lambda + 1} \left( 1 + \frac{z}{r_0} \operatorname{tg} \alpha \right) - \frac{c}{\lambda} \right] + \left[ q - \left( \frac{\gamma \cdot r_0}{2\lambda + 1} - \frac{c}{\lambda} \right) \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \right] \left( 1 + \frac{z}{r_0} \operatorname{tg} \alpha \right)^{-2\lambda} \quad (10)$$

бунда

$$\lambda = 1 - \frac{\xi}{\cos \alpha} + \frac{\xi \operatorname{tg} \varphi}{\cos \alpha} \quad (11)$$

бу ерда,  $\xi$  – ВАЭ материалнинг ён томонга босим коэффициенти;  $\gamma$  – грунтнинг солиштирма оғирлиги, кН/м<sup>3</sup>;  $c$  – грунтларнинг зарралараро боғланиш кучи, кПа;  $\varphi$  – грунтларнинг ички ишқаланиш бурчаги;  $\alpha$  – кесик конуснинг чуқурлик бўйича кенгайиш бурчаги;  $r_0$  – вертикал армоэлементнинг радиуси, м;  $z$  – вертикал армоэлемент танасидаги элементар қатламча қалинлиги, м;  $q$  – вертикал армоэлементга таъсир қилаётган тенг тарқалган юк, кН/м<sup>2</sup> (агар  $z = 0$  бўлса  $q = \sigma_{z0}$ ) (8-расм). Бу ифода, кесик конуснинг исталган чуқурликдаги нормал кучланишининг қийматини аниқлаш имконини беради. (9) тенгламада келирилган ифодага асосан ВАЭ горизантал кесимларидаги

нормал кучланишлар чуқурлик бўйича сўнувчи эгри чизикли конуниятга бўйсунди. Бу тенглама графиги 8-расмда келтирилган. Агар ВАЭ ён сирти бўйича боғланиш кучлари ( $c$  ва  $\varphi$ ) юқори бўлса нормал кучлар тезроқ сўнади. Шундай қилиб бу тенглама бизларга ВАЭ вертикал ўқи бўйича нормал кучларни ва унинг заминдаги реакция кучларини аниқлаш имконини берадиган математик формула ҳисобланади.

ВАЭлар билан мустаҳкамланган асосдаги пойдеворнинг чўкиши, ВАЭнинг элементар қатламларининг деформациялари йиғиндиси ва ВАЭ пастки қисми остидаги фаол сиқилувчи қатламнинг, элементар қатламларининг деформациялари йиғиндиларининг жамланмаси (9) ифлда орқали аниқланади.

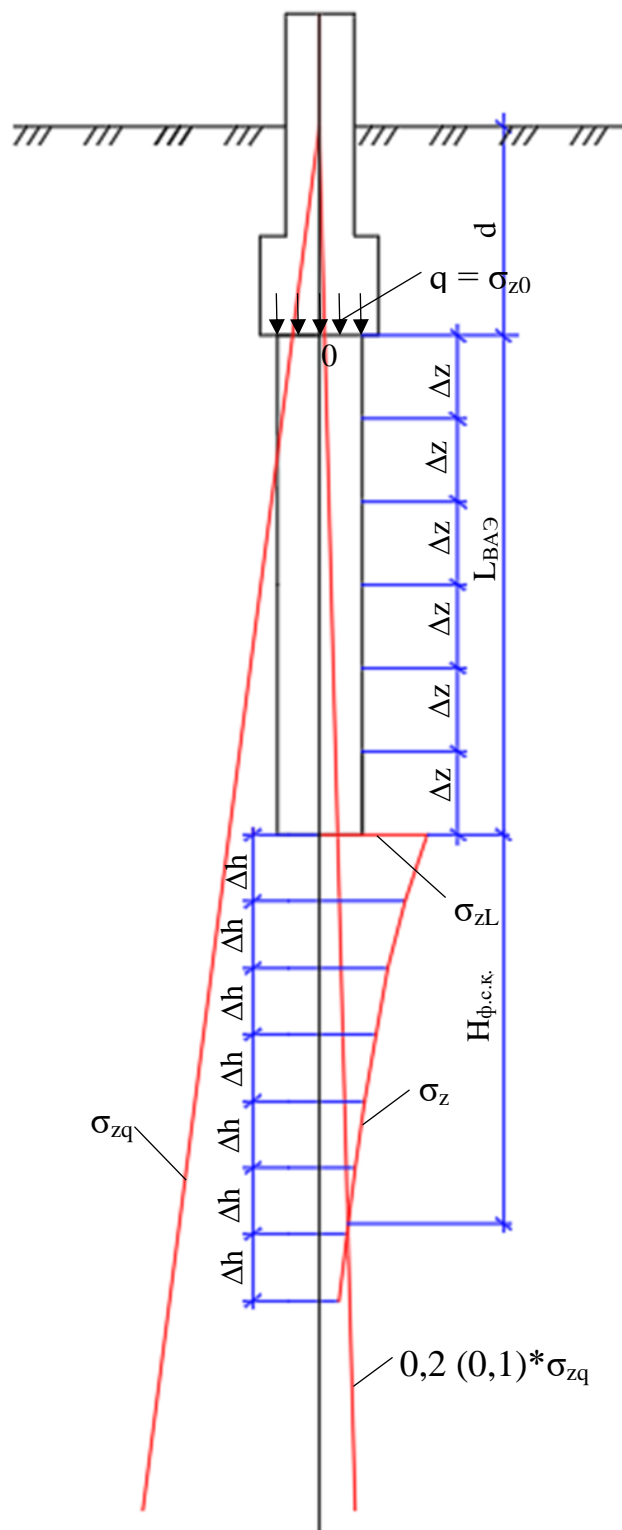
ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдевор (ростверк)га узатилиши мумкин бўлган юк ( $P$ ) нинг қийматини топиш қўйида келтирилган формула бўйича амалга оширилиши лозим:

$$P = q \frac{D^2 \pi}{4} + R(A_{\text{рос}} - A_{\text{ВАЭ}}) \quad (12)$$

Бундан ВАЭга узатилаётган тарқалган куч қўйидагича аниқланади:

$$q = \frac{4[P - R(A_{\text{рос}} - A_{\text{ВАЭ}})]}{\pi D^2} \quad (13)$$

бу ерда:  $R, P_{sl}$ -грунтнинг ҳисобий қаршилиги ёки бошланғич ўта чўкувчанлик босими, кПа;  $A_{\text{рос}}$  – битта вертикал армоэлементга тўғри келадиган ростверкнинг юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $A_{\text{ВАЭ}}$  - вертикал армоэлементнинг кўндаланг кесим юзаси,  $\text{м}^2$ ;  $D$  - вертикал армоэлементнинг диаметри, м.



9-расм. Вертикал армоэлементлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларнинг чўкишини ҳисоблаш схемаси.

**Қумли демпфер қатламнинг силжишга қаршилигини аниқлаш.**  
 Пойдевор тўсини (плитаси) ва ВАЭлар контакт қисмидаги (зонасидаги), демпферловчи қумли қатламининг хусусиятларини аниқлаш. Қуйидаги расмда (10-расм) ҳисобий схема келтирилган. Қумли демпфернинг ҳисобий моделини эластик-пластик модел сифатида қабул қиламиз.  $F_h < F_R$  шарт бажарилганда модел эластик хусусиятни характерлайди ва  $F_h \geq F_R$  шарт бажарилганда эса модел пластик хусусиятни характерлайди. Инерцион горизонтал сейсмик куч қуйидаги (14) ифода орқали аниқланади

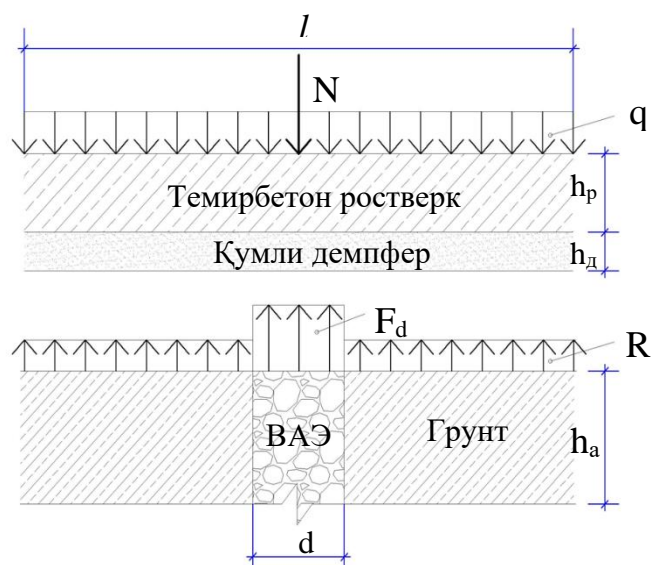
$$F_h = m * a = \frac{F_v}{g} a = \frac{(N + q * l)}{g} a \quad (14)$$

бу ерда:  $m$  - бинонинг массаси, т;  $a$  - зилзила кучининг грунтда тезланиши,  $m/c^2$ ;  $F_v$  - ростверкга таъсир этаётган вертикал юк, кН;  $g$  - эркин тушиш тезланиши,  $m/c^2$ ;  $N$  - ростверкга устундан тушаётган юк, кН;  $q$  - ростверкга девордан тушаётган юк, кН/м; ростверкнинг узунлиги, м;

Асоснинг вертикал реакция кучи (12) ифода ёрдамида аниқланади

$$F_R = R(A_{roc} - A_{BAЭ}) + F_d \quad (15)$$

бу ерда:  $R$ -ВАЭлар атропофидаги (ростверк остидаги) грунтнинг ҳисобий қаршилиги, зилзила таъсирини инобатга олиб қабул қилинади, кПа;  $F_d$  - ВАЭнинг юк кўтара олиши қобилияти, кН.



**10-расм.** Қумли демпфер қатламнинг ҳисобий схемаси.

$$F_R = R(A_{roc} - A_{BAЭ}) + F_d \geq F_h \quad (16)$$

Қуйидаги шарт бажарилганда зилзила энергияси ютилади (сўнади), акс холда қумли демпфер контакт зонасида силжиш вужудга келиши мумкин.

$$\frac{F_h}{F_R} \geq f = tg \varphi \quad (17)$$

## ХУЛОСА

“Ўзбекистоннинг инженерлик–геологик шароитида бино ва иншоотлар асосларини барпо этишда вертикал армоэлементлар (ВАЭ) ишлашини тадқиқ этиш” мавзусидаги техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)

диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларнинг нотекис чўкиши 2,5-3,0 баробарга камайди ва бўш (мустаҳкамлиги кам) грунтларнинг юк кўтара олиш қобилияти 2,0-2,5 мартага ортди.

2. ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги пойдеворларда маркази юклар таъсирида эгилиши ва зўриқишлар миқдори (қиймати) 2,5-3,0 мартага камайди, бу эса арматура сарфининг 15-20% тежалишига олиб келди.

3. Таклиф этилган, (2, 3) ифодалар бетонли ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятини ва улар орасидаги масофани аниқлаш имконини беради.

4. Винклер (эластиклик коэффициенти) модели ва вертикал армоэлементларнинг чизиқли бикирлигидан фойдаланиб, вертикал армоэлементлар ва улар атрофидаги грунтларнинг ростверк билан биргаликда ишлашини ҳисобга олиб мавжуд дастурий комплекслардан фойдаланиш имконини берувчи модел таклиф этилган.

5. Зилзила таъсирини камайтириб берувчи қумли демпфернинг силжишини ҳисоблаш схемаси ва шарт ишлаб чиқилди.

6. Олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида ВАЭлар билан мустаҳкамланган асослардаги бино ва иншоотлар пойдеворларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш бўйича мавжуд услубий қўлланма такомиллаштирилиб қайта чоп этилган ҳамда ЭХД ишлаб чиқилган.

7. Бўйлама бикирлик ва устуворликдан ташқари ВАЭларни шартли равишда бикир, мойил (податливые) ва эластик (тур)ларга бўлиш мумкин.

Томонларининг нисбати  $D/L \geq 0,075$  бўлган бетонли ва грунт-цементли ВАЭлар бикир ВАЭлар тоифасига киради. Томонларининг нисбати  $0,075 \leq D/L \leq 0,05$  бўлган ВАЭлар ярим бикир ВАЭлар тоифасига киради.

Томонларининг нисбати  $D/L \leq 0,05$  бўлган ВАЭлар эгилувчан тоифасига киради. Эгилувчан тоифадаги ВАЭларга грунтли свайлар киради,  $D/L \geq 0,075$  шарти бажарилганда бетон ВАЭлар бикир тоифага киради.

8. Таклиф этилган (8, 9 ва 10) ифодалар алоҳида ажратилган жойлардаги инженерлик-геологик шароитларда ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятини аниқлаш имконини беради. Таклиф этилган (8, 9 ва 10) ифодалар ёрдамида ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилияти аниқланиб олингандан сўнг (3) ифода ёрдамида ВАЭлар орасидаги масофаларни аниқроқ ҳисоблаш (аниқлаш) мумкин.

9. Таклиф этилган ҳисобий модел кўп қатламли асосларда ҳар-хил мустаҳкамлик кўрсаткичли грунтларда ва ҳар-хил геометрик хусусиятларга эга ВАЭларнинг юк кўтара олиш қобилиятини аниқлаш имконини беради. Бундай ҳолда ВАЭларнинг узунлиги  $\sigma_z \leq R$  шарт бажарилиши бўйича чегараланади.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.18/30.12.2019.Т.09.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТРАНСПОРТНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

---

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**КУРБАНОВ БАХОДИР ИРКИНОВИЧ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ АРМОЭЛЕМЕНТОВ  
(ВАЭ) ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ  
В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА**

**05.09.02 – Основания, фундаменты и подземные сооружения. Мосты и транспортные  
тоннели. Дороги, метрополитены**

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

**Самарканд – 2021**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2020.4.PhD/Т2007.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном архитектурно-строительном институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-сайта научного совета ([www.idyu.uz](http://www.idyu.uz)) и в информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу [www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)

**Научный руководитель:**

**Хасанов Аскар Забирович**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:**

**Юлдашев Шарафитдин Сайфитдинович**  
доктор технических наук, профессор

**Каюмов Абдубаки Джалилович**  
доктор технических наук, профессор

**Ведущая организация:**


**Ташкентский архитектурно-строительный институт**

Защита диссертации состоится «11» 12 2021 г. в 12<sup>30</sup> часов на заседании Научного совета DSc.18/30.12.2019.T.09.01 при Ташкентском государственном транспортном университете. (Адрес: 100167, г. Ташкент, улица Адылхожаев, 1. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru)).

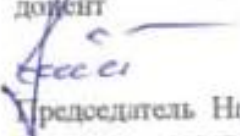
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентском государственном транспортном университете (зарегистрирована № 044). (Адрес: 100167, г. Ташкент, улица Адылхожаев, 1. Тел./факс: (998-71) 277-54-87, e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru)).

Автореферат диссертации разослан 29 « 11 » 2021 года.  
(реестр протокола рассылки № 39 « 10 » 2021 года).



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

  
**Р.М. Худайкулов**  
Ученый секретарь научного совета по присуждению ученых степеней, PhD, доцент

  
**С.Н. Садиков**  
Председатель Научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней д.т.н., профессор

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

**Актуальность темы диссертации.** Во всем мире, особое внимание уделяется внедрению результатов научных исследований в различных областях строительства, повышению эффективности и качества. Большое внимание уделяется снижению затрат и надежности оснований и фундаментов зданий и сооружений. В мире в том числе в развитых странах США, Европы, Китае, Российской Федерации имеет повышенный спрос вопросы повышения эффективных технологий. Решение этих проблем в нашей стране также требует разработки и широкого внедрения современных методов и технологий. В связи с этим, использование экономичных технологий важно для уменьшения затрат и увеличения эффективности оснований зданий и сооружений. Особенно это важно для уменьшения неравномерных осадок грунтов и снижение затрат на возведения нулевого цикла зданий и сооружений.

Учитывая широкое распространение слабых грунтов в населенных пунктах и городах возведение фундаментов и вопросы укрепление грунтов оснований является актуальным. Учитывая стесненность застройки в городах часто становится невозможно возводить глубокие котлованы. В этих условиях применение ВАЭ является эффективным и дает возможность проводить эти работы механизированным способом..

В Узбекистане в свете бурного развития строительства уделяется повышенное внимание внедрению и развитию современных строительных технологий. В перспективных планах Узбекистана в 2017-2021 годах принята стратегия действий по дальнейшему развитию этой области промышленности, включающей "... модернизацию производства, техническое и технологическое обновление, производство, ... поэтапное внедрение современных технологий, экономичное и эффективное ..."<sup>1</sup>

Данное диссертационное исследование в известной степени служит выполнением задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан № 4947-ПФ «О Стратегиях Действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан в 2017-2021 гг.» от 07 февраля 2017 года, в Постановлениях Президента Республики Узбекистан №ПП-2900 «Об организации деятельности жилищно-коммунального обслуживания Республики Узбекистан» от 18 апреля 2017 года, в Постановлениях Кабинета Министров Республики Узбекистан №340 «Об утверждении Положений о Министерстве по жилищно-коммунальному обслуживанию», «Об инспекции по надзору за эксплуатацией многоквартирных жилищных фондов», Об Агентстве “Коммунхизмат” от 2 июня 2017 года, в Указах Президента Республики Узбекистан № УП - 5030 «О мерах по коренному развитию деятельности государства по архитектуре и строительству», №ПК-3502 «О мероприятиях по обеспечению генеральными планами жилых районов населения на 2018-2022 годы», «Об улучшении деятельности проектных организаций и о повышении качества подготовки

специалистов по градостроительству», а также других нормативно-правовых актов, касающихся данной деятельности.

**Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике.** Направление научно-исследовательской работы относится к приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан XIV «Сейсмология, здания и сооружения сейсмической безопасности и строительства».

**Степень изученности проблемы.** В этой области исследований, направленной на развитие эффективных технологий в области укрепления оснований зданий методами горизонтального и вертикального армирования вели исследования в различных странах. В частности такие работы и технологии в странах дальнего зарубежья широко исследованы: ASTM, Bush, D.I, Gray, D.H Zornberg, J.G., Consoli, N.C, Pei Chen, Russell Jones, G. M. Swift, Juan Juan Wang, Jun, Tao Deng, Rui E. Li . В странах СНГ этими проблемами занимаются: Т.И.Мирсаяпов, А.З.Хасановым, Л.В.Нуждин, А.И.Полищук, В.Р.Мустакимов, А.О.Попов, А.Б.Паномарев, А.Ж.Жусупбеков и другие. В нашей стране в этой сфере известны работы ООО «Геофундаментпроект» УзГАШКЛИТИ, «Кишлоккурилишлойиха», и другие проектно-исследовательские организации.

В нашей стране метод укрепления оснований вертикальными армоэлементами для снижения неравномерных осадок, просадочности грунтов, оснований зданий и сооружений начали применять с начала 2000 годов. В настоящее время эта технология начала широко использоваться при реконструкции и восстановлении оснований аварийных зданий и сооружений. Имеет большое практическое значение разработка научных решений, направленных на расчет несущей способности, осадки зданий и сооружений, возведенных на этих основаниях. Большое практическое значение так же имеет исследование совместной работы оснований укрепленные ВАЭ с фундаментами, и снижение влияния сейсмических воздействий при помощи демпферного слоя.

**Связь темы диссертации исследования с научно-исследовательскими работами учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Самаркандского государственного архитектурно-строительного института 28.09.2017-2 «Разработка, оценка современных технологий строительства зданий, современных нормативно-экономических основ и методов снижения непредвиденного ущерба в чрезвычайных ситуациях» (2017-2021 годы).

**Целью исследования** является определение несущей способности и податливости армированных оснований ВАЭ, возведённых с использованием различных технологий в различных инженерно-геологических условиях Узбекистана. Исследование совместной работы ВАЭ с конструкцией фундаментов, разработка контактной модели с окружающим грунтовым массивом слабого грунта.

### **Задачи исследования:**

разработка технологий ВАЭ и совершенствование этого метода при возведении укрепленных оснований в различных инженерно-геологических условиях Узбекистана;

определение оптимального состава материала и несущей способности вертикальных армоэлементов, возведенных различными технологиями;

определение податливости ВАЭ, разработка и совершенствование контактных расчетных моделей фундаментов с укрепленными ВАЭ грунтами;

совершенствование методики расчета осадки оснований укрепленных ВАЭ с учетом технологии возведения, материала, геометрических и физико-механических свойств грунта.

**Объектом исследования** служат вертикальные армоэлементы, возведённые по различной технологии и в различных инженерно-геологических условиях Республики Узбекистан.

**Предметом исследования** является прочность материала, несущая способность и деформируемость оснований укрепленных ВАЭ.

**Методы исследования.** Для достижения поставленной цели использовались системный анализ экспериментальных и теоретических результатов, фундаментальные законы механики грунтов, и методы математического планирования эксперимента.

**Научная новизна диссертационного исследования** заключается в следующем:

- определен оптимальный состав грунтоцементной смеси вертикальных армоэлементов применительно к различным инженерно-геологическим условиям;

- предложены математические выражения для определения несущей способности вертикальных армоэлементов и его осадок;

- установлено влияние податливости ВАЭ, расстояния между ними на прогиб ростверков; предложена расчетная контактная модель для расчета их прогибов;

- предложено математическое выражение для определения предельной критической нагрузки на сдвиг песчаного демпфирующего слоя расположенного в зоне контакта ростверков и ВАЭ.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

полученные результаты позволили уменьшить неравномерные осадки основания на 2,5-3,0 раза, что позволило увеличить эксплуатационную надежность зданий и сооружений;

основания укрепленные ВАЭ способствуют уменьшению прогиба ростверков на 2,5-3,0 раза, при этом достигается 10-12 % экономия затрат на материалы (арматуры) при устройстве фундаментов;

усиление оснований вертикальными армоэлементами с комплексом мер песчаных демпферов позволяют снижать сейсмичность строительной площадки на 1 балл.

**Достоверность результатов исследования** основывалась на том, что использовались математико - статистические методы, а полученные результаты основывались на результатах, полученных в реальных экспериментах. Достоверность, полученных результатов доказана на основе сравнения с результатами проведенных экспериментов и длительных наблюдений в процессе их эксплуатации.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования обосновывается использованием экспериментально подтвержденной механической модели, математических выражений, позволяющих максимально использовать метод при расчете и проектировании оснований, укрепленных ВАЭ.

Научная значимость результатов исследования обосновывается внедрением в строительство апробированных на практике методов возведения армированных оснований.

Предложенная расчетная схема учета в расчетах податливости ВАЭ, дает возможность рассчитывать контактную задачу, в том числе вычислять прогибы фундаментов.

**Внедрение результатов исследования.** Полученные научные результаты способствовали совершенствованию методов возведения и расчета несущей способности, а также осадки оснований, укрепленными вертикальными армоэлементами:

в проектно институте ООО «Геофундаментпроект» (справка Министерство Строительства Республики Узбекистан №09-06/10707 от 17 сентября 2021 г.). В результате стоимость строительства фундамента была снижена на 10-12% за счет снижения расхода арматуры, направленной на повышение жесткости фундамента за счет уменьшения прогиба фундаментных плит на основаниях, укрепленными вертикальными армоэлементами;

при проектировании фундаментов здания в ООО «Кишлоккурилишлойиха» внедрена методика устройства оснований, укрепленными вертикальными армоэлементами (справка Министерство Строительства Республики Узбекистан №09-06/10707 от 17 сентября 2021 г.). В результате общая стоимость подготовки искусственного основания с использованием вертикальных элементов армирования вместо традиционного метода грунтовых подушек была снижена на 10% при укреплении основания зданий в больших городских районах, где широко распространены грунты культурно- городские отложения;

необходимость внедрения технологии возведения вертикальных армоэлементов указана в справке ГУП «УЗГАШЛИТИ» (№ 1236/106-2125 от 25августа 2021 г.);

определены факторы, влияющие на совместную эксплуатацию оснований и фундаментов, укрепленных вертикальными армоэлементами, повторно подготовлены и утверждены (Протокол технического совета Министерства Строительства Республики Узбекистан по 2018-2021 годам)

Министерством Строительства Республики Узбекистан утверждено пособие по методам укрепления оснований ВАЭ при возведении зданий на слабых грунтах.

**Апробация результатов исследования.** Результаты настоящего диссертационного исследования были обсуждены на 7 международных (в том числе 2 зарубежных) и 5 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертационной работы опубликованы 11 научных работ. В том числе 6 научных статей опубликованы в научных изданиях, рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертации доктор философии (PhD) Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 1 в зарубежном журнале, 5 в сборниках республиканских и зарубежных конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 119 страницы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Введение.** В вводной части диссертации приведена актуальность темы диссертации, указано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и техники Республики, обосновывается степень изученности проблемы, описывается цель, задачи, объект и предмет исследования, научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты теоретические и практические значения полученных результатов, внедрение результатов исследований, а также приведены данные об опубликованных работах и структура диссертации.

В первой главе диссертации на основе литературных источников рассмотрены и проанализированы свойства слабых, в том числе просадочных лессовых и лессовидных осадочных грунтов, взаимодействие их с вяжущими материалами, развитие методов усиления грунтов при помощи армирования вертикальными армоэлементами, технологии и методы упрочнения грунтов вертикальными армоэлементами, а также особенности их применения в различных геологических условиях.

При строительстве зданий и сооружений на слабых, в том числе и лессовых, водонасыщенных, сильносжимаемых рыхлых песчаных и насыпных грунтах, под воздействием дополнительного увлажнения грунтов происходит неравномерные осадки, в результате чего ожидаются аварийные повреждения зданий и сооружений. Во избежание таких случаев необходимо применять мероприятия, позволяющие уменьшить неравномерные осадки грунтов. Одним из мероприятий по искусственному укреплению грунтов оснований является уплотнение их при оптимальной влажности. Однако, процесс уплотнения (послойное уплотнение или тяжелыми трамбовками) по причине стесненных городских условий не всегда возможен. С другой

стороны, метод уплотнения ограничивается сезонностью из-за погодных условий. Поэтому в последнее время широкое применение получил метод укрепления грунтов вертикальными армоэлементами.

Армирование грунтов ВАЭ - представляет собой технологию создания жёстких вертикальных элементов, преимущественно круглого сечения в плане, контактирующих с фундаментом здания посредством песчаного слоя. Песчаный слой исключает возникновение продольных изгибающих моментов, а сама прослойка работает как сейсмозащитный демпфер.

Нами отмечены следующие основные отличия ВАЭ от свайных фундаментов, которые заключаются в следующем:

- железобетонные сваи совместно с ростверком составляют единый фундамент под здание или сооружение;

- при расчёте свайных фундаментов, практически все внешние нагрузки распределяются на сваи;

- грунтовые, цементогрунтовые и бетонные ВАЭ не являются конструкцией, и относятся к элементам усиления грунтового основания, которые выполняют функцию его укрепления методами армирования;

- ВАЭ в отличие от железобетонных свай не работают на изгибающие нагрузки, и позволяют перераспределять напряжений в большом объёме массива грунта;

- ВАЭ позволяют регулировать контактные напряжения, уменьшают прогибы и усилия в фундаментной конструкции, увеличивает жёсткость (податливость) грунтового основания под фундаментом.

- ВАЭ, в отличие от обычных свай, по условиям работы в грунте, не подразделяются на сваи стойки и висячие. Это объясняется тем, что ВАЭ относительно мало прочные и в соответствии с этим, значительно податливее, чем железобетонные сваи (прочность материала ВАЭ значительно превышает прочность грунта и на порядок меньше прочности железобетона).

Существуют следующие технологии и способы укрепления грунтов вертикальными армоэлементами:

- технология уплотнения грунтов в шурфах и скважинах;

- технология бетонирования шурфов и скважин;

- технология перемешивания вяжущих элементов и грунтов буровым способом;

- технология распыления (инъекционная или струйная) цементных или других смесей под высоким давлением;

- существуют технологии и другие способы для распыления материалов методом перемешивания под высоким давлением инъекционной вяжущей жидкости.

Методы закрепления грунтов:

- закрепление грунтов с помощью цемента;

- закрепление грунтов при помощи жидкого стекла ( $\text{NaSiO}_2$ );

- закрепление грунтов при помощи гашеной извести и едкого натрия ( $\text{Ca(OH)}_2, \text{Na(OH)}_2$ );

- закрепление грунтов обжигом и др.

На основе анализа вида грунта, этажности зданий и сооружений, конструктивного решения, уровня грунтовых вод и другой информации подбираются технологии и методы усиления грунта вертикальными армозементами. Принятие решения проектных параметров; диаметр, длина ВАЭ, прочность материала, условия работы с грунтом и другие факторы подбираются технологией и методами усиления грунтов с применением ВАЭ. Эти же факторы учитываются при расчете осадки оснований и прогиба фундаментов. Например, в работе А.И. Полищука приводится подробный анализ расчёта несущей способности ВАЭ, где учитывается условие прилипания раствора о грунт на боковой поверхности ВАЭ. Несущая способность ВАЭ по его рекомендациям определяется на подобии обычных забивных свайных фундаментов и имеет следующий вид:

$$F_u = R_s A + \gamma_{sf} f h_u \quad (1)$$

где  $R_s$  – расчетное сопротивление грунта под действием ВАЭ, кПа,  $A$  – площадь поперечного сечения ВАЭ,  $\text{м}^2$ ;  $\gamma_{sf}$  – коэффициент, учитывающий условия работы грунта вокруг боковой поверхности;  $f$  – сила трения между боковой поверхностью ВАЭ и слоем грунта;  $h_u$  – толщина элементарного слоя, м.

В выражении (1)  $R_s$  и  $f$  – в отличие от свайных фундаментов, определяются по результатам статического зондирования в полевых условиях (СП24.13330.2011).

Проведенные многочисленные эксперименты бетонных и комбинированных грунтобетонных ВАЭ показали, что при расчетных нагрузках его осадка не превышает 2-3 см. На основании анализа таких экспериментов на однотипных грунтовых условиях установлено, что несущую способность ВАЭ и расстояние между ними можно определить по выражениям:

$$F_d = \frac{A * L * k}{m} \quad (2)$$

$$L_{ВАЭ} = \frac{F_d - A * p_{sl}}{q - p_{sl} * B} \quad (3)$$

где:  $A$  – площадь поперечного сечения ВАЭ,  $\text{м}^2$ ;  $L$  – длина ВАЭ, м;  $k$ ,  $m$  – соответственно коэффициенты уравнения, зависящие от технологии и вида окружающего грунта, определяемые для конкретных грунтовых условий. Например, для однотипных лёссовых грунтов Узбекистана и на основании многочисленных экспериментов установлено, что коэффициенты  $k = 0,5$  и  $m = 0,003 \text{ м}^3/\text{кН}$ ;  $p_{sl}$  – начальное просадочное давление или расчетное сопротивление слабого грунтового основания ( $R$ ), кПа;  $q$  – внешняя распределенная нагрузка на ростверк, кН/м;  $B$  – ширина ростверка, м.

Как показал литературный анализ при расчете несущей способности и осадки ВАЭ не учитываются условия в контактной области ВАЭ и грунтов. Эти условия зависят от технологии возведения. Например, при смесительной и струйной технологии, такой контакт размазан и поэтому массив грунта нужно рассматривать как единый массив с приведенной величиной модуля деформации. В этом случае степень влияния удельного сцепления увеличивается.

При расчете ростверка модель контактных реактивных сил рассматривается из условия равновесия, используются две разновидности жесткости основания. Сама конструкция ВАЭ рассматривается, как податливая приставка с коэффициентом линейной жесткости  $K$ , межсвайное пространство характеризуется Винклеровской моделью, с коэффициентом постели  $C$ . Первый параметр характеризуется, как отношение осевой силы к его осадке, а второй определяется в зависимости от приведенной величины модуля деформации грунтов основания. Модель демпферной прослойки основания подчиняется пластическому закону, т.е. сопротивлению грунта сдвигу. Здесь основным параметром служит угол внутреннего трения грунта (песчаной прослойки). Работа армоэлемента в грунте рассматривается как система жесткой приставки в относительно мягком грунтовом основании. Сам ВАЭ при расчетной нагрузке не сжимается и не изгибается и служит как элемент, позволяющий рассеивать напряжения, при этом сжатие окружающего грунта резко уменьшается. Причем ВАЭ и окружающие их грунты рассматриваются вместе, как целостное монолитное тело.

В современной геотехнической практике помимо инженерных методов расчета особое место также занимает метод расчета оснований численным методом, в частности, с использованием конечных элементов. В этом случае, например, при решении плоских задач продольный ряд ВАЭ условно принимается, как стена в грунте, причем как стена, так и грунт между этой стеной условно принимается, как массив с различными деформационными показателями (модуль деформации и коэффициент поперечного расширения). Такой метод расчета относится к деформационной модели и сопротивление сдвигу материала армоэлемента не принимается во внимание. Расчет предела прочности ВАЭ по грунту принимается наподобие расчетной модели свайных фундаментов. Расчет предела прочности ВАЭ по материалу принимается из расчетного сопротивления целиком на одноосное сжатие.

Вертикальные армоэлементы, в отличие от свайных фундаментов, внешнюю нагрузку воспринимают посредством демпферов, выполненных из песчанной прослойки. В связи с этим, при нагрузке передаваемой от ростверков, способность ВАЭ прогибаться исключается, они начинают работать в фазе, как сжатие так и сдвига по боковой поверхности.

Вертикальные армоэлементы, в отличие от свайных фундаментов, внешнюю нагрузку воспринимают посредством демпферов выполненных из песчанной прослойки. В связи с этим, при нагрузке, передаваемой от

ростверков, способность ВАЭ прогибаться исключается, они начинают работать в фазе как сжатия, так и сдвига по боковой поверхности.

По версии А.О.Попова, результаты исследований, проведенных в однородных грунтовых условиях, армированных вертикальными армоэлементами, показали, что несущая способность фундаментов, в некоторых случаях превышает в 1,28 раза по сравнению со свайными фундаментами, а значение расчетной осадки могут быть в 1,7 раз меньше. Согласно этой теории, деформация фундаментов под воздействием внешних нагрузок будет зависеть от формы и угла ядра, который образуется в результате уплотнения грунтов под подушкой фундамента. Так как угол наклона ядра оснований, усиленных вертикальными армоэлементами, невелик, следовательно, их деформация будет небольшой.

На основе научных исследований, проведенных Т.М. Мирсаяповым и В.Р. Мустакимовым, было разработано выражение для определения относительной осадки грунтов, укрепленных ВАЭ. Это уравнение записывается в следующем виде:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{\left( \frac{\sigma_{zg} + \sigma_{zp}}{E_{gp}} \right) * \left( 1 + \frac{\delta * t^{1-\alpha_0}}{1-\alpha_0} \right)}{\left( \frac{E_{aэ} * k_l}{E_{gp}} + \frac{1}{\mu} \right) * \mu} \quad (4)$$

где:  $\sigma_{zg}$  – давление от собственного грунта, кПа;  $\sigma_{zp}$  – давление от внешней нагрузки, кПа;  $E_{gp}$  – модуль деформации грунта, кПа;  $\delta$ ,  $\alpha_0$  – экспериментальные параметры ( $0 < \alpha_0 < 1$ );  $t$  – время замачивания, сут;  $E_{aэ}$  – модуль упругости материала ВАЭ, кПа;  $k_l$  – коэффициент;  $\mu$  – коэффициент армирования.

С помощью выражения (4) относительная просадочность грунта, усиленного ВАЭ, определяется с использованием следующего выражения:

$$S_{sl} = \varepsilon_{sl} * h * k_{sl} \quad (5)$$

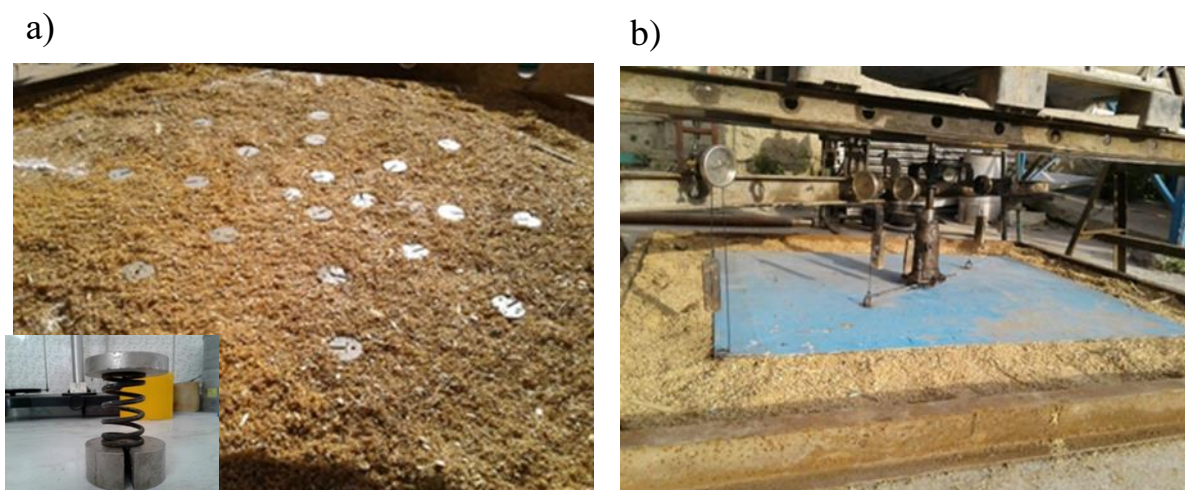
где:  $h$  – толщина слоя просадочных грунтов, м;  $k_{sl}$  – коэффициент, зависящий от толщины просадочного слоя. Основываясь на результатах исследований, проведенных в лотке и результатах теоретических расчетов, авторы учли их разницу (5) и ввели в выражение следующие коэффициенты:

$$K_{non} = \varepsilon_{sl}^{экс} / \varepsilon_{sl}^{meo} \quad (6)$$

В результате выражение (5) приняло следующий вид:

$$S_{sl} = K_{m\ddot{y}z} * \varepsilon_{sl} * h * k_{sl} \quad (7)$$

Вторая глава диссертации под названием **"Результаты экспериментов по определению несущей способности и податливости вертикальных армоэлементов и влияния их на изгиб плитных фундаментов"**. В этой главе приводятся результаты исследования несущей способности и податливости вертикальных армоэлементов возведенных на различных инженерно-геологических условиях. Причем рассматривались ВАЭ различной длины, диаметра, выполненные по разным технологиям (рис. 4-7). Кроме



**Рис. 1. Модельные испытания плиты на армированном основании.  
а) расположения моделей ВАЭ в плане и б) процесс испытания  
плиты на осевые нагрузки.**

того, были проведены модельные исследования плитных фундаментов, с целью определить степень влияния ВАЭ на прогиб фундаментов при центральной нагрузке. В этих экспериментах изучались влияния жесткости ВАЭ на прогиб плитных фундаментов (рис. 2-3). В качестве модели слабого основания принимались такие материалы, как уплотнённые опилки и водонасыщенные грунты природного сложения. В этих экспериментах жесткость ВАЭ моделировалось пружинными приставками и модельными сваями с жесткостью на продольное сжатие  $K$  (Рис.1).

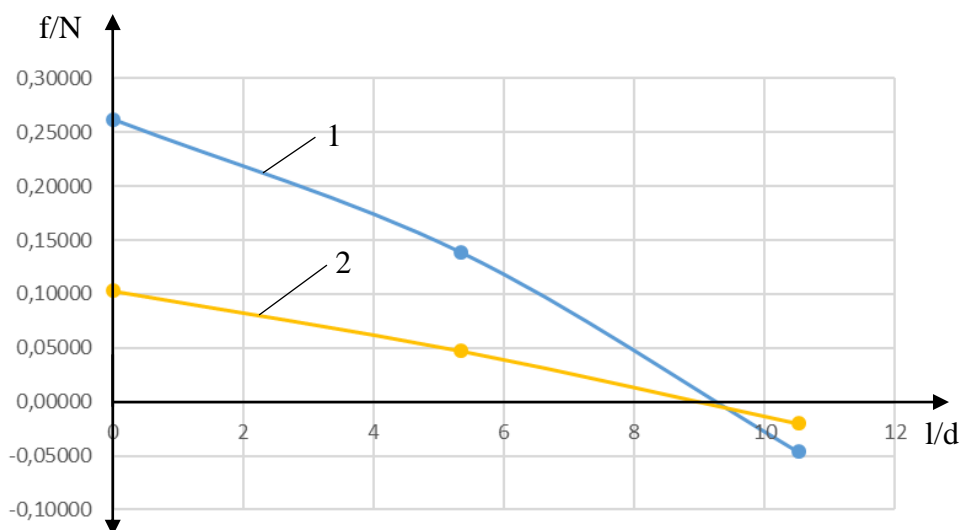
На первом этапе исследования в качестве основания была принята модель основания в виде уплотненных опилок и расставленных по площади пружин. На втором этапе было проведено исследование по определению прогиба центрально-нагруженной фундаментной плиты на моделях основания, характеризующих слабые водонасыщенные суглинки природной структуры и армированные ВАЭ.

Результаты двух проведенных экспериментов были сопоставлены друг с другом. В начале была определена цилиндрическая жесткость плиты с размерами в плане 1500 x 1300 и толщиной 5 мм. Как показали результаты модельных испытаний, прогиб металлической плиты загруженной сосредоточенной нагрузкой укрепленной ВАЭ уменьшился почти 2,46 (рис. 2) раза.

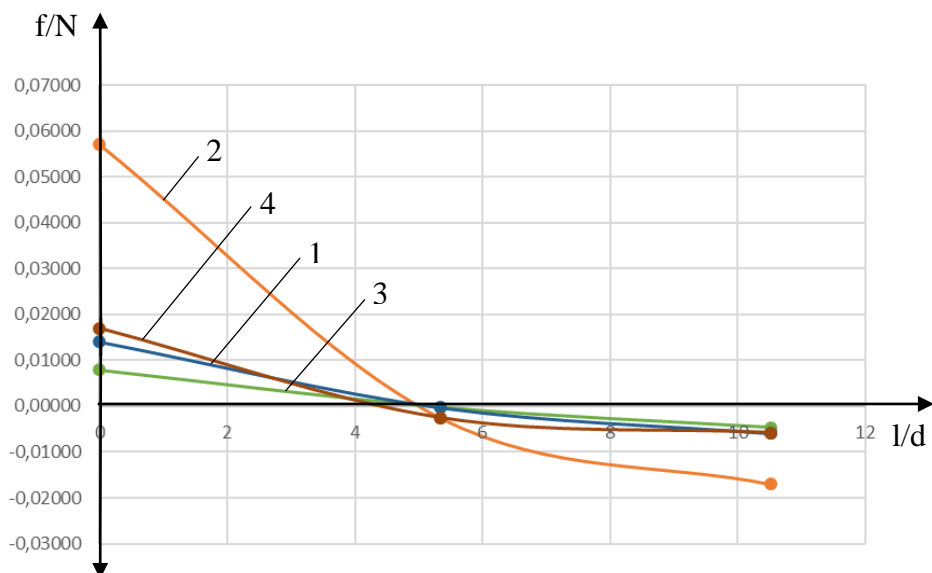
Сопоставительные результаты проведенных экспериментов представлены в виде графика, прогиб от единичной нагрузки ( $f/N$ ), от приведенного расстояния ( $1/d$ ), где  $d$  - диаметр жесткой круглой штамп, через которую передавалась сила (Рис.2).

С целью изучения влияния вертикальных армоэлементов на изгиб плит были так же проведены исследования изгиба центрально-нагруженных плитных фундаментов в моделях с водонасыщенными грунтами.

Для сравнения проведенных исследований результаты всех экспериментов сведены в таблицу и представлены в виде графика (Рис. 3). Из



**Рис. 2. Графика прогиб от единичной нагрузки ( $f/N$ ), от приведенного расстояния ( $l/d$ ), где  $d$  -диаметр жесткой круглой штамп, через которую передавалась сила. 1-на слобом основание; 2- на основание укрепленном с модели ВАЭ.**

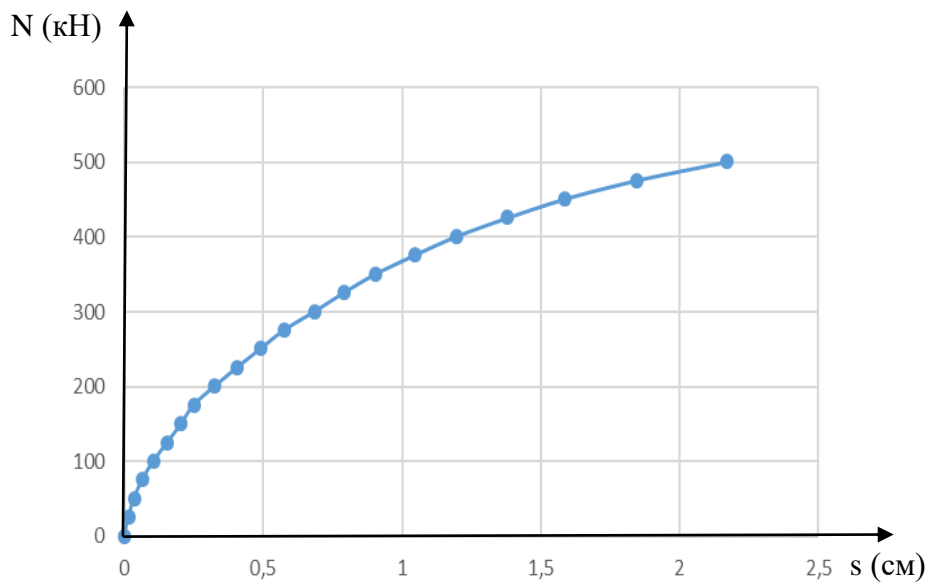


**Рис. 3. Графика прогиб от единичной нагрузки ( $f/N$ ), от приведенного расстояния ( $l/d$ ), где  $d$  -диаметр жесткой круглой штамп, через которую передавалась сила. 1-на естественном основании; 2- на водонасещенном основании; 3- на естественном основании укрепленном с модели ВАЭ; 4- на водонасещенном основании укрепленном с модели ВАЭ.**

проведенных экспериментов можно сделать вывод о том, что изгиб центрально-нагруженных плитных фундаментов, усиленных при помощи ВАЭ, уменьшились 2,5-3,0 раза. При этом активная область (радиус) распространения изгиба составляет примерно 5 ( $l/d$ ) от центра нагружения.

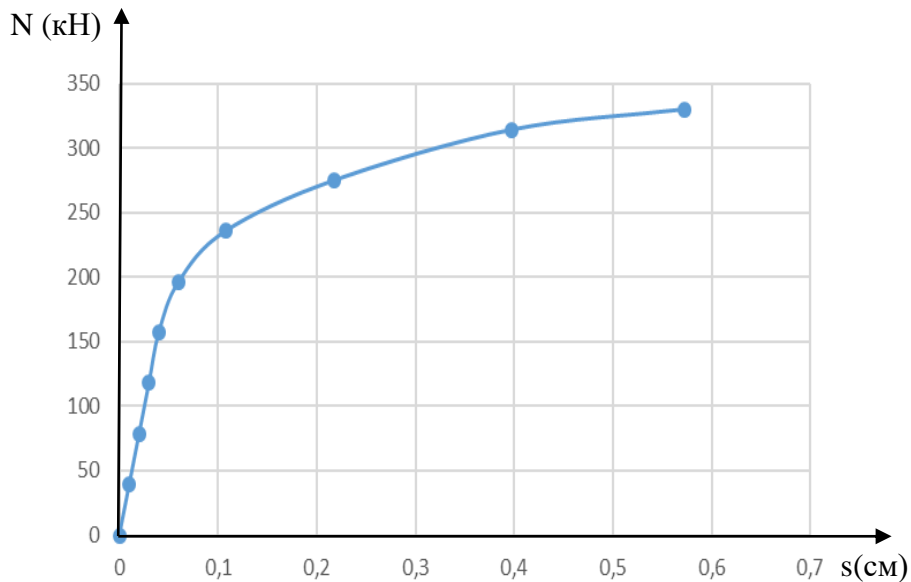
**Результаты натурных испытаний ВАЭ.** В рамках поставленных задач были проведены натурные эксперименты по определению несущей способности и податливости вертикальных армоэлементов, возведенных различными технологиями. В частности, результаты испытаний бетонных ВАЭ, выполненные в шурфах диаметром 500 мм, длиной 5-6 м на лессовых

грунтах представлены на рис.4.



**Рис. 4. График зависимость между нагрузкой и вертикальным**

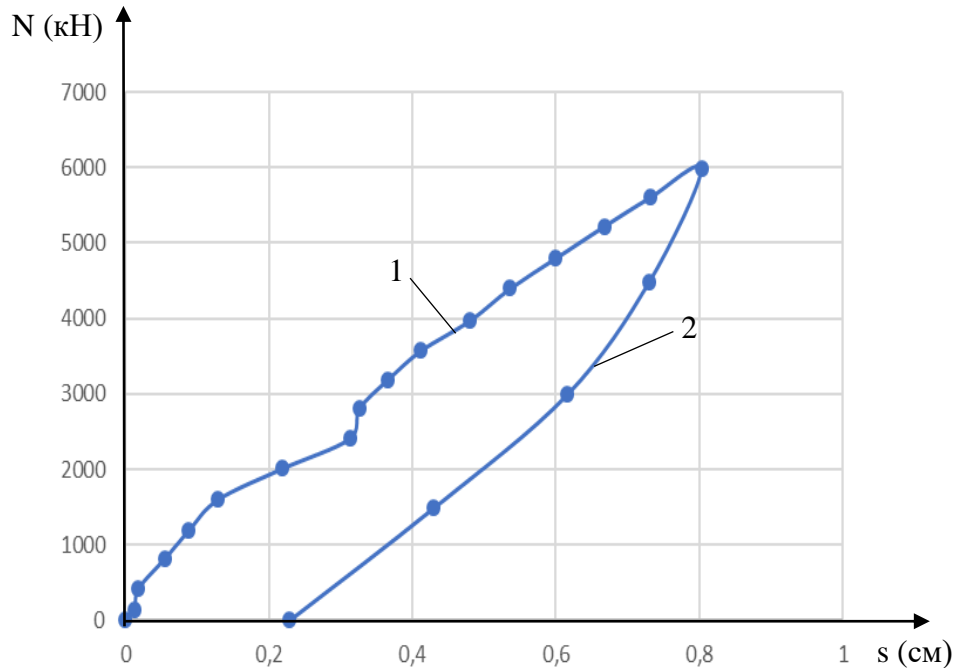
Так же были проведены исследования по определению несущей способности ВАЭ и податливости, выполненные по смесительной технологии (SoilMix) (грунтоцементные сваи) длиной 5 м, диаметром 500 мм. Такие эксперименты были проведены на лёссовых грунтах с глубиной ГГВ, расположенный 3-4 м. (Рис. 5).



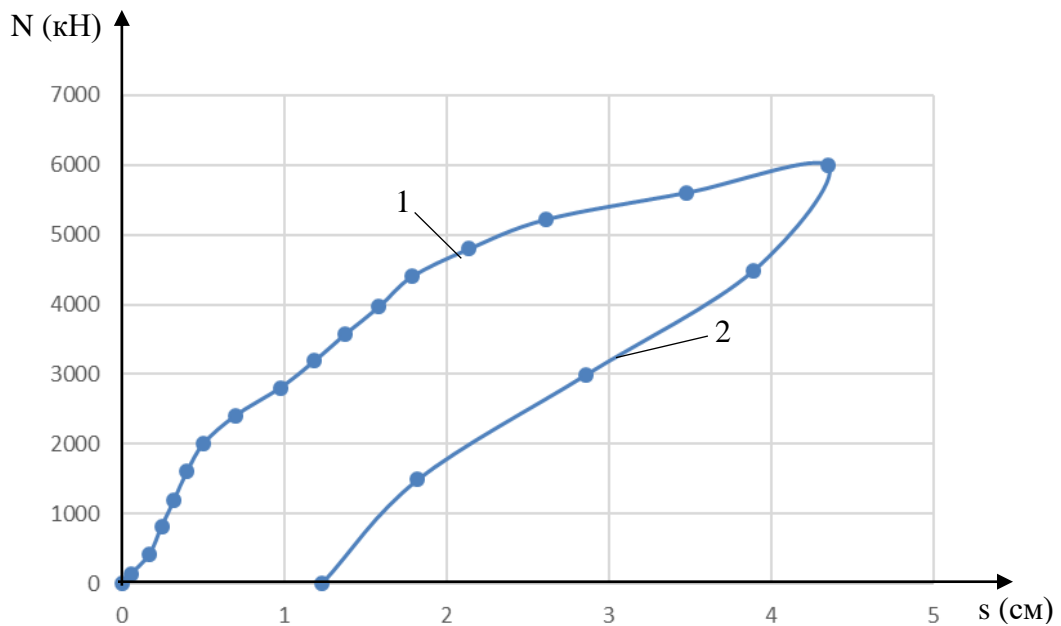
**Рис. 5. График зависимость между нагрузкой и вертикальным перемещением грунто-цементовых ВАЭ D=500 мм L=5000 мм.**

Были так же исследованы ВАЭ диаметром 700 мм, длиной 24 м, выполненные по технологии SoilMix (объекты Ташкент Сити). Грунты лёссовые просадочные с мощностью 20 м. (Рис. 6). По результатам проведенных экспериментов установлены совпадения ожидаемой осадки ВАЭ с проектным (Рис. 6). Согласно этим графикам, при несущей

способности ВАЭ 6000кН суммарная осадка составила 8 мм. Нагрузка на ВАЭ передавалась посредством ж/б тумбы размером 800 x 800 мм. Были так же получены результаты испытания ВАЭ, полученные по смесительной технологии SoilMix на объектах «Самаркандского туристического центра», расположенного на водонасыщенных грунтах аллювиального происхождения, т.е. в заиленных гальках. ВАЭ были выполнены диаметром



**Рис. 6. График зависимость между нагрузкой и вертикальными перемещениями ВАЭ D=700 мм L=24000 мм. 1-нагружение; 2-разгрузка**



**Рис. 7. График зависимость между нагрузкой и вертикальными перемещениями ВАЭ D=700 мм L=12000 мм. 1-нагружение; 2-нагружение.**

700 мм и длиной 12 м. (Рис. 7). Согласно данным, несущая способность определена в 5000 кН и его осадка составила порядка 5 см.

Из этих экспериментов можно сделать следующий вывод. Установлено, что несущая способность бетонных и грунто-цементовых ВАЭ диаметром 500 и длиной 5-6 м составляет 350-500 кН. Установлено, что несущая способность ВАЭ с цементно-суглинковым грунтом и цементно-гравийным грунтом диаметром 700 и длиной 24 и 12 м, выполненных методом перемешивания, составляет около 5000-6000 кН. Таким образом ВАЭ в зависимости от материала и геометрических размеров могут нести достаточно высокие проектные нагрузки.

Третья глава диссертации под названием: **«Теоретические основы оснований, армированных вертикальными элементами, и их взаимодействие со слабым основанием»**. В этом разделе рассматривается напряженно-деформированное состояние основания, укрепленного вертикальными армоэлементами. Приводится метод расчёта фундаментов на основаниях, укрепленных ВАЭ.

Для расчета и проектирования фундаментов на основаниях, укрепленных из ВАЭ, необходимо определить как несущую способность, так и податливость ВАЭ. Несущую способность ВАЭ можно определить двумя разными способами: в условиях натуральных экспериментов, так и теоретическими расчётами.

Многочисленные эксперименты, проведенные с бетонными, грунтоцементными и бетонно-грунтоцементными (комбинированными) ВАЭ, показало, что их вертикальные перемещения под действием внешних нагрузок (сил) не превышают 2–3 см при расчете их несущей способности. На основе анализа результатов экспериментов, выполненных при одинаковых грунтовых условиях, несущая способность ВАЭ и расстояния между ними могут быть определены из приведенных выше выражений (2 и 3).

***Осадка (деформация) фундаментов на основаниях, укрепленных ВАЭ.***

Когда график зависимости между относительной деформацией и напряжением является линейным, осадка фундаментов на основаниях укрепленных ВАЭ определяется с использованием нижеприведённой схемы (Рис. 9) и следующего (8) выражения:

$$s_z = s_{ВАЭ} + s_0 \quad (8)$$

где:  $s_{ВАЭ}$  - деформация ВАЭ, м;  $s_0$  - деформация грунтов под остриём ВАЭ, м. Для бетонных ВАЭ это приемлемо  $s_{ВАЭ} \cong 0$  при выполнении условия  $D/L \geq 0.075$ . В остальных случаях деформацию ВАЭ и деформацию грунтов по ВАЭ определяют с помощью следующего традиционного метода элементарной суммирования:

$$s_z = \sum_{i=1}^{L_{BAЭ}} \frac{\sigma_{zi}}{E_{BAЭi}} \Delta z + \beta \sum_{i=1}^{H_{ф.с.к}} \frac{\sigma_{zpi}}{E_{satoi}} \Delta h \quad (9)$$

где:  $E_{BAЭi}$  - модуль упругости материала ВАЭ, кПа (для бетонных ВАЭ модуль деформации определяется в зависимости от класса бетона; для цементно-грунтовых обязательно определение его в лабораторных условиях. Модуль деформации цементно-грунтового материала определяется по стандартной технологии и рассчитывается с учетом поправочного коэффициента);  $\Delta z$  - приращение глубины ВАЭ отдельного слоя, м;  $\beta$  - коэффициент бокового расширения грунта, расположенного ниже острия ВАЭ;  $\sigma_{zpi}$  - дополнительное вертикальное нормальное напряжение в  $i$ -ом элементарном слое, ограниченной активной глубины сжатия грунта расположенного ниже острия ВАЭ кПа, ( $\sigma_{zpi} = \alpha * \sigma_{zL}$ );  $\alpha$  - коэффициент, (принимаемый от табл. КМК 2.02.01-98) (в данном случае  $\alpha$  принимается для круглых фундаментов);  $E_{satoi}$  - модуль деформации водонасыщенного грунта, расположенного в активной области сжатия, кПа;  $\Delta h$  - толщина элементарного слоя в активной области сжатия, м;  $\sigma_{zi}$  - нормальное напряжение, вдоль оси ВАЭ (Рис. 8), определяемое по выражению, предложенной А.З Хасановым

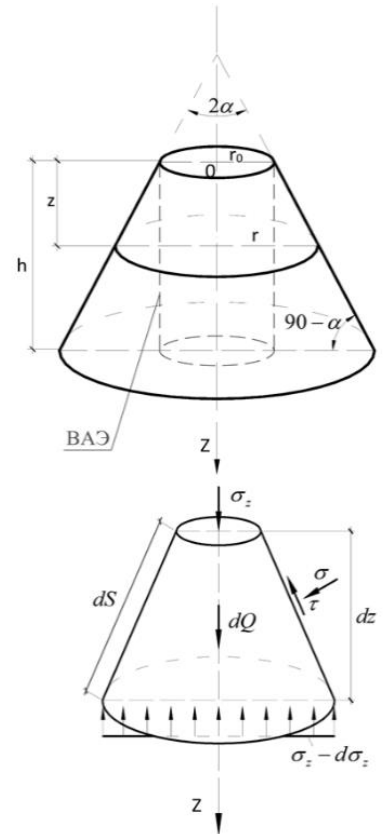


Рис. 8. Расчётная модель для вычисления нормальных напряжений вдоль ствола ВАЭ.

$$\sigma_z = \frac{1}{tg\alpha} \left[ \frac{\gamma \cdot r_0}{2\lambda + 1} \left( 1 + \frac{z}{r_0} tg\alpha \right) - \frac{c}{\lambda} \right] + \left[ q - \left( \frac{\gamma \cdot r_0}{2\lambda + 1} - \frac{c}{\lambda} \right) \frac{1}{tg\alpha} \right] \left( 1 + \frac{z}{r_0} tg\alpha \right)^{-2\lambda} \quad (10)$$

где

$$\lambda = 1 - \frac{\xi}{\cos\alpha} + \frac{\xi tg\varphi}{\cos\alpha} \quad (11)$$

где  $\xi$  - коэффициент бокового давления материала ВАЭ;  $\gamma$  - удельный вес, кН/м<sup>3</sup>;  $c$  - удельное сцепление грунтов, кПа;  $\varphi$  - угол внутреннего трения грунтов, °;  $\alpha$  - угол расширения усеченного конуса по глубине;  $r_0$  - радиус вертикального армоэлемента, м;  $z$  - толщина элементарного слоя, м;  $q$  - равномерно распределенная нагрузка, действующая на ВАЭ, кН/м<sup>2</sup>, (если  $z = 0$ , то  $q = \sigma_{z0}$ ).

Выражение (10) позволяет определить значение нормального напряжения, усеченного конуса по длине ВАЭ. Расчётная модель определения этой функции (10) представлена на рисунке 8. Если величины прочностных характеристик грунтов, т.е. удельное сцепление и угол внутреннего трения ( $c$  и  $\varphi$ ) увеличиваются, нормальное напряжение по глубине рассеивается более интенсивно. Таким образом, уравнение (10) является математическим выражением, которое позволяет определять нормальные напряжения по вертикальной оси ВАЭ и дополнительные напряжения у его основания.

Осадка фундаментов на основание, укрепленных ВАЭ, определяется суммой деформаций элементарных слоев ВАЭ и суммой деформаций элементарных слоев, расположенных в активной области сжатия грунта под острием ВАЭ.

Определение значения нагрузки, которая может быть передана на ростверк на основание укрепленных ВАЭ, следует выполнять в соответствии со следующим выражением

$$P = q \frac{D^2 \pi}{4} + R(A_{Poc} - A_{BAЭ}) \quad (12)$$

Откуда мы определяем силу, передаваемую на ВАЭ

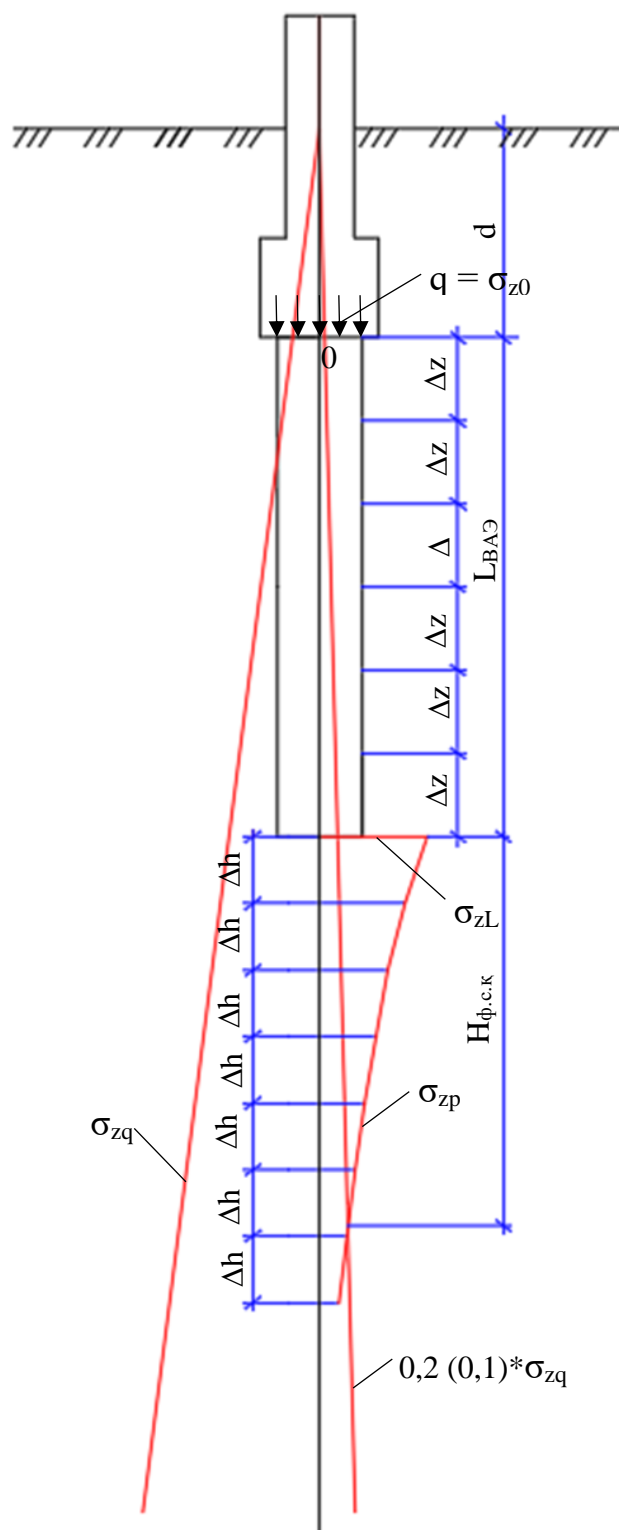


Рис. 9. Расчетная схема для определения осадки фундаментов на основание, укрепленных ВАЭ.

$$q = \frac{4[P - R(A_{\text{roc}} - A_{\text{BAЭ}})]}{\pi D^2} \quad (13)$$

где:  $R, P_{sl}$  – расчетное сопротивление грунта основания или начальное просадочное давление грунтов основания, кПа;  $A_{\text{roc}}$  – площадь поверхности подошвы ростверка, соответствующая одиночной ВАЭ, м<sup>2</sup>;  $A_{\text{BAЭ}}$  – площадь поперечного сечения ВАЭ, м<sup>2</sup>;  $D$  – диаметр ВАЭ, м.

**Расчет сопротивления сдвигу песчаного демпферного слоя на сдвиг.** Определим демпфирующие характеристики контактной песчанной прослойки демпфера. На рис. 10 представлена расчетная схема. Расчетную модель демпфера из песка примем как упруго-пластическую модель. При выполнении условия  $F_h < F_R$  модель характеризует упругие свойства и при  $F_h \geq F_R$  пластическое течение.

Инерционные горизонтальные сейсмические силы

$$F_h = m * a = \frac{F_v}{g} a = \frac{(N + q * l)}{g} a \quad (14)$$

Вертикальные силы реакции основания с учетом (12)

$$F_R = R(A_{\text{roc}} - A_{\text{BAЭ}}) + F_d \quad (15)$$

где  $a$  – сила сейсмического ускорения,  $R$  – расчетное сопротивление грунта расположенное между ВАЭ, принимается с учетом сейсмических воздействий;  $F_d$  – несущая способность ВАЭ

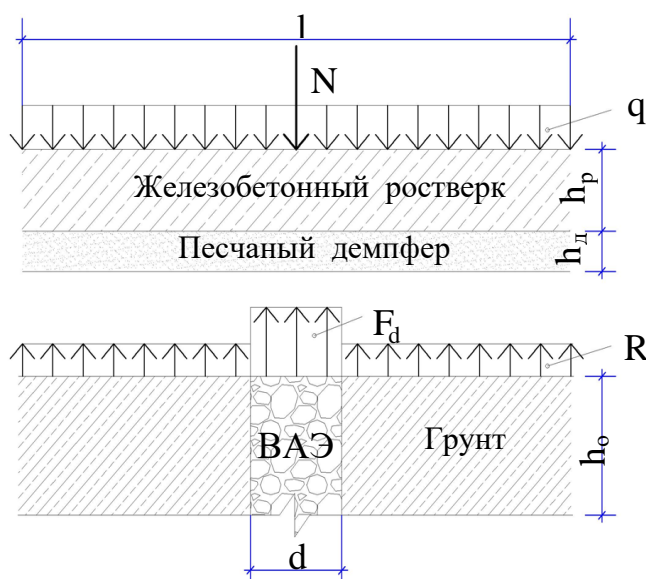


Рис.10. Расчетная схема песчаного

$$F_R = R(A_{\text{roc}} - A_{\text{BAЭ}}) + F_d \geq F_h \quad (16)$$

При выполнении условия

$$\frac{F_h}{F_R} \geq f = \text{tg } \varphi \quad (17)$$

произойдет поглощение сейсмической энергии, иначе сдвиг по контактной зоне песчаного демпфера.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, проведенных по теме «Исследование работы вертикальных армоэлементов (ВАЭ) при возведении оснований зданий и сооружений в инженерно-геологических условиях Узбекистана» диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам представлено следующее заключение:

1. Укрепление грунтов с использованием ВАЭ позволяет значительно снизить (2-3 раз) возникновение неравномерной осадки оснований и повысить несущую способность слабых грунтов.

2. При воздействии на фундаменты сосредоточенных нагрузок в основаниях с применением ВАЭ ожидается существенное уменьшение прогибов и усилий на ростверк (2-3 раза), что способствует экономии арматуры.

3. Предложены математические выражения (2,3), позволяющие определять расчётную несущую способность ВАЭ и расстояния между ними.

4. Представлена расчётная модель взаимодействия ВАЭ и окружающего его грунта с ростверками с использованием известной модели Винклера (коэффициента постели) и линейной жесткости, что позволила производить расчёты с применением известных программных комплексов.

5. Разработана расчетная схема условие на сдвиг сейсмозащитного песчаного демпфера.

6. По результатам проведённых исследований авторами подготовлено пособие по расчёту и проектированию оснований, укрепленных ВАЭ и программа расчётов на ЭВМ.

7. В зависимости от продольной жёсткости и устойчивости, ВАЭ условно можно разделить на жёсткие, податливые и гибкие. Бетонные и преобразованные в виде цементогрунтовых ВАЭ с соотношением сторон  $D/L \geq 0.075$  относятся к категории жестких, при  $0.075 \leq D/L \leq 0,05$  - относятся к конечной жесткости и при менее  $D/L \leq 0,05$ -относится к гибким. Например, грунтовые сваи относятся к категории гибких, а бетонные с соотношением  $D/L \geq 0.075$  к жестким.

8. Предложенные выражения (8, 9 и 10) позволяют определять несущую способность ВАЭ в отдельно выделенных геологических условиях. После определения несущей способности ВАЭ с использованием предложенных математических выражений (8, 9 и 10) расстояния между ВАЭ могут быть более точно рассчитаны (определены) с использованием выражения (3).

9. Предложенная расчётная модель, позволяет определять несущую способность ВАЭ для многослойных оснований, с различными параметрами прочности и его геометрическими размерами. В этом случае длина ВАЭ ограничивается с выполнением условия  $\sigma_z \leq R$ .

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.18/30.12.2019.T.09.01 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE TASHKENT STATE TRANSPORT  
UNIVERSITY**

---

**SAMARKAND STATE ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE**

**KURBANOV BAKHODIR IRKINOVICH**

**RESEARCH WORK OF VERTICAL ARMOELEMENTS (VAE) IN THE  
CONSTRUCTION OF FOUNDATIONS OF BUILDINGS AND  
STRUCTURES IN THE ENGINEERING AND GEOLOGICAL  
CONDITIONS OF UZBEKISTAN**

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

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

**Samarkand -2021**

The theme of doctor the philosophy (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2020.4.PhD/T2007.

The dissertation has been prepared at the Samarkand state architecture and civil engineering institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website [www.tdtu.uz](http://www.tdtu.uz) and on the website of "ZiyoNet" Informational and educational portal [www.ziyo.net/uz](http://www.ziyo.net/uz).

**Scientific adviser:** **Khasanov Askar Zabiyevich**  
doctor of technical sciences, professor

**Official opponents:** **Yldashev Sharafiddin Sayfitdinovich**  
doctor of technical sciences, professor

**Khayumov Abdubokhi Djallilovich**  
doctor of technical sciences, professor

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

The defense of the dissertation will be held at the meeting the Scientific Council under the Tashkent State Transport University DSc.18/30.12.2019.T.09.01 2021 "11" 12 hours at 12:30 (Address: 100167, Tashkent, Odilkhojaeva, 1. Tel/fax: (99871) 293-57-54, e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru))

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Center of the Tashkent State Transport University (is registered number No 044 (Address: 100167, Tashkent, st. Adylkhodzhaeva, 1. Tel/fax: (99871) 293-57-54, e-mail: [tashiit\\_rektorat@mail.ru](mailto:tashiit_rektorat@mail.ru))

Abstract of the dissertation sent on the "29" of "11" 2021 y.  
(mailing report No. 8 on "10" 10 2021 y.)



**A.A. Riskulov**  
Chairman of the scientific council awarding scientific degree, doctor of technical sciences, professor

**R.M. Xudoykhulov**  
Scientific secretary of scientific council awarding scientific degrees, doctor of philosophy, docent

**S.I. Sadikov**  
Chairman of the academic seminar under the scientific council awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**The aim of the study** is to determine the bearing capacity and ductility of the reinforced foundations of VAEs erected using different technologies in different geotechnical conditions of Uzbekistan. Investigation of the joint operation of the HAE with the foundation structure, development of a contact model with the surrounding soil mass of weak soil.

**The tasks of research:**

development of HAE technologies and improvement of this method in the construction of reinforced foundations in various engineering and geological conditions in Uzbekistan;

determination of material strength and bearing capacity of vertical reinforcement elements constructed by different technologies;

determination of VAE compliance, development and improvement of contact models for foundations with VAE soils;

improvement of methodology for calculation of settlement of the foundations of reinforced HAE, taking into account the technology of erection, material, geometric and physical - mechanical properties of soil.

**The objects of research** the vertical reinforcement elements are constructed using different technologies in different engineering and geological conditions of the Republic of Uzbekistan.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

the technology for vertical reinforcement elements made of concrete, soil-cement mixtures in different engineering and geological conditions has been developed and improved;

based on the experiments carried out, a mathematical expression aimed at determining the load-bearing capacity of vertical reinforcing elements has been proposed;

the influence of VAE stiffness on foundation deflection has been experimentally confirmed and a computational contact model for their calculation has been proposed;

summarising all the data obtained, it is proven through experiments and observations that foundations and foundations reinforced with vertical reinforcement elements with a damping layer can reduce seismic forces on buildings.

**The practical results of the study** are as follows:

the results obtained allowed to reduce the impact of uneven sediments by 2,5-3,0 times and the operational reliability of buildings and structures;

the bases strengthened with HAE help to reduce the deflection of foundations by 1,5-2,0 times, while 10-12 % of material costs savings are achieved during the construction of foundations;

strengthening of foundations and foundation with vertical reinforcing elements is achieved by reducing seismicity of a building site by 1 point at the expense of applying a complex of sand damping.

**Scientific and practical significance of research results.** The scientific significance of the research results is substantiated by the use of experimentally verified mechanical model, mathematical expressions allowing maximum use of the method in the calculation and design of foundations reinforced with HAE.

The scientific significance of the results of the research is substantiated by the introduction in construction of the approved in practice methods of erection of reinforced vertical reinforcing elements of foundations.

The proposed calculation scheme of accounting for VAE compliance in calculations, makes it possible to calculate the contact problem, including the calculation of foundation deflections.

**Approbation of research results.** The results of this dissertation research have been discussed at 6 international (including 1 foreign) and 4 national scientific-practical conferences.

**The structure and volume of the dissertation.** The thesis consists of an introduction, three chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The thesis is 119 pages long.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; I part)**

1. Курбонов Б.И. Лёсс ва лёссимон ўта чўкувчан грунтларни мустаҳкамлаш учун грунтли цемент вертикал армоэлементларни барпо этиш технологияси. // Меъморчилик ва қурилиш муаммолари, илмий-техник журнал, Самарқанд -2019, №4, (1-қисм) 93-95 б. (05.00.00; №14).

2. Курбонов Б.И., Азимова Ш.Н. Лёсс ва лёссимон ўта чўкувчан грунтларни мустаҳкамлаш учун грунтцементлардан барпо этилган вертикал армоэлементларни юк кўтара олиш қобилиятини аниқлаш. // Меъморчилик ва қурилиш муаммолари, илмий-техник журнал, Самарқанд -2020, №3, (1-қисм) 108-111 б. (05.00.00; №14).

3. Курбонов Б.И. ВАЭ ларнинг ишлашини тадқиқ этиш учун замин ва яхлит пойдевор моделларида тажрибалар ўтказиш. // Меъморчилик ва қурилиш муаммолари, илмий-техник журнал, Самарқанд -2021, №1, (1-қисм) 118-122 б. (05.00.00; №14).

4. Курбонов Б.И. Вертикал армоэлементлар (ВАЭ) билан мустаҳкамланган асосларнинг кучланганлик ҳолати ва пойдеворлар чўкишининг (деформациясининг) ҳисоби. // Архитектура, қурилиш, дизайн. – Тошкент, 2021, №1. 154-160. (05.00.00; №4).

5. Курбонов Б.И. Вертикал армоэлементлар (ВАЭ) билан мустаҳкамланган сунъий асослардаги пойдеворлар. // Меъморчилик ва қурилиш муаммолари, илмий-техник журнал, Самарқанд -2021, №2, (1-қисм) 161-165 б. (05.00.00; №14).

6. A.Z. Khasanov, Z.A. Khasanov and B.I. Kurbanov. Calculation and design of vertical reinforcing elements (VAE) in soils // European Journal of Research Development and Sustainability (EJRDS) ISSN (E): 2660-5570. May 2021 Available Online at: <https://www.scholarzest.com> Vol. 2 No. 5, May 2021, pp. 39-42 (№2, Journal Impact Factor; №25, Directory of Open Access Journals. IF=7.455).

**II бўлим (II часть; II part)**

7. Хасанов А.З., Курбонов Б.И. Фундаменты на искусственных основаниях, укрепленные вертикальными армо-элементами (ВАЭ) с сейсмозащитной сепфирующей прослойкой “Геофундаментпроект” // “Ўзбекистон Республикасида архитектура, шаҳарсозлик ва дизайнни модернизациялаш ҳамда инновацион ривожлантириш муаммолари ва ечимлари” мавзусидаги республика илмий-амалий конференцияси материаллари. Самарқанд ш., СамДАҚИ, 17-18 апрел 2019 йил. 172-175 б.

8. Курбонов Б.И. Вертикал армоэлемент (ВАЭ)ларнинг қозикли пойдеворлардан асосий фарқи // “Замонавий архитектура, бинолар ва иншоотларнинг мустаҳкамлиги, ишончилиги ва сейсмик хавфсизлик

муаммолари” Республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. Наманган шаҳри, 6-8 май 2021 йил. 197-199 б.

9. Курбонов Б.И. Вертикал армоэлемент (ВАЭ) ўқи бўйича нормал кучланишларни аниқлашнинг ҳисобий модели // “Замонавий архитектура, бинолар ва иншоотларнинг мустаҳкамлиги, ишончилиги ва сейсмик хавфсизлик муаммолари” республика илмий-амалий конференция материаллари тўплами. Наманган шаҳар, 6-8 май 2021 йил. 199-202 б.

10. Курбонов Б.И., Азимова Ш.Н. Мавжуд турар-жой бинолари асосларини вертикал армоэлементлар ёрдамида мустаҳкамлаш йўли билан уларнинг устига қўшимча қаватлар қуриш // “Таълим, фан ва ишлаб чиқариш интеграцияси асосида илм-фан ва инновацион ютуқларни такомиллаштириш истиқболлари” мавзусидаги XVIII республика илмий-амалий онлайн конференцияси материаллари. Самарқанд ш., СамДАҚИ, 9-июн 2021 йил. 23-25 б.

«ГДТУ Хабарномаси» илмий-техника журнали таҳририятида  
таҳрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус тиллардаги матнларининг мослиги  
текширилди.

Нусха кўпайтирувчи: **ЯТТ «Ризаев М.Х.»**.  
Босишга руҳсат этилди: 24.11.2021 й.  
Бичими 21x30<sup>1</sup>/<sub>2</sub>. Адади: 80 нусха.  
Тошкент, Фаровон 4-тор кўча, 35.

---