

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.Т/ФМ.61.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ**

ТУРДИКУЛОВ ХУСАНБОЙ ХУДОЙНАЗАРОВИЧ

**ТАБИИЙ КУЗАТИШ НАТИЖАЛАРИНИ ҲИСОБГА ОЛГАН ҲОЛДА
АСОСИЙ ЮКЛАР ТАЪСИРИДА ГРУНТЛИ ТЎҒОНЛАРНИ
УСТУВОРЛИККА ҲИСОБЛАШ**

01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси

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

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси
Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)
по техническим наукам
Contents of the abstract of doctoral dissertation (PhD)
in technical sciences**

Турдикулов Хусанбой Худойназарович

Табиий кузатиш натижаларини ҳисобга олган ҳолда асосий юклар таъсирида грунтли тўғонларни устуворликка ҳисоблаш.....3

Турдикулов Хусанбой Худойназарович

Расчёт устойчивости грунтовых плотин при основных нагрузках с учётом данных натурных наблюдений21

Turdikulov Khusanboy Khudoynazarovich

Calculation of the stability of earth dams under the basic loads taking into account the data of field observations39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ

List of published articles42

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**МЕХАНИКА ВА ИНШОТЛАР СЕЙСМИК МУСТАҲКАМЛИГИ
ИНСТИТУТИ**

ТУРДИКУЛОВ ХУСАНБОЙ ХУДОЙНАЗАРОВИЧ

**ТАБИИЙ КУЗАТИШ НАТИЖАЛАРИНИ ҲИСОБГА ОЛГАН
ҲОЛДА АСОСИЙ ЮКЛАР ТАЪСИРИДА ГРУНТЛИ ТЎҒОНЛАРНИ
УСТУВОРЛИККА ҲИСОБЛАШ**

01.02.04 – Деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси

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

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2019.1.PhD/Т972 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (www.instmech.uz) ва «Ziyonet» ахборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Салямова Клара Джаббаровна техника фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Султанов Тахиржон Закирович техника фанлари доктори, профессор Мирзаев Ибраҳим физика-математика фанлари доктори, профессор
Етакчи ташкилот:	Наманган муҳандислик-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти ҳузуридаги DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2021 йил «30» июнь соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Дўрмон йўли кўчаси, 33, 1 - мажлислар зали. Тел.: (99871) 262-71-52; факс: (99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

Диссертация билан Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академияси М.Т.Ўрозбоев номидаги Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (5- рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100125, Тошкент шаҳри, Дўрмон йўли кўчаси, 33 уй.

Диссертация автореферати 2021 йил «18» июнь куни тарқатилди.
(2021 йил «18» июндаги 1 рақамли реестр баённомаси).



М.М. Мирсаидов
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор, ЎЗР ФА академиги

М.К. Усаров
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш илмий котиби, ф.-м.ф.д., к.и.х.

Р.А. Абиров
Илмий даражалар берувчи илмий кенгаш қошидаги илмий семинар раиси, ф.-м.ф.д., к.и.х.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Жаҳонда халқ хужалигини электр энергияси ва қишлоқ хўжалигини сув таъминотини кафолатлаш баланд грунтли тўғонларни қуришга йўналтирилган. Бундай баланд грунтли тўғонлар сейсмик активлиги юқори худудларда барпо қилинмоқда. Уларнинг лойиҳалаш ва қуришда сейсмик мустаҳкамлиги ва устуворлигини таъминлаш, муҳим масалалардан бири ҳисобланади. АҚШ, Буюк Британия, Испания, Франция, Россия Федерацияси, Япония, Туркия, Хитой, Ҳиндистон ва бошқа мамлакатларда грунтли тўғонларни лойиҳалашнинг самарали услубларини ишлаб чиқиш, уларни мустаҳкамлиги ва устуворлигини таъминлаш борасидаги муаммоларни ҳал этиш алоҳида аҳамиятга эга.

Жаҳонда сейсмик фаол худудларда жойлашган грунтли тўғонларнинг сейсмик мустаҳкамликка ҳисоблаш услубларини ривожлантириш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада, ташқи кучлар таъсирида грунтли тўғонларнинг ҳолатини олдиндан баҳолаш мақсадида кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини аниқлаш ва устуворликка ҳисоблашнинг замонавий усулларини такомиллаштириш, грунтли тўғонлардаги табиий кузатиш натижасида олинган кучланиш, чўкиш ва силжишларнинг қийматларини, грунтли тўғонларни назарий ҳисоблаш усуллари натижалари билан солиштиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикамизда гидротехник иншоотларнинг, жумладан грунтли тўғонларининг зилзилабардошлигини ошириш ва уларнинг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш бўйича чора-тадбирлар амалга оширилиб, грунтли тўғонларни зилзилабардошликка ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш бўйича тадқиқотлар кенг кўламда олиб борилмоқда. Бу борада грунтли тўғонларнинг реологик хусусиятларини, геометрик шаклларини ва нотурғун фильтрациясини ҳисобга олган ҳолда кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини аниқлаш усулларини ишлаб чиқишга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «...131 дона мелиоратив объектлардаги гидротехник иншоотларни қуриш ва реконструкция қилиш;...»¹ муҳим вазифалари белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда, жумладан гидротехник иншоотларни сейсмик таъсирларга ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш, табиий кузатиш натижаларини ҳисобга олган ҳолда асосий юқлар таъсирида грунтли тўғонларни устуворликка ҳисоблаш, гидротехник иншоотларни кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини сонли ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш муҳим илмий аҳамиятга эга ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги, 2017 йил 1 июндаги ПФ-5066-сон

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

«Фавқулудда вазиятларнинг олдини олиш ва уларни бартараф этиш тизими самарадорлигини тубдан ошириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Фармонлари, 2017 йил 9 августдаги ПҚ-3190-сон «Ўзбекистон Республикаси ҳудуди ва аҳолисининг сейсмик хавфсизлиги, сейсмик чидамли қурилиш ва сейсмология соҳасида илмий тадқиқотлар ўтказишни янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги ва 2020 йил 30 июлдаги ПҚ-4794-сон «Ўзбекистон Республикаси аҳолиси ва ҳудудининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги Қарорларида ҳамда мазкур фаолиятга тегишли меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Диссертация тадқиқоти Ўзбекистон республикаси фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Математика, механика ва информатика» ва XIV. «Сейсмология, бинолар ва иншоотлар сейсмик хавфсизлиги ва қурилиш» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Турли хил грунтли иншоотларнинг мустаҳкамлигини ва устуворлигини баҳолаш муаммолари бўйича мамлакатимиз ва чет элларда бир қатор олимлар тадқиқот ишлари олиб боришган. Турли хилдаги ер усти ва ер ости иншоотларининг тупроқ билан ўзаро таъсирини ҳисобга олган ҳолда, шу жумладан гидротехник иншоотларининг, мустаҳкамлиги, устуворлигини баҳолаш ва табиий шароитдаги кузатувлар таҳлилининг илмий асослари М.Т.Уразбаев, М.М.Мирсаидов, К.С.Султанов, Т.Р.Рашидов, Т.Буриев, Т.Ш.Ширинкулов, М.А.Ахмедов, Г.Х.Хожметов, Б.М.Мардонов, И.Мирзаев, Р.Х.Мухутдинова, Т.З.Султанов, К.Д.Салямова, Б.Э.Хусанов, Х.С.Сагдиев, Д.Ф.Руми, З.Р.Тешабаев, Х.Файзиев, М.Р.Бакиев, Т.Мавлонов, Х.З.Расулов, А.А.Янгиев, В.Б.Глаговский, З.Г.Тер-Мартirosян, В.Н.Ломбардо, Б.Е.Победря, Н.А.Цытович, С.С.Вялов, М.А.Колтунов, В.П.Недрига, К.Терцаги, А.А.Ничипорович, Р.Р.Чугаев, М.М.Гришин, А.Л.Гольдин, Н.А.Анискин, М.Долежаловой, Я.Журек, М.Н.Леднев, В.П.Никитин, А.А.Ничипорович, Л.Н.Расказов, И.В.Федоров, Т.И.Цыбульник, L.V.Zhang, Y.Wang, G.Wang, D.Q.Li, G.Beer, J.R.Booker, J.P.Carter, Wang Weibiao, K.Hoeg, K.Nackler, P.Tschemutter, G.V.Baecher, J.T.Christian, K.R.Ram, Nakagawa Hajimi, Kawaike Kenji Baba, Yasiyuki, Zhang Hao, A.A.Balkema ва бошқаларнинг асарларида келтирилган. Улар томонидан иншоотлар сейсмик мустаҳкамлигининг статик ва динамик назарияси, шунингдек ҳар хил юкламаларда иншоотларни ҳисоблаш усуллари, грунтларнинг чизиқли ва чизиқсиз моделлари ишлаб чиқилган ва такомиллаштирилган.

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти илмий-тадқиқот ишлари режасига мувофиқ №А-5-059 «Гидротехник иншоотларни табиий ҳолати ҳақидаги маълумотларини

ҳисобга олиб, ностационар сейсмик таъсирларга динамик ҳисоблаш асослари бўйича ишлаш шароитидаги гидроэлектрстанцияси грунтли тўғонининг зилзилабардошлигини таъминлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш», №ФА-А16-Ф036 «Грунтли тўғонларни мустаҳкамликка ва зилзилабардошликка баҳолашнинг илмий-амалий усуллар мажмуини ишлаб чиқиш, №ФА-А14-Ф057 «Грунт ва асосларнинг мураккаб деформацияланиш хусусиятларини, конструкцияларнинг ўзига ҳос хусусиятларини ва асбоблар ёрдамида олинган кузатиш маълумотларини ҳисобга олиб, грунтли гидротехник иншоотларни мустаҳкамликка ва устуворликка ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш» ва №ПЗ-20170923238 «Зилзилавий ҳудудларда грунтли тўғонларнинг хавфсиз ва ишончли ишлашини таъминлаш бўйича тавсиялар ишлаб чиқиш» мавзуларидаги лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади табиий кузатиш натижаларини ҳисобга олган ҳолда асосий юклар таъсирида грунтли тўғонларни устуворликка ҳисоблаш усулларини такомиллаштириш ва сейсмик мустаҳкамликка ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

статик юклар таъсиридаги грунтли тўғонларнинг механик хусусиятларини инобатга олган ҳолда чекли элементлар усулида соҳани тўртбурчакли элементларга ажратиш йўли билан ҳисоблаш услубини ишлаб чиқиш;

асосий юклар таъсирида (гравитация кучи ва гидростатика) грунтли тўғоннинг конструктив хусусиятларини, материалнинг бир жинсли эмаслигини ва сув омборидаги сувнинг сатҳини ҳисобга олган ҳолда кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини сонли ҳисоблаш услубларини ишлаб чиқиш;

зилзила интенсивлигига мос келадиган максимал сейсмик юкларни ҳисобга олишга асосланган грунтли тўғонларни сейсмик мустаҳкамликка ҳисоблашнинг статик усулини такомиллаштириш;

сонли ҳисоблаш натижаларини табиий кузатиш маълумотлари билан солиштиришга асосланган грунтли тўғонларнинг техник ҳолатини баҳолаш услубини ишлаб чиқиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида Чорвоқ ГЭСи грунтли тўғони олинган.

Тадқиқотнинг предмети иншоотнинг ўзига ҳос конструктив хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда чекли элементлар усулидан фойдаланиб гравитация кучи ва сейсмик таъсирларда Чорвоқ ГЭС грунтли тўғонининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини тадқиқ қилиш ҳамда сонли натижаларни табиий кузатиш натижалари билан солиштиришдан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасининг вариациялаш ҳисоби усули, грунтлар механикасининг консолидация ҳисоби усули, қурилиш механикасининг кўчиш усули, чекли элементлар усули ва ҳисоблаш экспериментлари усулларида фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

статик юклар таъсиридаги грунтли тўғонларнинг механик хусусиятларини инобатга олган ҳолда чекли элементлар усулида соҳани тўртбурчакли элементларга ажратиш йўли билан ҳисоблаш услуги ишлаб чиқилган;

асосий юклар таъсирида (гравитация кучи ва гидростатика) грунтли тўғоннинг конструктив хусусиятларини, материалнинг бир жинсли эмаслигини ва сув омборидаги сувнинг сатҳини ҳисобга олган ҳолда кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини сонли ҳисоблаш услублари ишлаб чиқилган;

зилзила интенсивлигига мос келадиган максимал сейсмик юкларни ҳисобга олишга асосланган грунтли тўғонларни сейсмик мустаҳкамликка ҳисоблашнинг статик усули такомиллаштирилган;

сонли ҳисоблаш натижаларини табиий кузатиш маълумотлари билан солиштиришга асосланган грунтли тўғонларнинг техник ҳолатини баҳолаш услуги ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

табиий кузатиш натижаларини ҳисобга олган ҳолда асосий юклар таъсирида грунтли тўғонларни устуворликка ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган;

сейсмик таъсирлардаги грунтли тўғонни ҳисоблаш услуги ва дастури ишлаб чиқилган;

компрессия эгри чизиғи усулидан фойдаланиб грунтли тўғон ядросининг ўқи бўйича ҳисоблаш қатламларининг умумий чўкишини аниқлаш услуги ва дастури ишлаб чиқилган;

статик юклар таъсирида грунтли тўғоннинг текис-деформацияланганлик ва текис-кучланганлик ҳолати учун бикрлик матрицасини ҳисоблаш дастури ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончилиги назарий ҳисоблашлар оммалашган чекли элементлар усулида бажарилганлиги ва олинган сонли натижаларнинг Чорвоқ ГЭС тўғонидаги кучланишлар, чўкишлар ва силжишлар бўйича олиб борилган табиий кузатиш маълумотлари билан мос келиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти статик юкламаларда грунтнинг эластиклик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда тўғоннинг текис кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини сонли ҳисоблаш усулларининг такомиллаштирилганлиги ҳамда тўғоннинг табиий шароитдаги кузатиш маълумотлари асосидаги чўкиш, силжиш ва кучланиш қийматларини сонли ҳисоблаб аниқланган қийматлари билан солиштириб баҳоланганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти табиий шароитда кузатиш маълумотларини ҳисобга олган ҳолда асосий ва ўзига хос юкламаларда меъёрий ёндошишлар, шунингдек сонли усулларда грунтли тўғонларни мустаҳкамлиги ва устуворлигини баҳолаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Табиий кузатиш

маълумотларидан фойдаланиб грунтли тўғонларни статик масалаларини ечиш усуллари тадқиқотлари бўйича олинган илмий натижалар асосида:

грунтли тўғонларни кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатига ҳисоблаш услуги “Ўрта Чирчиқ ГЭСлари каскади” УК ва “Тўполанг тизими сув омборларидан фойдаланиш” бошқармасининг Чорвоқ ва Тўполанг грунтли тўғонларининг статик ҳисоблаш жараёнига жорий этилган (Ўзбекистон Республикаси “Ўзбекгидроэнерго” АЖнинг 2020 йил 15 сентябрдаги 02-15/2543-сон маълумотномаси). Натижада, назорат-ўлчов асбоблари билан жиҳозланмаган грунтли тўғонлардаги кучланиш, чўкиш ва силжишларни аниқланиши, табиий кузатишдаги сарфланадиган маблағларни 15-20% иқтисод қилиниш имконини берган;

грунтли тўғонларни сейсмик таъсирларга чидамлилигини ҳисоблашга ишлаб чиқилган услуги ва дастури “Ўрта Чирчиқ ГЭСлари каскади” УК ва “Тўполанг тизими сув омборларидан фойдаланиш” бошқармасининг Чорвоқ ва Тўполанг грунтли тўғонларининг сейсмик ҳисоблаш жараёнига жорий этилган. (Ўзбекистон Республикаси “Ўзбекгидроэнерго” АЖнинг 2020 йил 15 сентябрдаги 02-15/2543-сон маълумотномаси). Натижада, ҳисоблаш жараёнига сарфланадиган вақт 1,2 баробарга қисқаришини, зилзилабардошликлари таъминланишининг асослаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 11 та халқаро ва 7 та республика илмий-амалий анжуманларида, ҳамда 3 та илмий семинарларда муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 35 та илмий иш чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, жумладан, 6 таси республика ва 4 таси хорижий журналларда нашр қилинган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 120 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва талаб этилганлиги асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва вазифалари шакллантирилган, тадқиқот объекти ва предмети аниқланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг амалий натижалари ва илмий янгилиги ифодаланган, олинган натижаларнинг ишончилиги, уларни назарий ва амалий аҳамияти асослаб берилган, тадқиқот натижаларини амалиётга қўллаш ёритилиб берилган, чоп этилган ишлар ва диссертация тузилиши ҳақида маълумотлар берилган.

Диссертациянинг «Грунтли тўғонларда табиий кузатишлар олиб борилиши ва ҳисоблаш усуллари бўйича илмий ишлар таҳлили» деб

номланган биринчи бобида диссертация мавзуси бўйича илмий адабиётлар, назорат-ўлчов аппаратлари (НЎА) ёрдамидаги табиий шароитдаги тадқиқотлар, турли назариялар асосида иншоотларнинг текис моделларини ҳисоблаш усуллари, шунингдек статик ва сейсмик юкламалардаги текис иншоотнинг вариацион кўринишда қўйилган математик модели кўриб чиқилган.

Диссертациянинг «**Тўғон ҳолати бўйича табиий шароитда кузатиш олиб бориш асослари**» деб номланган иккинчи бобида грунтли тўғон (Чорвоқ ГЭС мисолида) ҳолати бўйича табиий шароитда кузатишлар олиб бориш асослари ўрганилган; асбоблар (НЎА) ва ундаги ўлчов маълумотлари тавсифланган (кучланишлар, ғовакдаги сувнинг босимлари, чўкишлар ва силжишлар). Грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини кузатиш унинг мустаҳкамлиги, устуворлиги ва фойдаланишда ишончилигини баҳолаш; грунтни консолидация жараёнини назорат қилиш; марказий филтрлашга қарши элементларга тушадиган юкламаларни аниқлаш; ўрнатилган бетон иншоотларга грунтни босими ва бевосита иншоотдаги материални деформацион характеристикаларини аниқлаш ишлари олиб борилган.

Диссертациянинг «**Асосий юкламаларда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини сонли таҳлили**» деб номланган учинчи бобида асосий юкламаларда грунтли тўғонлар учун эластик статик масалани қўйилиши ва ҳисоблаш усули кўриб чиқилган. Чекли элементлар усулига қисқача тавсиф берилган. Тест масалалари ечилган. Статик юкламаларда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолати тадқиқ қилинган. Кучланишлар, силжишларни сонли ҳисоблашлар асосида олинган натижалари табиий шароитдаги тадқиқотларда олинган натижалар билан солиштирилган. Эластик мувозанат ҳолатида бўлган жисмнинг асосий тенгламасини ички ва ташқи мумкин бўлган иш орқали ифодаланган, мумкин бўлган силжишлар нуқтаи назаридан келтириб чиқарилган:

$$\int_V \delta\{\varepsilon\}^T \{\sigma\} dV = \int_V \delta\{u\}^T \{p\} dV + \int_S \delta\{u\}^T \{q\} dS, \quad (1)$$

бу ерда $\delta\{u\}$ - мумкин бўлган силжишлар; $\{u\}^T$ - матрицани транспонировка қилиш; $\delta\{\varepsilon\}$ - мумкин бўлган кўчишларга мос келадиган деформация; $\{\sigma\}$ - конструкцияда юзага келадиган кучланиш; $\{p\}$ ва $\{q\}$ - мос равишда жисмга таъсир қиладиган ҳажмий кучлар, сиртки кучларлардан келадиган ташқи юклар; V - жисм материали ҳажми; S - ташқи кучларни қабул қиладиган жисм юзаси.

Гидростатика мавжуд бўлмаганда ён томон қиялиги юзаси ва тўғон чўққиси юкламалардан озод бўлади. У ҳолда бу юзалардаги статик чегаравий шартлар қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\sigma_{ij}n_j=0, \quad (2)$$

бу ерда n – юзага туширилган нормал вектори.

Сув омборидаги бир жинсли сиқилмайдиган суюқликда жойлашган, тўғоннинг юқори қиялиги юзасида гидростатикани ҳисобга олиш, чуқурлик билан қиялик юзасидаги чизикли ўсувчи босимга келтирилади.

$$p=\rho gz, \quad (3)$$

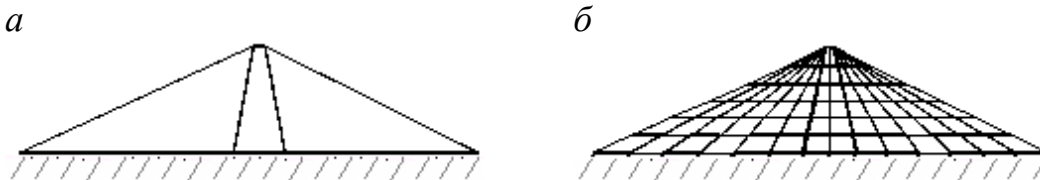
бу ерда z – сувнинг эркин юзасидан ўлчанадиган чуқурлик; g – эркин тушиш тезланиши.

Чегаравий шартларда асоснинг қуйи чегарасини қистириб маҳкамланган деб олинган, бу горизонтал ва вертикал мумкин бўлган силжишларни мавжуд эмаслиги билан ифодаланади.

$$y=0: \quad \delta u|_{y=0}=0; \quad \delta v|_{y=0}=0. \quad (4)$$

Эластик асосда жойлашган грунтли тўғоннинг текис-деформацияланувчан моделининг тавсифи берилган (1а-расм). Иншоот статик (ўзнинг оғирлигида, сувнинг гидростатик босимида) юкламаларда кўриб чиқилган. Тўғон жисмининг бир жинсли бўлмаган тупроғи таркиби ҳисобга олинган (ядро мавжудлиги).

Бундай моделни ҳисоблаш учун мумкин бўлган силжишларнинг вариацион принципига асосланган чекли элементларнинг сонли усулидан фойдаланилган.



1-расм. Ҳисоблаш модели (а) ва уни чекли-элементли дискретизациясининг тўғри бурчак шаклидаги элементлари (б)

Кўчишларга асосланган чекли элементлар усулида элементлардаги силжишларнинг тақсимланишини тугунларни силжишларидан қуйидаги муносабат бўйича топилади:

$$\{u\} = [N]\{u\}^e \quad (5)$$

бу ерда $[N]$ - функция-форма; $\{u\}^e$ - элемент тугунларини кўчиш вектори.

Элементдаги деформация ва кучланиш тугунларни силжишларига қараб қуйидагича аниқланади:

$$\{\varepsilon\}^e = [B]\{u\}^e, \quad (6)$$

$$\{\sigma\}^e = [D]\{\varepsilon\}^e, \quad (7)$$

бу ерда $[B]$ - дифференциаллаш матрицаси; $[D]$ -материалнинг эластиклик матрицаси.

Бутун конструкцияни мумкин бўлган кўчиш формуласи ҳар бир элементнинг мумкин бўлган кўчишлари йиғиндиси орқали ифодаланади. Элементнинг мумкин бўлган кўчиши (5), (6) ва (7) ифодаларни (1) формулага қўйганимиздан сўнг ҳосил бўлади ва қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$\delta\{u\}^{\text{Te}} \left(\int_{V_e} [B]^T [D][B] dV \right) \{u\}^e = \delta\{u\}^{\text{Te}} \left(\int_{V_e} [N]^T \{p\}^e dV + \int_{S_e} [N]^T \{q\}^e dS \right), \quad (8)$$

$$\left(\int_{V_e} [B]^T [D][B] dV \right) \{u\}^e = \left(\int_{V_e} [N]^T \{p\}^e dV + \int_{S_e} [N]^T \{q\}^e dS \right), \quad (9)$$

(9) ифодани матрица шаклида ёзиш мумкин

$$[k]^e \{u\}^e = \{F\}^e, \quad (10)$$

бу ерда

$$[k]^e = \int_{V_e} [B]^T [D][B] dV, \quad (11)$$

$$\{F\}^e = \int_{V_e} [N]^T \{p\}^e dV + \int_{S_e} [N]^T \{q\}^e dS. \quad (12)$$

Бу ерда

$\{u\}^e$ - номаълум кўчишлар вектори;

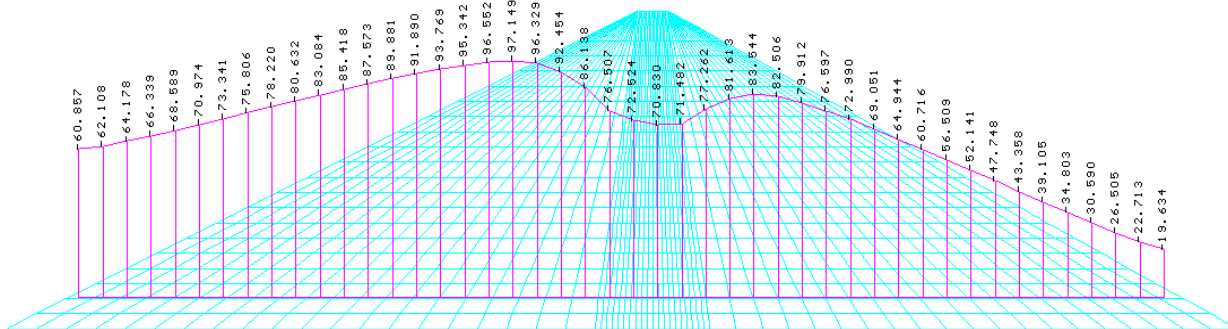
$[k]^e$ - элементнинг бикирлик матрицаси;

$\{F\}^e$ - юкланиш вектори.

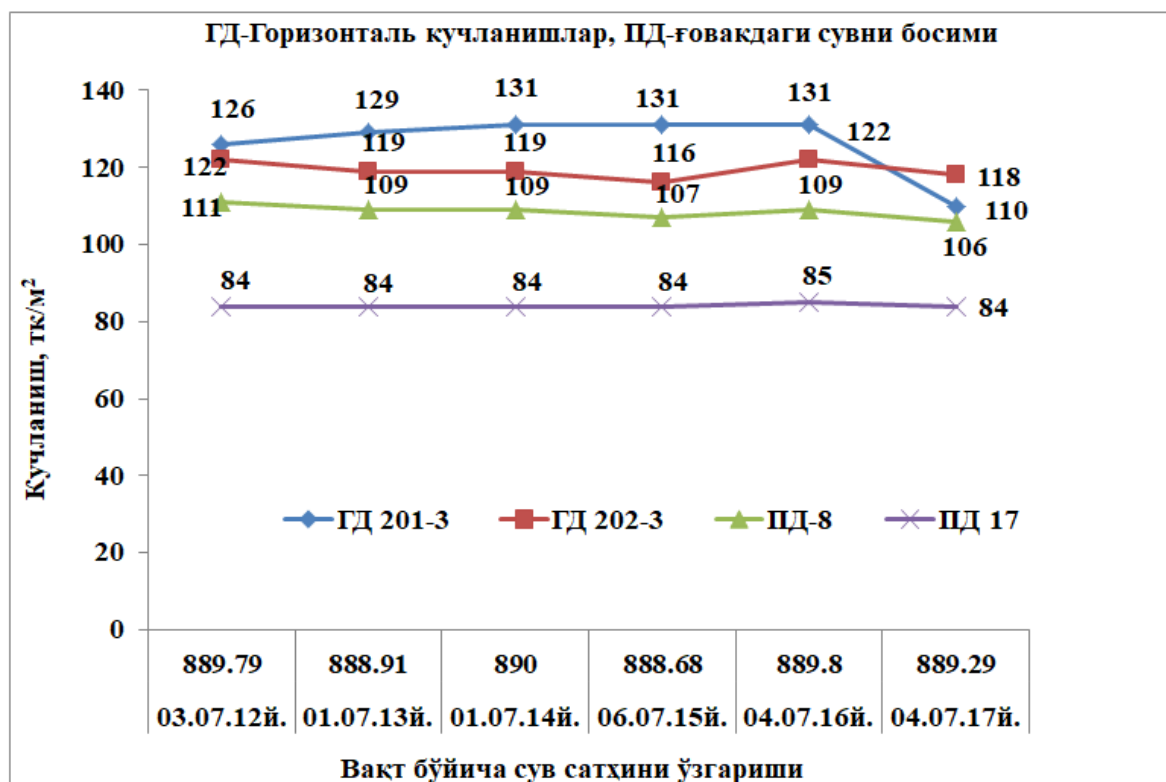
(11) ва (12) формулалар мос равишда элементга таъсир этувчи элементнинг бикирлик матрицаси ва юкланиш вектори номлари билан аталади. Бу матрицалар сонли интеграллаш усулини қўллаган ҳолда аналитик тарзда ёки сонли тузилади.

(10) формулани ҳар бир элементга қўллаб ва барча элементлар йиғиндисини ҳосил қилиб, тугун нуқталарнинг силжишига нисбатан ечиш мумкин бўлган биринчи даражали бир жинсли чизиқли алгебраик тенгламалар системасини ҳосил қиламиз.

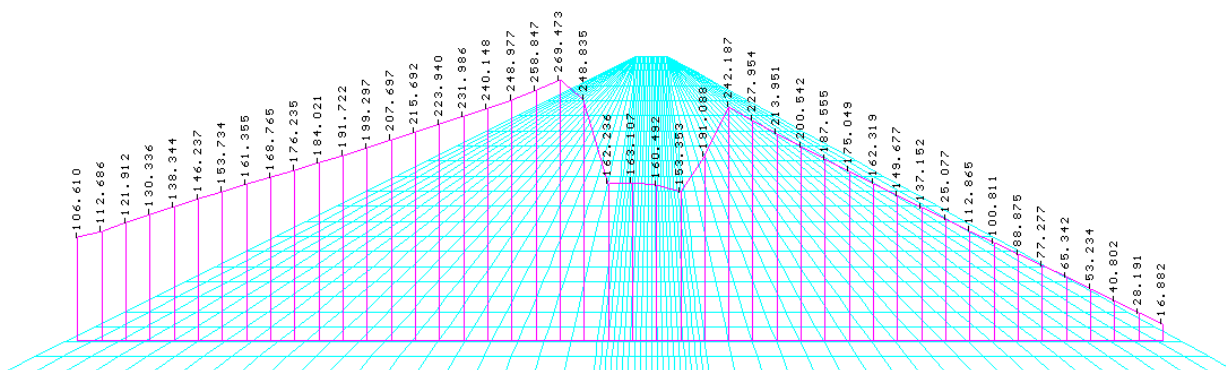
Нормал (горизонтал ва вертикал) кучланишларни ҳисоблаш натижаларини табиий шароитда олинган маълумотлар билан таққослаш 2-5 расмларда келтирилган.



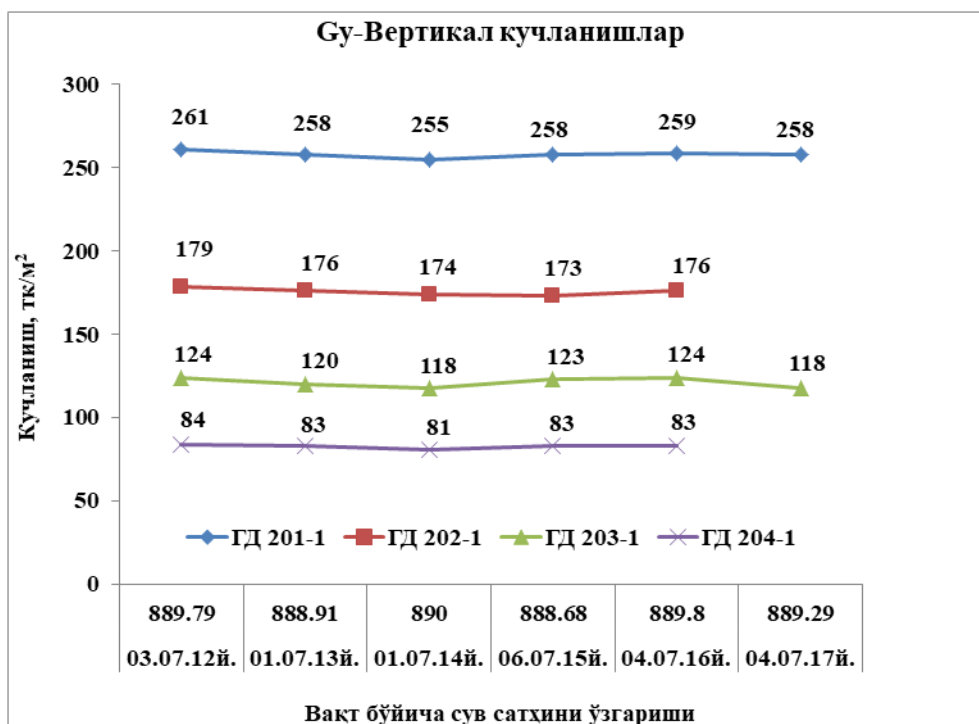
2-расм. 780,0 м. сатҳдаги горизонтал кучланишларни σ_x (тк/м²) хисоблаш эпюралари (1МПа=102тк/м²)



3-расм. Эксплуатация муддатига боғлиқ равишда 780,0 м сатҳдаги горизонтал кучланишларни σ_x (тк/м²) ва ғоваклардаги босимни табиий шароитда кузатиш натижалари (1МПа=102тк/м²)



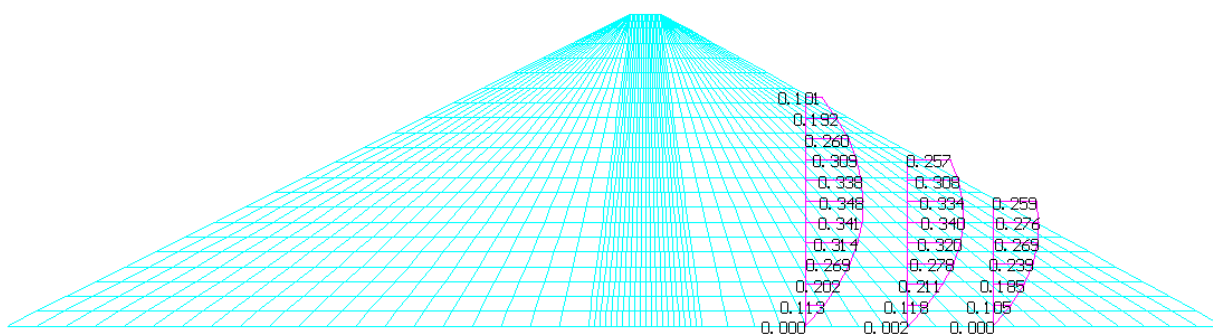
4-расм. 780,0 м. сатҳдаги вертикал кучланишларни σ_y (тк/м²) ҳисоблаш эюралари (1МПа=102тк/м²)



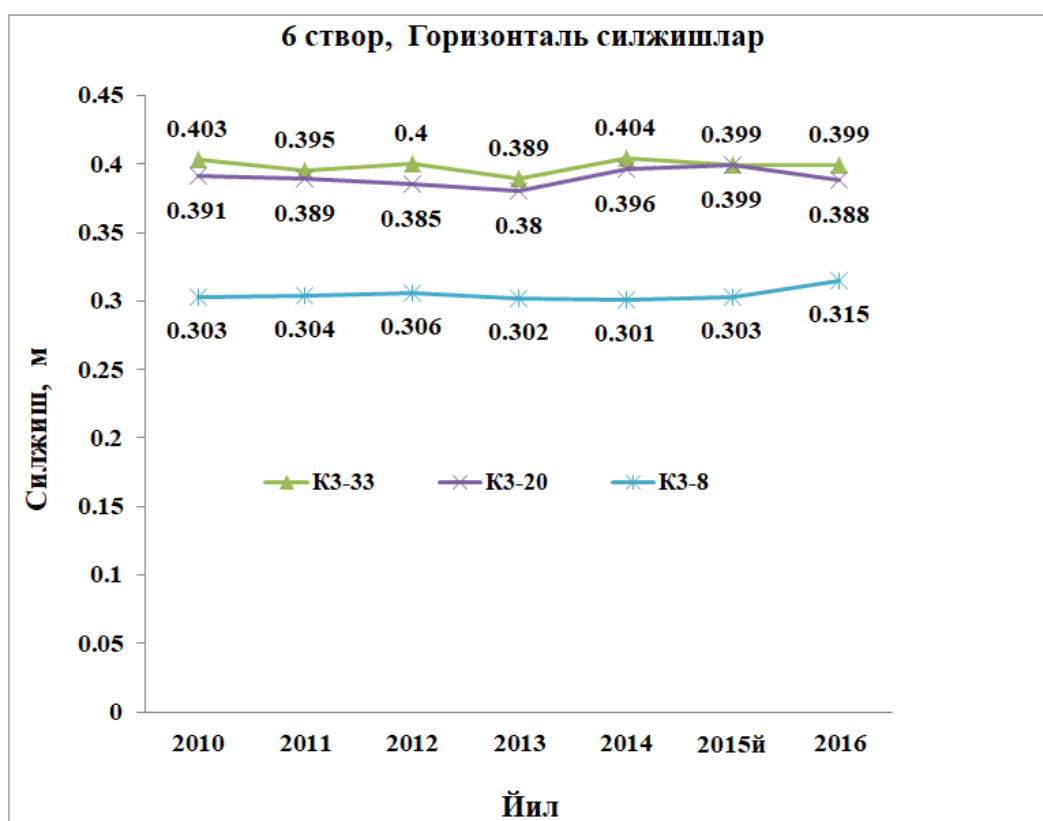
5-расм. Эксплуатация муддатига боғлиқ равишда 780,0 м сатҳдаги вертикал кучланишларни σ_y (тк/м²) табиий шароитда кузатиш натижалари (1МПа=102тк/м²)

Горизонтал ва вертикал кучланишларни ғоваклардаги босимни ҳисобга олган ҳолда ҳисоблаш натижаларини табиий шароитда кузатиш маълумотлари билан солиштириш 6-чи створ учун мос равишда 5% ни ва 9% ни кўрсатди.

6 створ учун максимал горизонтал силжишларни ҳисоблаш натижаларини табиий шароитда олинган маълумотлар билан солиштириш 6, 7 расмларда келтирилган.



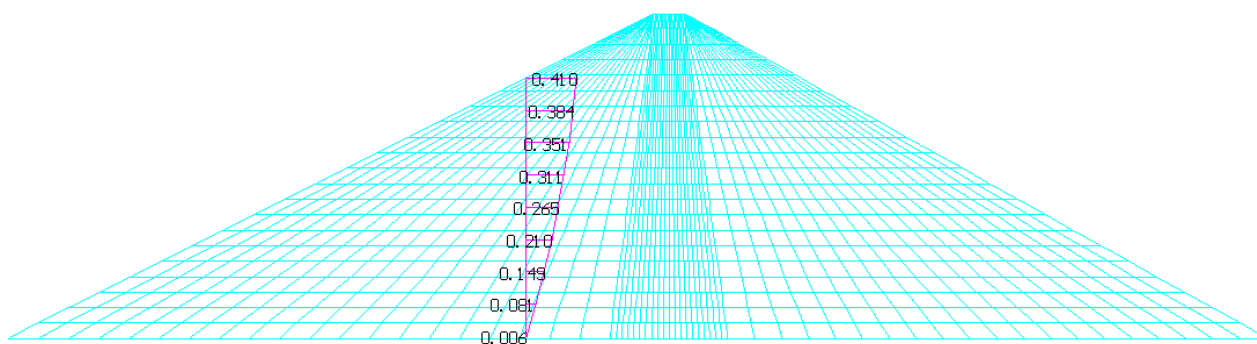
6-расм. Гравитация ва гидростатика кучларини ҳисобга олган ҳолда тўғоннинг горизонтал силжишлари (м) эпюраси. 6-чи створ



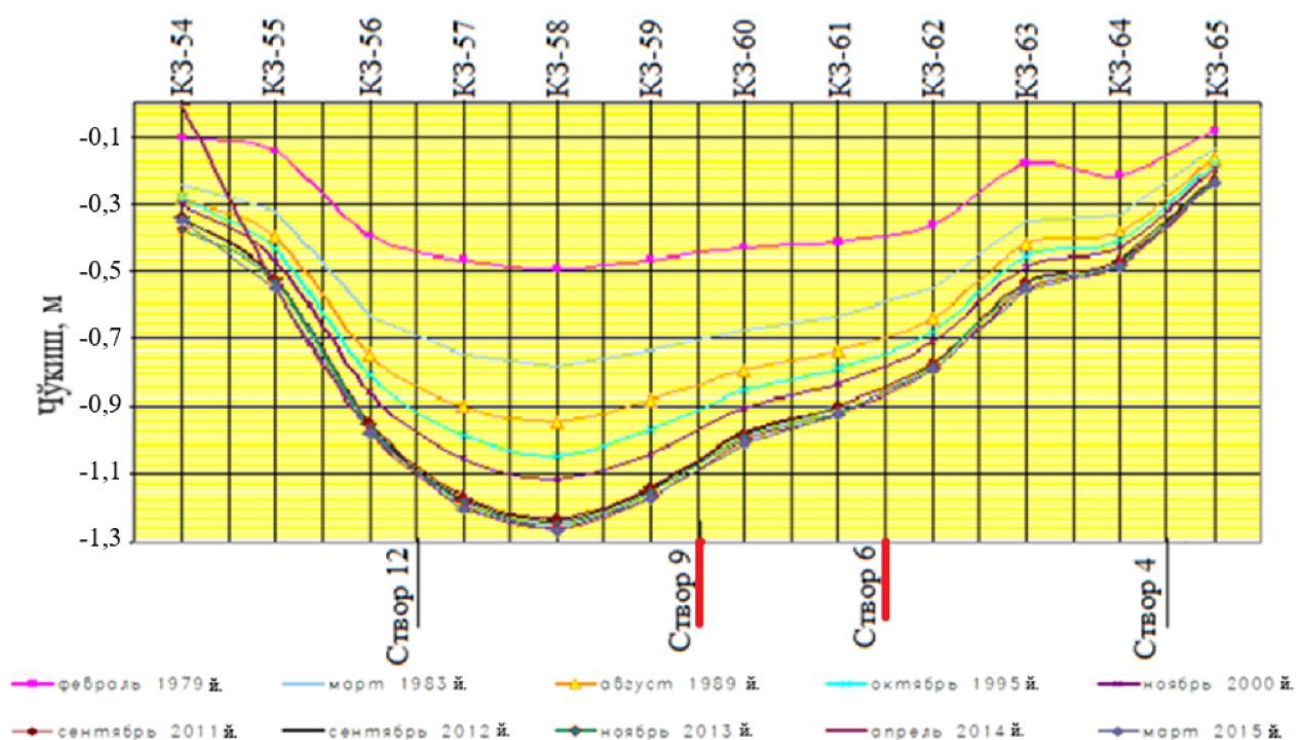
7-расм. Грунтли тўғонларнинг тиргакли призмасини горизонтал силжишларини эксплуатация вақти бўйича ўзгариши

Максимал горизонтал силжишларни ҳисоблаш натижаларини табиий шароитдаги кузатишлар маълумотлари билан таққослаш 6-створ учун 14% ва 9-створ учун 18% фарқни кўрсатди.

Сув омборини тўлдириш жараёнидаги чўкишларни аниқлаш бўйича ҳисоблаш натижаларини табиий шароитдаги кузатув маълумотлари билан солиштириш уларни бир-бирига мос тушганлигини кўрсатди, бу эса ишлаб чиқилган ҳисоблаш дастурининг ишончлилигини кўрсатади (Расм 8, 9). Қурилиш тугаганидан кейинги гидростатикани ҳисобга олган ҳолдаги табиий чўкишлар 9-расмда кўрсатилган (1979 йил 7 февраль).



8-расм. Гидростатик кучларни ҳисобга олган ҳолда тўғоннинг вертикал кўчишлари (м) эпюраси. 6-створ, 872,0 м сатҳда



9-расм. Эксплуатация жараёнида 872,0 м сатҳида тўғоннинг юқори таянч призмаси бермасининг чўқиши

Максимал вертикал силжишларни ҳисоблаш натижаларини табиий шароитдаги кузатишлар маълумотлари билан таққослаш 6-створ учун 8% ва 9-створ учун 9% фаркни кўрсатди.

Диссертациянинг «Грунтли тўғонларнинг устуворлигини ҳисоблаш» деб номланган тўртинчи бобида грунтли тўғонларнинг қияликларини статик ва сейсмик устуворлигини ҳисоблаш бўйича меъёрий ҳужжатларнинг аосий қоидалари кўриб чиқилган. Грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш усули таклиф қилинган. Грунтли тўғонларнинг нишаб бурчаги ва ички ишқаланиш бурчаги ўзгаришларининг устуворлик чегараси аниқланган (Чорвоқ ГЭС мисолида). Сейсмик таъсирларнинг даражасини ҳисобга оладиган методика баён қилинган ва грунтли тўғонларнинг устуворлиги ҳисобланган.

Грунтли тўғонларнинг устуворлигини ҳисоблаш Г.Н.Карцивадзе томонидан сунъий иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлиги учун таклиф қилинган ва М.М.Гришин, М.М.Мирсаидов томонидан анча ноқулай вариантли грунтли тўғонлар учун ривожлантирилган методика билан амалга оширилган.

Ишлаб чиқилган усуллар бўйича сейсмик таъсирларни ҳар-хил балларида (8 баллда, 10-расм) сувни ҳисобга олмасдан ва сув омборидаги сувни тўлишини ҳисобга олиб (НПУ=890,0) тўғоннинг устувор ишлаши аниқланган. Чорвоқ ГЭС грунтли тўғонини 9-створи учун грунтларни конструктив ва физик-механик хусусиятларини ҳисобга олиб натижалар олинган.

Кўриб чиқиладиган иншоотнинг ҳар бир нуқтасидаги мустаҳкамлик захираси коэффицентининг қиймати қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$K = \frac{0,5[(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\tau_{max} \cdot \sin \varphi) \cdot \operatorname{tg} \varphi + 2C]}{\tau_{max} \cos \varphi} \quad (13)$$

Тўғонларни сейсмик таъсирларга ҳисоблашда спектрал усул қўлланилган, унга кўра танлаб олинган йўналишдаги k нуқтага қўйилган ва иншоотнинг хусусий тебранишларининг i - кескинлигига (тонига) мос келадиган S_{ik} ҳисобланган сейсмик юклама (13) формулани қўллаган ҳолда қуйидаги ифода билан ҳисобланади:

$$S_{ik} = K_1 K_2 Q_k A \beta_i K_w n_{ik}. \quad (14)$$

ҚМҚ жадвали бўйича қабул қилинган турли коэффицентлардан ташқари бу формулага Q_k — k нуқтага оид иншоот оғирлиги; β_i — иншоотнинг хусусий тебранишларини i - частотасини ифодалайдиган динамиклик коэффиценти ва n_{ik} — иншоотнинг хусусий тебранишларини i - формаси коэффиценти.

Дастлабки ҳисоблашлар учун жуда кичик хатоликни берадиган тебранишларни фақат биринчи (асосий) формаси бўйича ҳисоблаймиз. У ҳолда спектрал усули формуласи бўйича вақтинчалик юкламадаги сейсмик куч қуйидагича ифодаланади:

$$S_B = K_c \beta_1 n_{1B} Q_B \quad (15)$$

β динамиклик коэффиценти спектрал эгри чизиғи бўйича 0,8-3,0 оралиғида ўзгаради. K_c – сейсмиклик коэффиценти 7 балл учун 0,025, 8 балл учун 0,005, 9 балл учун 0,1 га тенг. Синов учун олинган ҳисоблашлар натижаларига кўра иншоотлар учун n_{1B} форма коэффиценти 1,1-1,3 оралиқда ўзгаради. Шунинг учун ҳисоблашларда (14) формула ўрнига (15) формуладан

ва S_B сейсмик кучларни максимал ва минимал қийматларини аниқлаш учун 1-жадвалдан фойдаланамиз.

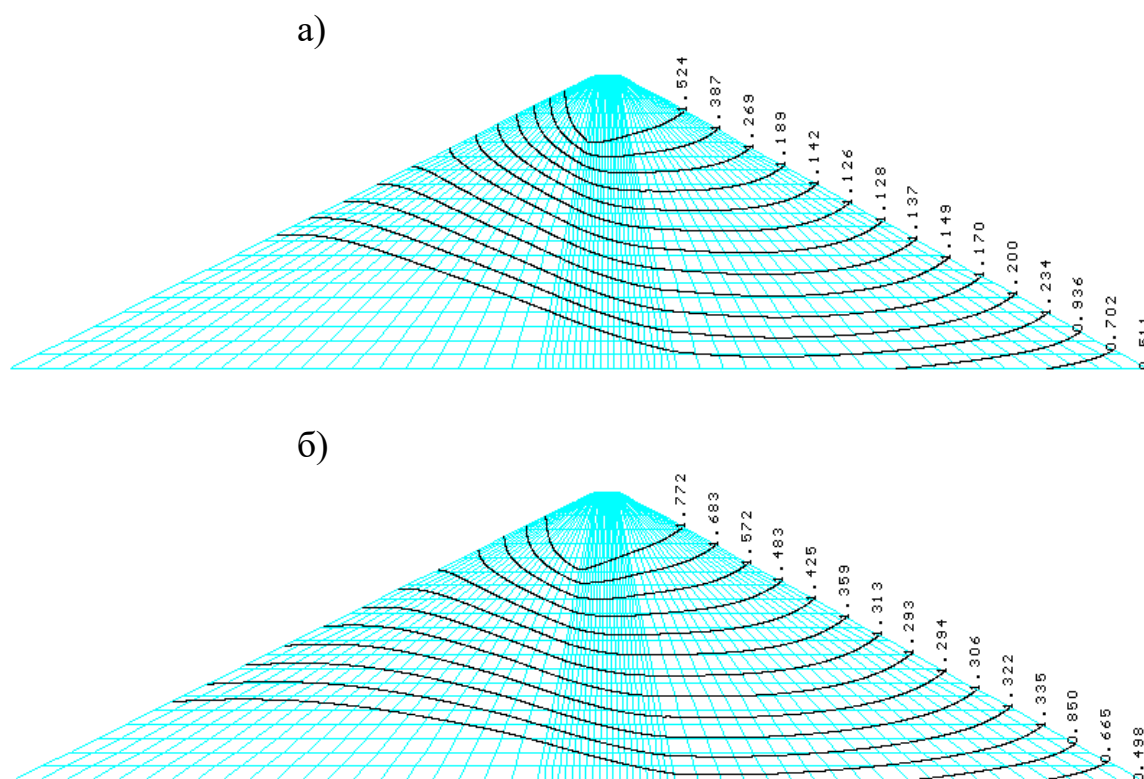
1-жадвал

S_B сейсмик кучларни максимал ва минимал қийматлари

Зилзила кучи, балларда	Q_B нинг улушларидаги сейсмик кучлар	
	максимал S_B	минимал S_B
7	0,098	0,022
8	0,195	0,044
9	0,39	0,088

Биринчи жадвалдан кўришиб турибдики, сейсмик кучнинг максимал қиймати (7 баллда) ўз оғирлигига нисбатан 10% ни, (8 баллда) 20% ни, (9 баллда) 40% ни ташкил қилар экан. Статик масалани ечишда силжиш кучининг қиймати кўриб чиқиладиган элемент тугунига гравитация ва гидростатика кучларига қўшимча сифатида қўшиб қўйилган. Сейсмик таъсирлар остидаги ушбу соддалаштирилган масала таниқли ишлар билан тўлиқ мос келади. Кўриб чиқиладиган иншоот тугунларидаги кинематик характеристикалар (кўчиш, кучланиш) аниқланган. Ундан сўнг (13) формула орқали тупроқ материалнинг мустаҳкамлик коэффиценти аниқланади.

Қуйида 8 баллик сейсмик таъсирда устуворлик коэффицентининг тақсимланиши келтирилган.



10-расм. Саккиз баллик сейсмик таъсирда тўғон танасидаги устуворлик коэффицентини сув омборини тўлалигини ҳисобга олмаган (а) ва тўлалигини ҳисобга олган (б) ҳолдаги тақсимланиши

Ҳисоблаш натижаларидан қияликнинг устуворлиги тўғони курук ҳолатида кузтилади, сув омбори тўлдирилганида эса қуйи бўёфнинг устуворлиги ортиб боришини кўриш мумкин.

ВНИИГ томонидан ишлаб чиқилган «Откос-пл» лицензияли дастури бўйича «Гидропроект» АЖ томонидан олинган натижалар билан устуворлик коэффицентларини юқорида келтирилган сонли натижаларини солиштириш уларни бир-бирига яқинлигини кўрсатди, бу эса ишлаб чиқилган усулни ва ҳисоблаш дастурини тўғри эканлигини яна бир бор тасдиқлайди.

Чорвоқ грунтли тўғонининг устуворлиги майдоннинг сейсмиклиги 8 балл бўлганидагина таъминланади, чунки майдон жойлашган жойнинг сейсмиклик қиймати ҳам шунга тенг.

ХУЛОСА

«Табиий кузатиш натижаларини ҳисобга олган ҳолда асосий юклар таъсирида грунтли тўғонларни устуворликка ҳисоблаш» мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертацияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижалари асосида қуйидаги хулосалар тақдим этилди:

1. Гидротехник иншоотларнинг устуворлиги муаммолари, хусусан грунтли тўғонлар учун табиий шароитдаги кузатиш маълумотлари асосида ҳисоблаш моделини, ҳисоблаш дастурини танлашни асослаш учун замонавий илмий ишлар таҳлил қилинган.

2. Асосий юкламалардаги грунтли тўғонлар учун статик эластик текис масалаларни сонли ечишнинг математик қўйилиши келтирилган. Тадқиқ қилинаётган худудни тўртбурчак элементларга бўлиш ёрдамида масалани чекли элементлар усули билан ечишнинг методикаси ва алгоритми ишлаб чиқилган.

3. Статик юкламалардаги иншоотнинг текис-деформацияланган ва текис-кучланганлик ҳолати учун бикрлик матрицасининг аниқлаш усули ишлаб чиқилган.

4. Муаллиф томонидан олинган натижаларни ўхшаш масалалар натижалари билан таққослаш уларнинг яхши яқинлашганлигини кўрсатди. Таққослаш натижалари ишлаб чиқилган методика ва ҳисоблаш дастурининг ишончлилигини кўрсатди.

5. Сонли ҳисоблашлар натижаларини (кучланиш, чўкиш, силжиш) табиий шароитдаги кузатиш маълумотлари билан солиштириш орқали асосий юкламаларда грунтли тўғонларнинг (Чорвоқ ГЭСи мисолида) кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини аниқлаш учун ишлаб чиқилган методика ва ҳисоблаш дастурининг амалий аҳамияти кўрсатилган. Бу иншоотнинг ишлаш қобилиятини аниқлаш имконини беради.

6. Асосий юкламалардаги грунтли тўғонларнинг энг заиф участкаларининг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини (кучланиш, чўкиш, силжиш) аниқлаш бўйича ишлаб чиқилган усул ва дастурни кузатиш асбоблари билан жихозланмаган иншоотлар учун ҳам қўллаш мумкин, бу эса 15-20% га ҳаражатларни тежашга олиб келади.

7. Грунтли тўғонларнинг қияликларини сейсмик таъсирларга устуворлигини қабул қилинган меъёрларга мувофиқ ҳисоблашда балл қийматини иншоот оғирлиги билан боғлаб ўрнатиш мумкинлиги кўрсатилди. Грунтли тўғонларнинг сейсмик таъсирларга чидамлилигини ҳисоблаш учун ишлаб чиқилган усул ва дастур ҳисоблаш вақтини 1,2 баробарга камайтиради.

8. Асосий юкламалардаги Чорвоқ грунтли тўғонининг устуворлигини тўлиқ таъминлайдиган тиргакли призмалар учун грунт ва табиий қияликлар бурчаклари характеристикаларининг чегаравий қийматлари аниқланди.

9. Ҳисоблашларнинг сонли натижаларини таҳлил қилиш асосий юкламаларда сейсмик таъсирларнинг ҳар хил катталикларида статик масалаларни ечишда Чорвоқ грунтли тўғонининг устуворлиги 9 баллик сейсмик таъсирнинг 10 баллик чегарасида сув омборининг сувга тўлдирилишига боғлиқ бўлмаган равишда қияликларнинг ноустуворлиги кузатилганлигини кўрсатди. Олиб борилган таҳлил натижасида 10 баллга яқин зилзила юз берган тақдирда тўғоннинг устуворлигини таъминлаш учун кўшимча чоралар кўриш зарурлиги аниқланди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ
МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ**

**ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ И СЕЙСМОСТОЙКОСТИ
СООРУЖЕНИЙ**

ТУРДИКУЛОВ ХУСАНБОЙ ХУДОЙНАЗАРОВИЧ

**РАСЧЁТ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН ПРИ
ОСНОВНЫХ НАГРУЗКАХ С УЧЁТОМ ДАННЫХ НАТУРНЫХ
НАБЛЮДЕНИЙ**

01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2019.1.PhD/T972.

Диссертация выполнена в Институте механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики Узбекистан.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.instmech.uz) и Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziyo.net).

Научный руководитель:	Салямова Клара Джаббаровна доктор технических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Султанов Тахиржон Закирович доктор технических наук, профессор
	Мирзаев Ибрахим доктор физико-математических наук, профессор
Ведущая организация:	Наманганский инженерно-строительный институт

Защита диссертации состоится «30» июня 2021 года в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 при Институте механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз (Адрес: 100125, г. Ташкент, ул. Дурмон йули, 33, зал заседаний – 1. Тел.:(99871) 262-71-52; факс:(99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Институте механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Урозбаева Академии наук Республики Узбекистан (регистрационный номер -5). Адрес: 100125, г. Ташкент, ул. Дурман йули, 33.

Автореферат диссертации разослан «18» июня 2021 года.
(реестр Протокола рассылки №1 от «18» июня 2021 года).



по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор, академик АН РУз

М.М. Мирсаидов

Председатель Научного совета

М.К. Усаров

Ученый секретарь Научного совета
по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., с.н.с.

Р.А. Абиров

Председатель Научного семинара при Научном совете
по присуждению ученых степеней, д.ф.-м.н., с.н.с.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире для энергообеспечения народного хозяйства и нужд сельского хозяйства водой идет процесс активного строительства высоких грунтовых плотин. Такие высокие грунтовые плотины строятся и в высокосейсмичных регионах. Одной из важных задач проектирования и строительства является обеспечение их устойчивости и сейсмостойкости. В США, Великобритании, Испании, Франции, Российской Федерации, Японии, Турции, Китае, Индии и других государствах проводятся разработки эффективных методов проектирования грунтовых плотин и имеет особое значение учет обеспечения их прочности и устойчивости.

В мире проводятся научные исследования по развитию методов расчета сейсмостойкости грунтовых плотин, расположенных в сейсмически активных регионах. В этой связи для прогнозной оценки состояния грунтовых плотин под воздействием внешних нагрузок совершенствуются современные методы определения напряженно-деформированного состояния и расчета их на устойчивость. Уделяется особое внимание проведению целенаправленных научных исследований на основе сопоставления и анализа значений напряжений, осадок и смещений, полученных в результате натурных наблюдений за грунтовыми плотинами, с результатами теоретических методов их расчета.

В нашей республике увеличиваются меры по повышению сейсмостойкости гидротехнических сооружений, в том числе грунтовых плотин и обеспечению их сейсмической безопасности, наряду с этим число широко ведутся настоящее время исследования по разработке методов расчета грунтовых плотин на сейсмостойкость широко ведутся. В этом отношении наряду с этим разрабатываются методы определения напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин с учетом реологических свойств грунта, их геометрической формы и нерегулярной фильтрации. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017–2021 годы ставится задача реализации таких целевых программ, как «...Строительство и реконструкция гидротехнических сооружений на 131 мелиоративном объекте;...»¹. Осуществление данной задачи представляет собой научное значение и предопределяется необходимостью совершенствования методов расчета гидротехнических сооружений на сейсмические воздействия, численного расчета напряженно-деформированного состояния гидротехнических сооружений, расчёт устойчивости грунтовых плотин при основных нагрузках с учётом данных натурных наблюдений.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О Стратегии действий по

¹ Указ Президента Республики Узбекистан №УП-4947 от 7 февраля 2017 г. «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

дальнейшему развитию Республики Узбекистан», №УП-5066 от 1 июня 2017 г. «О мерах по коренному повышению эффективности системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций», Постановлениями Президента Республики Узбекистан №ПП-3190 от 9 августа 2017 г. «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», №ПП-4794 от 30 июля 2020 г. «О мерах по коренному совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан», а также другими нормативно-правовыми документами, принятыми в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан IV. «Математика, механика, сейсמודинамика сооружений и информатика» и Программой XIV. «Сейсмология, сейсмобезопасность зданий, сооружений и строительство».

Степень изученности проблемы. По проблемам оценки прочности, устойчивости различных грунтовых сооружений в нашей стране и за рубежом рядом ученых проведены научно-исследовательские работы. Научные основы по оценке прочности, устойчивости различных наземных и подземных сооружений, с учетом их взаимодействия с грунтом, в том числе гидротехнических и анализу натуральных наблюдений заложены в работах М.Т.Уразбаева, М.М.Мирсаидова, К.С.Султанова, Т.Р.Рашидова, Т.Буриева, Т.Ш.Ширинкулова, М.А.Ахмедова, Г.Х.Хожметова, Б.М.Мардонова, И.Мирзаева, Р.Х.Мухутдиновой, Т.З.Султанова, К.Д.Саямовой, Б.Э.Хусанова, Х.С.Сагдиева, Д.Ф.Руми, З.Р.Тешабаева, Х.Файзиева, М.Р.Бакиева, Т.Мавлонова, Х.З.Расулова, А.А.Янгиева, В.Б.Глаговского, З.Г.Тер-Мартиросяна, В.Н. Ломбардо, Б.Е.Победри, Н.А.Цытовича, С.С.Вялова, М.А.Колтунова, В.П.Недриги, К.Терцаги, А.А.Ничипоровича, Р.Р.Чугаева, М.М.Гришина, А.Л.Гольдина, Н.А.Анискина, М.Долежаловой, Я.Журека, М.Н.Леднева, В.П.Никитина, Л.Н.Рассказова, И.В.Федорова, Т.И.Цыбульника, L.V.Zhang, Y.Wang, G.Wang, D.Q.Li, G.Beer, J.R.Booker, J.P.Carter, Wang Weibiao, K.Hoeg, K.Nackler, P.Tschemutter, G.V.Baecher, J.T.Christian, K.R.Ram, Nakagawa Hajimi, Kawaike Kenji Baba, Yasiyuki, Zhang Hao, A.A.Balkema и др. Ими разработаны и усовершенствованы статическая и динамическая теории сейсмостойкости сооружений, а также методы расчета сооружений на различного рода нагрузки с учетом линейных и нелинейных моделей грунта.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационные исследования выполнены в соответствии с планом научных исследований Института механики и сейсмостойкости сооружений №А-5-059 «Разработка рекомендаций по обеспечению сейсмостойкости эксплуатируемых грунтовых плотин

гидроэлектростанций (ГЭС) на основе динамического расчета при нестационарных сейсмических воздействиях с учетом данных о настоящем состоянии гидротехнических сооружений»; №ФА-А16-Ф036 «Разработка комплексного научно-практического метода оценки надежности и сейсмостойкости грунтовых плотин»; №ФА-А14-Ф057 «Разработка методов расчёта на прочность и устойчивость грунтовых гидротехнических сооружений с учётом сложных деформационных характеристик грунтов и оснований, конструктивных особенностей и данных инструментальных наблюдений»; №ПЗ-20170923238 «Разработка рекомендаций по обеспечению безопасной и надежной работы грунтовых плотин в сейсмических районах».

Целью исследований является усовершенствование методов расчёта устойчивости грунтовых плотин при основных нагрузках с учётом данных натурных наблюдений и разработка методов расчета на сейсмостойкость.

Задачи исследования:

разработать методику расчета грунтовых плотин методом конечных элементов путем разбиения расчетной области на четырехугольные элементы с учетом механических характеристик при статических нагрузках;

разработать методику, алгоритм и программу численного расчета напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины с учетом конструктивных особенностей, кусочно-неоднородных характеристик материалов и уровня воды в водохранилище при основных нагрузках (силы гравитации и гидростатика);

усовершенствовать статический метод расчета сейсмостойкости грунтовых плотин, основанный на учете максимальных сейсмических нагрузок для соответствующей интенсивности землетрясения;

разработать методику оценки технического состояния грунтовых плотин, основанную на сопоставлении результатов численных расчетов с данными натурных наблюдений.

Объект исследования грунтовая плотина Чарвакской ГЭС.

Предмет исследования исследование напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины Чарвакской ГЭС с учетом конструктивных особенностей сооружения с использованием метода конечного элемента при действии сил гравитации и сейсмических воздействиях, а также сопоставление численных результатов с данными натурных наблюдений.

Методы исследования. В процессе исследования применены вариационный принцип решения задач механики деформируемого твердого тела, метод консолидации в механике грунтов, метод перемещений в строительной механике, метод конечных элементов и методы вычислительного эксперимента.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

разработана методика расчета грунтовых плотин методом конечных элементов путем разбиения расчетной области на четырехугольные элементы с учетом механических характеристик при статических нагрузках;

разработаны методика численного расчета напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины с учетом конструктивных особенностей, кусочно-неоднородных характеристик материалов и уровня воды в водохранилище при основных нагрузках (силы гравитации и гидростатика);

усовершенствован статический метод расчета сейсмостойкости грунтовых плотин, основанного на учете максимальных сейсмических нагрузок для соответствующей интенсивности землетрясения;

разработана методика оценки технического состояния грунтовых плотин, основанная на сопоставлении результатов численных расчетов с данными натурных наблюдений.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана метод расчёта устойчивости грунтовых плотин при основных нагрузках с учётом данных натурных наблюдений;

разработана методика и программа расчета грунтовой плотины на сейсмические воздействия;

разработана методика и программа расчета суммарной осадки слоев по оси ядра грунтовой плотины методом компрессионной кривой;

разработана программа для расчета матрицы жесткости для плоско-деформированного и плоско-напряженного состояния грунтовой плотины при статических нагрузках.

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследования подтверждается использованием общепринятой методики метода конечных элементов и сопоставлением полученных численных результатов с согласованностью с результатами, натурных наблюдений по напряжениям, осадкам и сдвигам на грунтовой плотине Чарвакской ГЭС.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость проведенных исследований заключается в усовершенствовании численного метода по расчёту плоско напряженно-деформированного состояния плотины при статических нагрузках с учетом упругих свойств грунта, а также сопоставлении и оценки вычисленных значений осадок, смещений и напряжений в плотине с данными натурных наблюдений.

Практическая значимость результатов исследований состоит в оценке прочности и устойчивости грунтовой плотины нормативными подходами, а также численными методами при основных и особых сочетаниях нагрузок с учетом данных натурных наблюдений.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных научных результатов исследования методами решения статических задач для грунтовых плотин с использованием данных натурных наблюдений:

методика расчета напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин внедрена при статических расчетах Чарвакской и Туполангской грунтовых плотин объектов УП «Каскад Урта - Чирчикских ГЭС» и в Управлении «Использование водохранилищ системы Туполанг» (Справка АО «Узбекгидроэнерго» Республики Узбекистан № 02-15/2543 от 15

сентября 2020 г.). Внедрение результатов с помощью разработанного метода для грунтовых плотин, не оборудованных контрольно-измерительной аппаратурой, позволяет определить напряжения, просадки и сдвиги участков плотины, которое составляет 15-20% экономию расхода на натурные наблюдения;

разработанные методики и программы расчета прочности грунтовых плотин при сейсмических воздействиях внедрена при сейсмических расчетах Чарвакской и Туполангской грунтовых плотин объектов УП «Каскад Урта - Чирчикских ГЭС» и в Управлении «Использование водохранилищ системы Туполанг» (Справка АО «Узбекгидроэнерго» Республики Узбекистан № 02-15/2543 от 15 сентября 2020 г.). В результате при обосновании обеспечения их сейсмостойкости сокращается срок вычислительного процесса в 1,2 раза.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждались на 11 международных и 7 республиканских научно-практических конференциях и 3 научных семинарах.

Опубликованность результатов исследования. По теме диссертации всего опубликована 35 научная работа. Из них - 10 научных статей, в том числе 6 – в республиканских и 4 – в зарубежном журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 120 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, выявлены объект и предмет исследования, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыты теоретическая и практическая значимость полученных результатов и внедрение их в практику, представлены сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Обзор научных работ по методам расчета и проведению натуральных наблюдений на грунтовых плотинах»** приведен обзор научной литературы по тематике диссертации, проводимым натурным исследованиям с помощью контрольно - измерительной аппаратурой (КИА), методам расчетов плоских моделей сооружений на основе различных теорий, а также построения математической модели плоского сооружения в вариационной постановке при статических и сейсмических нагрузках.

Во второй главе диссертации **«Основы постановки проведения**

натурных наблюдений за состоянием плотины» изучены основы проведения натурных наблюдений за состоянием грунтовой плотины (на примере Чарвакской ГЭС); описаны приборы (КИА) и данные их измерений (напряжений, порового давления, осадок и перемещений). Наблюдения за напряженно-деформированным состоянием (НДС) грунтовой плотины проводятся в целях оценки ее прочности, устойчивости и эксплуатационной надежности; для контроля процесса консолидации грунта; определения нагрузок на центральные противифльтрационные элементы; давления грунта на встроенные бетонные сооружения и для уточнения деформационных характеристик материала непосредственно в сооружении.

В третьей главе диссертации **«Численный анализ напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины при основных нагрузках»** рассмотрены метод расчета и постановка упругой статической задачи для грунтовой плотины при основных нагрузках. Дано краткое описание метода конечных элементов (МКЭ). Решены тестовые задачи. Исследовано напряженно-деформированное состояние грунтовой плотины при статических нагрузках. Сопоставлены результаты вычислений – напряжений, перемещений, полученные на основе численного расчета с данными натурных исследований.

Основное уравнение тела, находящегося в состоянии упругого равновесия, можно вывести из принципа возможных перемещений, которое выражается через внутреннюю и внешнюю возможную работу:

$$\int_V \delta\{\varepsilon\}^T \{\sigma\} dV = \int_V \delta\{u\}^T \{p\} dV + \int_S \delta\{u\}^T \{q\} dS, \quad (1)$$

где $\delta\{u\}$ - возможные перемещения; $\{u\}^T$ - транспонирование матрицы; $\delta\{\varepsilon\}$ -деформации, соответствующие возможным перемещениям; $\{\sigma\}$ -напряжения, возникающие в конструкции; $\{p\}$ и $\{q\}$ -соответственно объёмные силы, действующие на тело, внешние нагрузки от поверхностных сил; V -объём материала тела; S -поверхность тела, воспринимающая поверхностные силы.

При отсутствии гидростатики поверхность боковых откосов и гребень плотины свободны от нагрузок. Тогда статические граничные условия на этих поверхностях примут следующий вид:

$$\sigma_{ij}n_j=0, \quad (2)$$

где n – вектор нормали к поверхности.

Учет гидростатики на поверхности верхового откоса плотины, находящейся в однородной несжимаемой жидкости водохранилища, сводится к приложенной на поверхности откоса давления, линейно возрастающего с глубиной:

$$p = \rho g z, \quad (3)$$

где z – глубина, отсчитываемая от свободной поверхности воды; g – ускорение свободного падения.

Граничные условия на нижней границе основания – жесткие, что выражается в отсутствии здесь горизонтальных и вертикальных возможных перемещений:

$$y=0: \quad \delta u|_{y=0} = 0; \quad \delta v|_{y=0} = 0. \quad (4)$$

Дается описание плоско-деформируемой модели (поперечное сечение) грунтовой плотины, находящейся на упругом основании (рис.1а). Сооружение рассматривается при статическом (собственном весе, гидростатическом давлении воды) нагружении. Учитываются кусочно-неоднородные характеристики грунта тела плотины (наличие ядра).

Для расчета такой модели используется численный метод конечных элементов, основанный на вариационном принципе возможных перемещений.

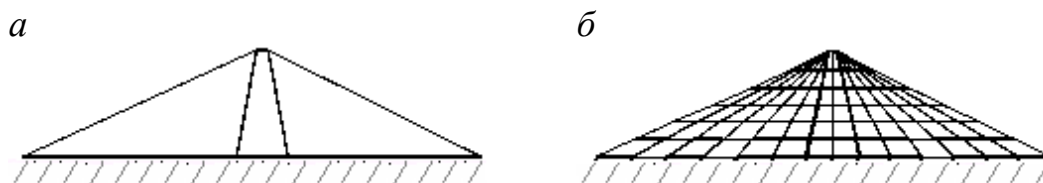


Рис. 1. Расчетная модель (а) и ее конечно-элементная дискретизация элементами прямоугольной формы (б)

В методе конечных элементов, базирующемся на методе перемещений, распределение смещений в элементах находят из смещения узлов по соотношению:

$$\{u\} = [N]\{u\}^e \quad (5)$$

где $[N]$ - форма-функция; $\{u\}^e$ - вектор смещения узлов элемента.

Деформации и напряжения в элементе определяются по смещению узлов соответственно следующим образом:

$$\{\varepsilon\}^e = [B]\{u\}^e, \quad (6)$$

$$\{\sigma\}^e = [D]\{\varepsilon\}^e, \quad (7)$$

где $[B]$ - матрица дифференцирования; $[D]$ -матрица упругости материала.

Формула возможной работы всей конструкции выражается через сумму возможных работ каждого элемента. Возможная работа элемента получается после подстановки (5), (6) и (7) в (1) и записывается в виде

$$\delta\{u\}^{\text{Te}} \left(\int_{V_e} [B]^T [D][B] dV \right) \{u\}^e = \delta\{u\}^{\text{Te}} \left(\int_{V_e} [N]^T \{p\}^e dV + \int_{S_e} [N]^T \{q\}^e dS \right), \quad (8)$$

$$\left(\int_{V_e} [B]^T [D][B] dV \right) \{u\}^e = \left(\int_{V_e} [N]^T \{p\}^e dV + \int_{S_e} [N]^T \{q\}^e dS \right), \quad (9)$$

(9) выражение можно записать в матричной форме

$$[k]^e \{u\}^e = \{F\}^e, \quad (10)$$

где

$$[k]^e = \int_{V_e} [B]^T [D][B] dV, \quad (11)$$

$$\{F\}^e = \int_{V_e} [N]^T \{p\}^e dV + \int_{S_e} [N]^T \{q\}^e dS. \quad (12)$$

Здесь

$\{u\}^e$ - вектор неизвестных перемещений;

$[k]^e$ - матрицы жёсткости элемента;

$\{F\}^e$ - вектор нагрузок.

Формулы (11) и (12) носят соответственно названия матрицы жёсткости элемента и вектор нагрузки, действующей на элемент. Эти матрицы строятся аналитически либо строятся численно с использованием методики численного интегрирования.

Применяя формулу (10) к каждому элементу и проводя суммирование по всем элементам, получим систему однородных линейных алгебраических уравнений первой степени, которую можно решить относительно смещений узловых точек.

Сопоставление результатов вычислений нормальных (горизонтальных, вертикальных) напряжений с натурными данными показано на рис.2 – 5.

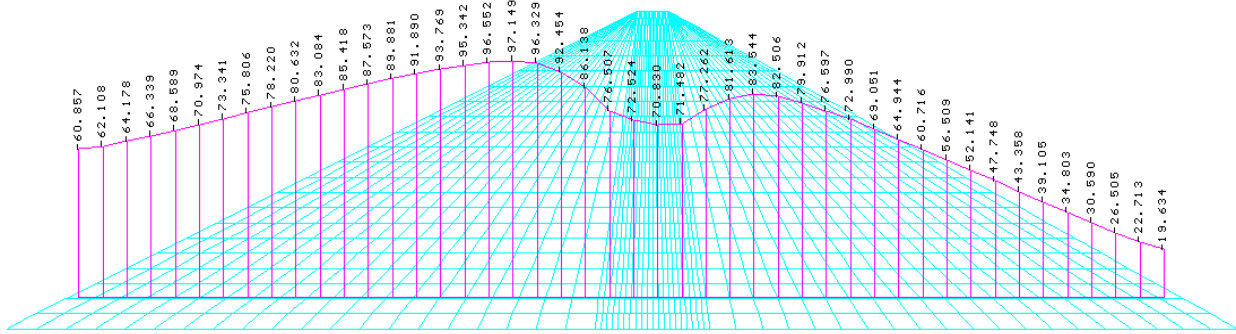


Рис. 2. Расчетные эпюры горизонтальных напряжений σ_x (тс/м²) на отметке 780,0 (1МПа=102тс/м²)

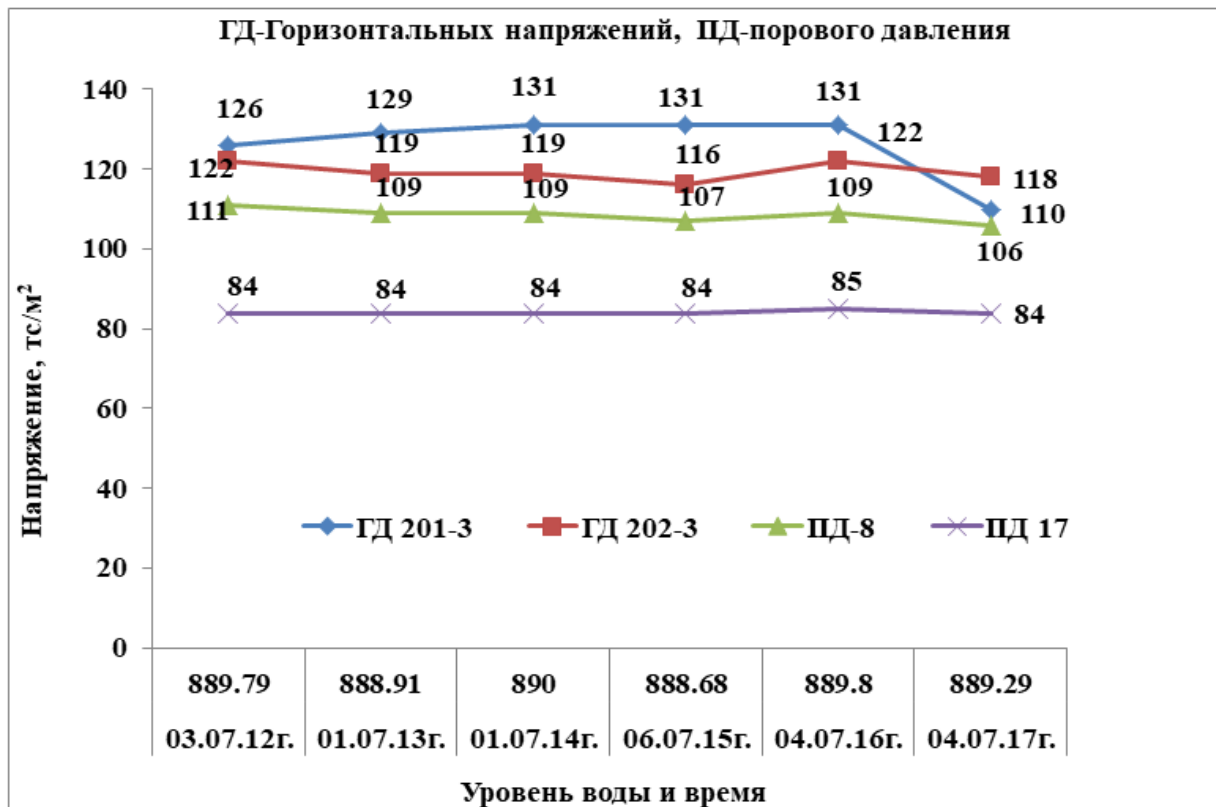


Рис. 3. Данные натуральных наблюдений горизонтальных напряжений σ_x (тс/м²) и порового давления на отметке 780,0м в зависимости от срока эксплуатации (1МПа=102тс/м²)

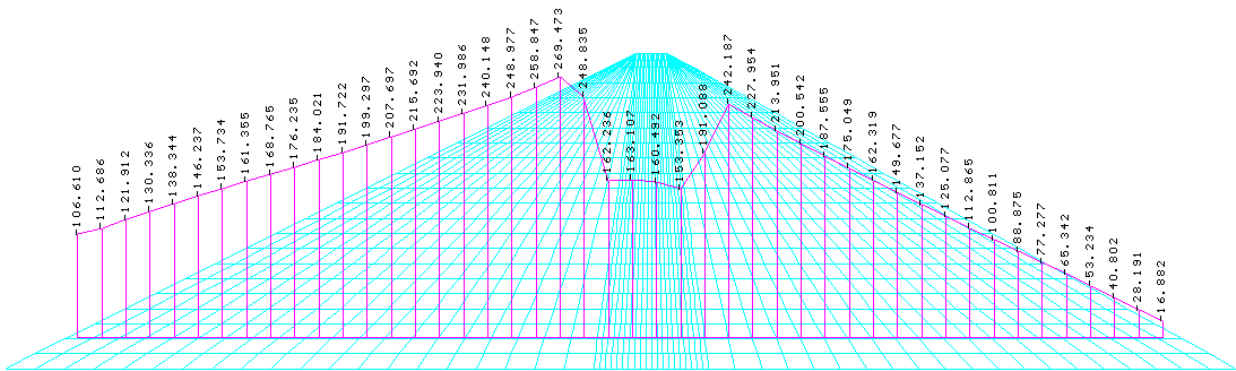


Рис. 4. Расчетные эпюры вертикальных напряжений σ_y (тс/м²) на отметке 780,0 м (1МПа=102тс/м²)

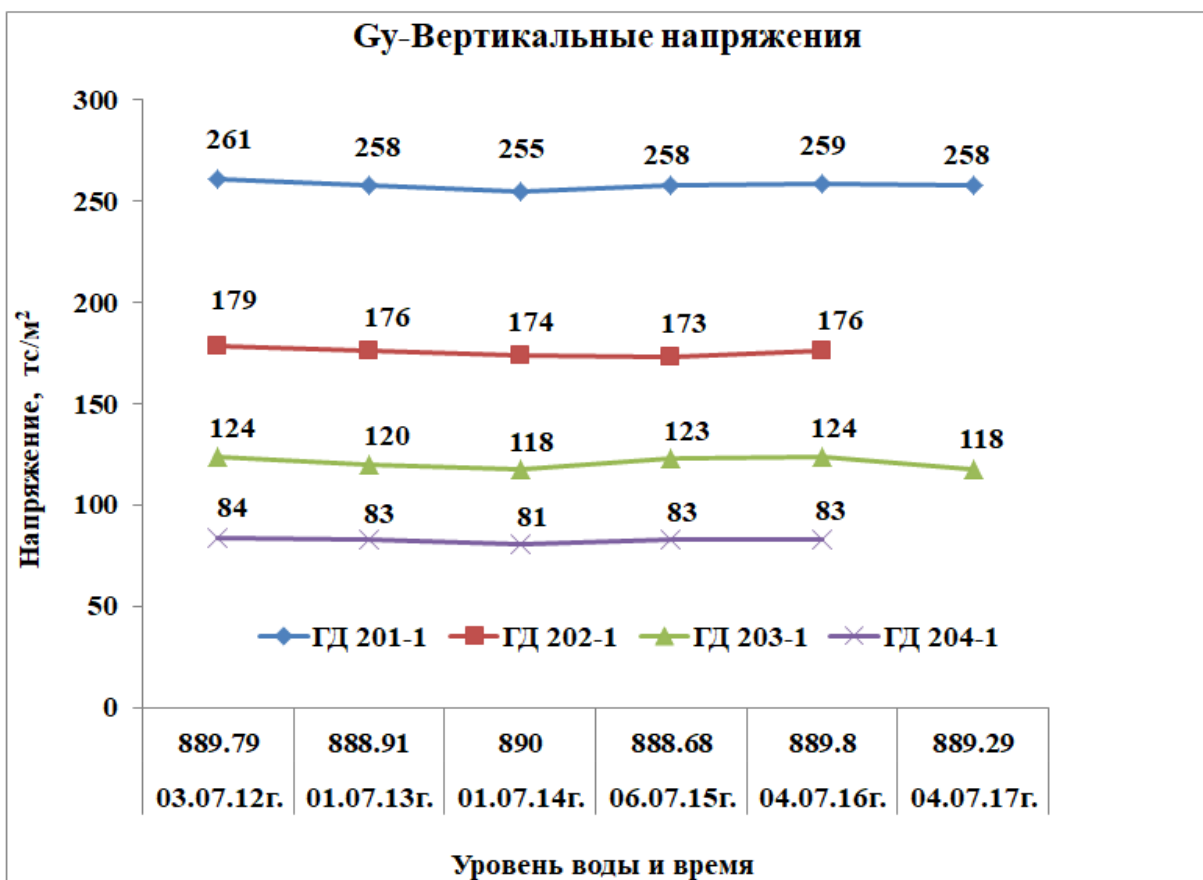


Рис. 5. Данные натуральных наблюдений вертикальных напряжений σ_y (тс/м²) на отметке 780,0 м в зависимости от срока эксплуатации (1МПа=102тс/м²)

Сопоставление результатов вычислений горизонтальных и вертикальных напряжений с натурными данными показывает разницу в 5% и 9% для створа б с учетом порового давления.

Сопоставление результатов вычислений максимальных горизонтальных смещений с натурными данными для створов б приведено на рис.6, 7.

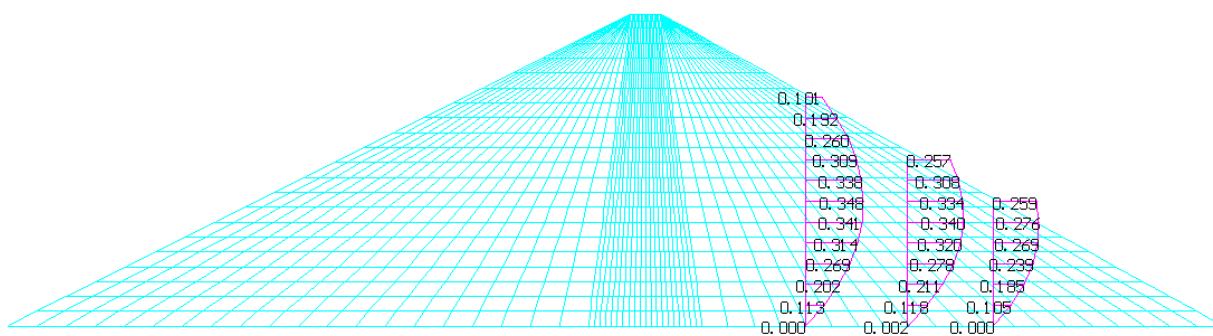


Рис. 6. Эпюры горизонтальных перемещений(м) плотины при учете сил гравитации и гидростатики. Створ 6

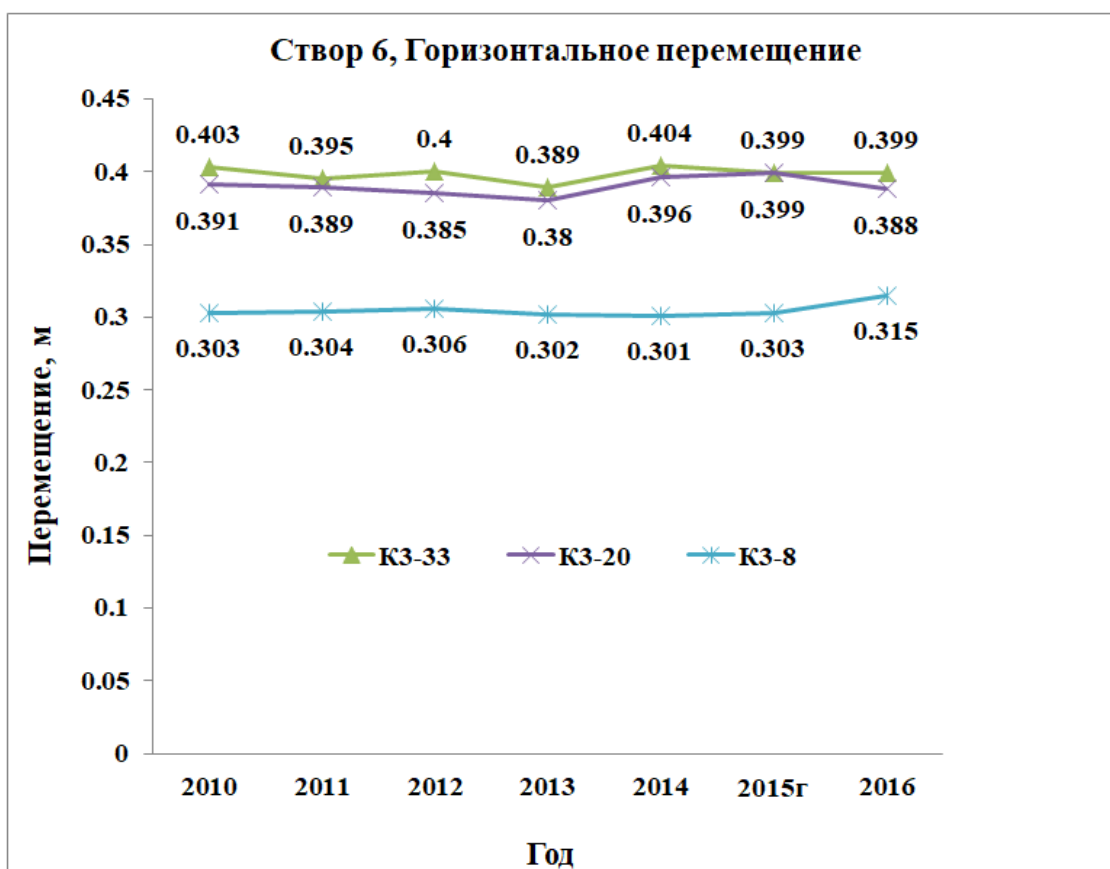


Рис. 7. Изменение горизонтальных перемещений упорной призмы грунтовой плотины по времени эксплуатации

Сопоставление результатов вычислений максимальных горизонтальных смещений с натурными данными показывает разницу 14% для створа 6 и 18% - для 9 створа.

Сравнение результатов вычислений с данными натурных наблюдений по определению осадок в процессе наполнения водохранилища показало их полное совпадение, что свидетельствует о достоверности разработанной программы расчета (рис. 8, 9). Натурные осадки с учетом гидростатики после окончания строительства показаны на рис. 9 (7-февраль 1979 г.).

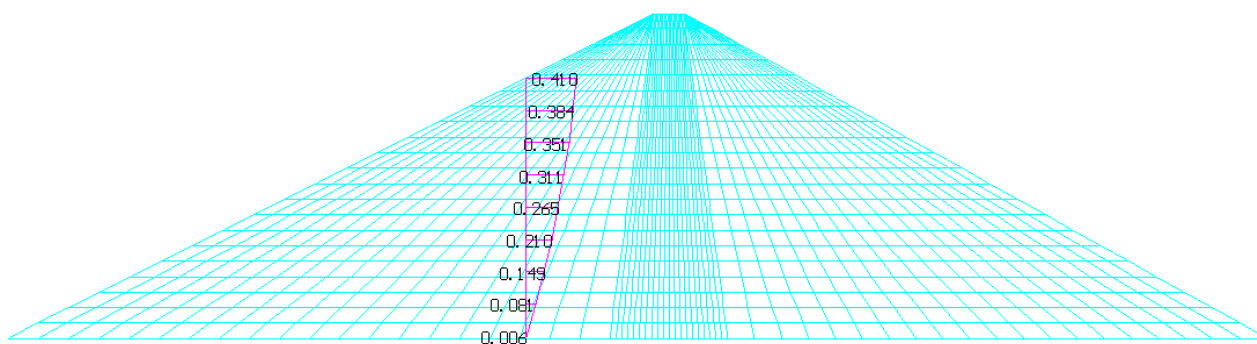


Рис. 8. Эпюры вертикальных перемещений (м) плотины при учете сил гидростатики. Створ 6, отметке 872,0

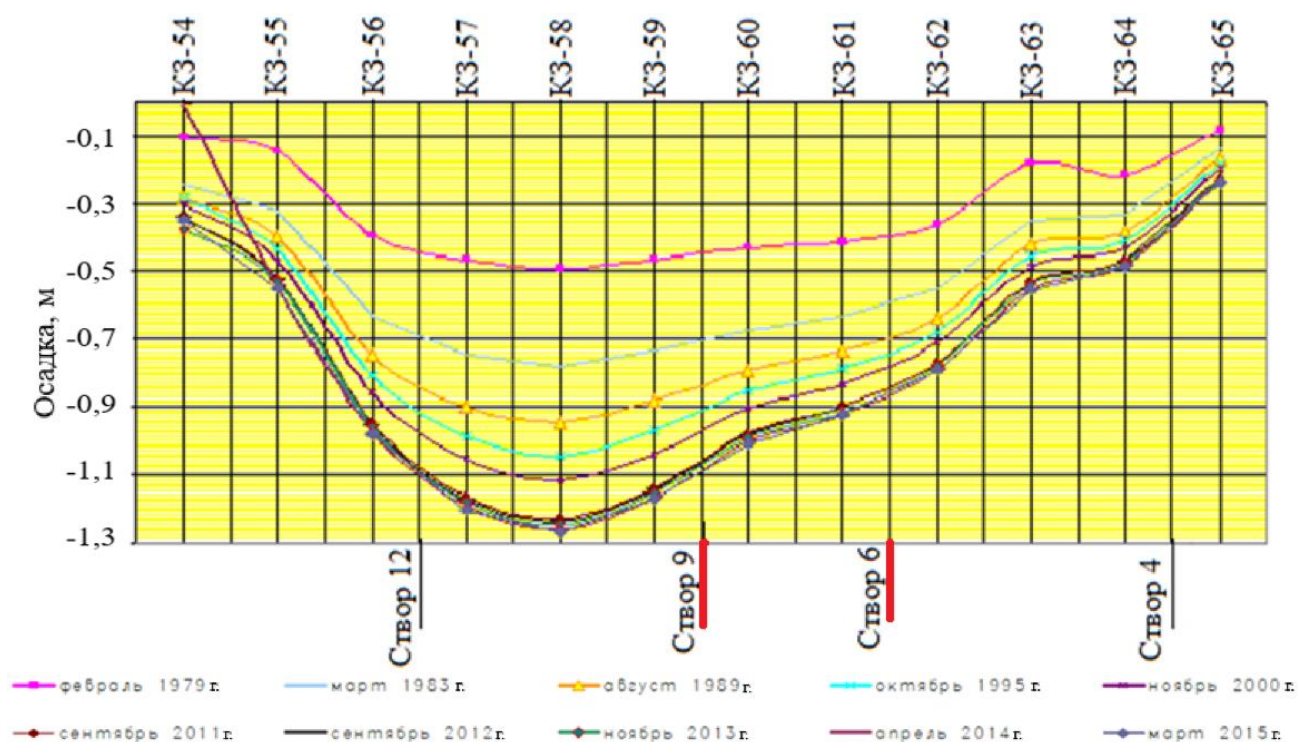


Рис. 9. Осадка бермы верхней упорной призмы плотины на отметке 872,0 м в эксплуатационный период

Сопоставление результатов вычислений максимальных вертикальных смещений с натурными данными показывает разницу 8% для створа 6 и 9% - для створа 9.

В четвёртой главе диссертации «**Расчет устойчивости грунтовых плотин**» рассматриваются основные положения нормативных документов по расчету статической и сейсмической устойчивости откосов грунтовых плотин. Предложен метод расчета устойчивости грунтовых плотин. Определены предел устойчивости изменения угла откоса и угла внутреннего трения грунтовой плотины (на примере Чарвакской ГЭС). Изложена методика учета балльности сейсмического воздействия и произведен расчет устойчивости грунтовых плотин. Даны рекомендации по дальнейшей безопасной эксплуатации Чарвакской плотины.

Расчет устойчивости грунтовой плотины был произведен по методике, предложенной для сейсмостойкости искусственных сооружений Г.Н.Карцивадзе и развитой для грунтовых плотин М.М.Гришиным, М.М.Мирсаидовым для более неблагоприятных вариантов.

По разработанной методике была определена устойчивость работы плотины при различной балльности сейсмического воздействия (8, 9 баллов рис.13, 14) без учета воды и с учетом наполнении воды в водохранилище (НПУ=890,0). Результаты были получены для конструктивных и физико-механических характеристик грунта створа 9 рассматриваемой грунтовой плотины Чарвакской ГЭС.

Значение коэффициента запаса прочности в каждой точке рассматриваемого сооружения определяется по следующей формуле:

$$K = \frac{0,5[(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\tau_{max} \cdot \sin \varphi) \cdot \operatorname{tg} \varphi + 2C]}{\tau_{max} \cos \varphi} \quad (13)$$

Для расчета плотины на сейсмическое воздействие был применен спектральный метод, согласно которому расчетная сейсмическая нагрузка S_{ik} в выбранном направлении, приложенная к точке k и соответствующая i -му тону собственных колебаний сооружения, определяется с использованием формулы (13) по следующему вырождению:

$$S_{ik} = K_1 K_2 Q_k A \beta_i K_w n_{ik}. \quad (14)$$

Помимо различных коэффициентов, принимаемых по таблицам СНиПа, в эту формулу входят Q_k — вес сооружения, отнесенный к точке k ; β_i — коэффициент динамичности, представляющий i -ю частоту собственных колебаний сооружения и n_{ik} — i -я форма собственных колебаниях сооружения.

Для предварительных подсчетов будем учитывать колебания только по первой (основной) форме, что дает очень малую погрешность. Тогда по формуле метода спектральных кривых сейсмическая сила от веса временной нагрузки выразится так:

$$S_B = K_c \beta_1 n_{1B} Q_B. \quad (15)$$

Коэффициенты динамичности β по спектральной кривой изменяются в пределах 0,8-3,0. Коэффициент сейсмичности K_c равен для 7-баллов-0,025, 8-баллов-0,05, 9-баллов-0,1. Согласно данным пробных расчетов, коэффициент формы n_{1B} для сооружений изменяется в пределах 1,1-1,3. Поэтому при расчетах вместо формулы (14) воспользуемся формулой (15) и таблицей 1 для определения максимальных и минимальных значений сейсмических сил S_B .

Таблица 1

Максимальные и минимальные значения сейсмических сил S_B

Сила землетрясения, баллы	Сейсмические силы в долях Q_B	
	максимальные S_B	минимальные S_B
7	0,098	0,022
8	0,195	0,044
9	0,39	0,088

Из таблицы 1 видно, что максимальное значение сейсмической силы составляют 10% от собственного веса (при 7-баллах), 20% (при 8-баллах), 40% (при 9-баллах). При решении статической задачи это значение сдвигающей силы прилагалась к узлу рассматриваемого элемента, как добавка к силам гравитации и гидростатики. Этот упрощенная задача при сейсмических воздействиях вполне согласуется с известными работами. Определялись кинематические характеристики (перемещения, напряжения) в узлах рассматриваемого сооружения. Далее согласно формуле (13) определяется коэффициент прочности материала грунта K .

Далее приводится распределение коэффициента устойчивости при 8 балльном сейсмическом воздействии.

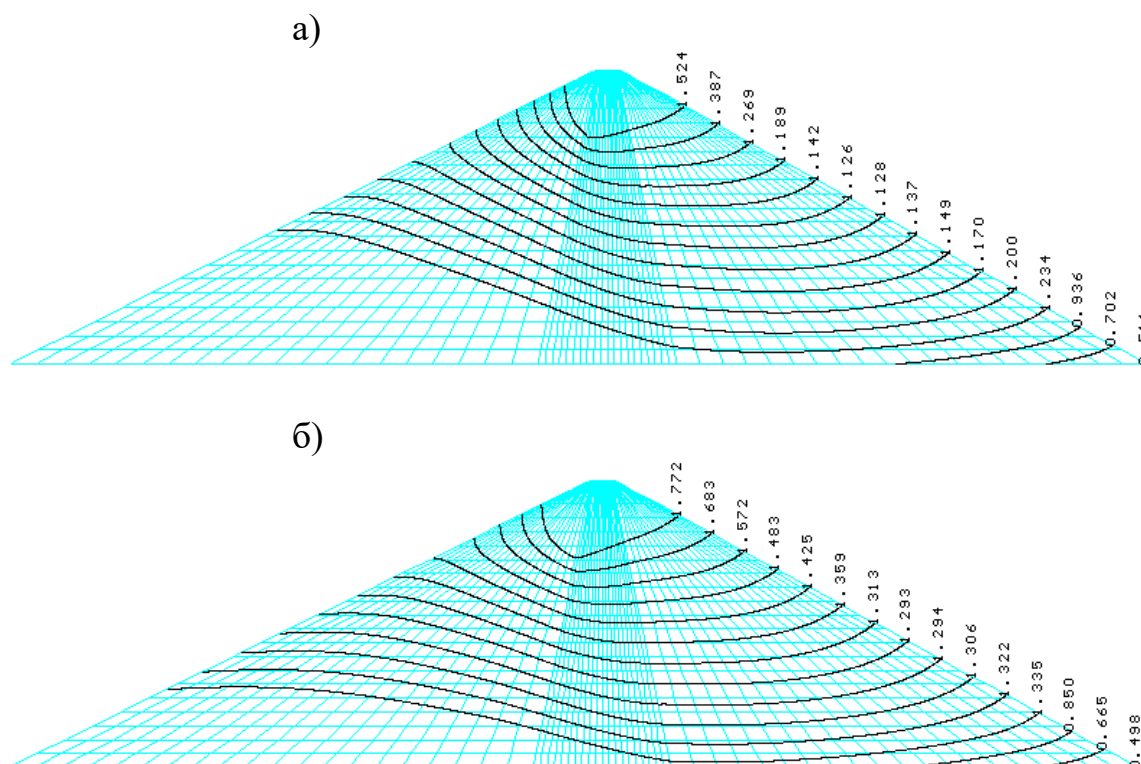


Рис. 10. Распределение коэффициента устойчивости в теле плотины при восьми балльном сейсмическом воздействии без учета (а) и с учетом наполнения (б)

Как видно из результата расчета устойчивость откоса наблюдается для плотины в сухом состоянии, при наполнении в/х устойчивость нижнего бьефа увеличивается.

Сопоставление численных вышеприведенных результатов коэффициента устойчивости с полученными по лицензионной программе «Otkos-pl» в АО «Гидропроект» ом, разработанной ВНИИГ показало хорошую сходимость, что еще раз подтверждает на правильность разработанной методики и программ расчета.

Устойчивость Чарвакской грунтовой плотины обеспечивается при сейсмичности площадки в 8 баллов, так как сейсмичность площадки расположения составляет ту же величину.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследований, проведенных по теме диссертации «Расчёт устойчивости грунтовых плотин при основных нагрузках с учётом данных натурных наблюдений» на соискание ученой степени доктора философии (PhD), представлено следующее заключение:

1. Сделан обзор современных научных работ по проблемам устойчивости гидротехнических сооружений, в частности для грунтовых плотин по обоснованию выбора расчетной модели, программы расчета на основе данных натурных наблюдений.

2. Приведена математическая постановка численного решения статической упругой плоской задачи для грунтовой плотины при основных нагрузках. Разработана методика и алгоритм решения задачи методом конечных элементов с помощью разбиения исследуемой области на четырехугольные элементы.

3. Разработана методика определения матрицы жесткости для плоско-деформированного и плоско-напряженного состояния сооружения при статических нагрузках.

4. Сопоставление численных результатов, полученных автором с аналогичными задачами показано их хорошее соответствие. Данные результатов сопоставлений дают возможность показать на достоверность разработанной методики и программы расчета.

5. Показана практическая ценность разработанной методики и программы расчета определения НДС грунтовой плотины при основных нагрузках (на примере Чарвакской ГЭС) путем сопоставления результатов численных вычислений (напряжений, осадок, перемещений) с данными натурных наблюдений тем самым позволяет определить работоспособность сооружения.

6. Разработанную методику и алгоритм программы расчета по прогнозированию напряженно-деформированного состояния (смещение, осадки, напряжение) наиболее уязвимых участков грунтовой плотины при основных нагрузках можно использовать и для сооружения, не оснащенной приборами слежения, что составляет экономию средств в 15-20 %.

7. Установлено, что при расчете устойчивости откосов грунтовой плотины на сейсмические воздействия в соответствии с нормами величину балльности можно выразить в процентном соотношении к весу сооружения. Разработанный методика и программа расчета устойчивости грунтовых плотин на сейсмические воздействия дает возможность сократить время расчета в 1,2 раза.

8. Выявлены критериальные значения характеристик грунта и углов естественного откосов для упорной призмы при которых вполне обеспечивается устойчивость Чарвакской грунтовой плотины при основных нагрузках. В результате была определена величина значения коэффициента запаса прочности.

9. Анализ численных результатов решения статических задач для Чарвакской грунтовой плотины при основных нагрузках по определению ее устойчивости при сейсмической нагрузке силой между 9-10 баллами вне зависимости наполнения водой водохранилища наблюдается неустойчивость откосов. Проведенный анализ установил, что при возможном землетрясении силой около 10 баллов для обеспечения устойчивости плотины необходимы дополнительные мероприятия.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 AWARDING THE
SCIENTIFIC DEGREE AT THE INSTITUTE OF MECHANICS AND
SEISMIC STABILITY OF STRUCTURES**

**INSTITUTE OF MECHANICS AND SEISMIC STABILITY OF
STRUCTURES**

TURDIKULOV KHUSANBOY KHUDOYNazarovich

**CALCULATION OF THE STABILITY OF EARTH DAMS UNDER
THE BASIC LOADS TAKING INTO ACCOUNT THE DATA OF FIELD
OBSERVATIONS**

01.02.04 – Mechanics of Deformable Rigid Bodies

**ABSTRACT OF THE DOCTORAL DISSERTATION (Ph.D.)
IN TECHNICAL SCIENCES**

Tashkent – 2021

The theme of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2019.1.PhD/T972.

The dissertation has been prepared in the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is posted on the website of Scientific Council (www.instmech.uz) and information-educational portal «ZiyoNET» at the address (www.ziynet.uz)

Scientific adviser:

Salyamova Klara Djabbarovna
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Sultanov Takhirjon Zakirovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Mirzaev Ibrakhim
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor

Leading organization:

Namangan engineering-construction institute

The defense will take place at «30» june 2021 at 14⁰⁰ o'clock at the meeting of the Scientific Council DSc.02/30.12.2019.T/FM.61.01 at the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of AS RUz (Address 100125, Tashkent, Durmon yuli street, 33, Conference hall – 1. Tel: (99871) 262-71-52; fax: (99871) 262-71-32, e-mail: instmech@academy.uz).

The thesis is available in the Information resource center of the Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urozbayev Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan (registration number 1). Address 100125, Tashkent, Durmon yuli street, 33.

Abstract of dissertation sent out on «18» june 2021 year.
(mailing report № 1 on «18» june 2021 year).



M.M.Mirsaidov

Chairman of Scientific Council for awarding degrees,
doctor of technical sciences, professor, Academician
of Academy of Sciences of Republic of Uzbekistan

M.K.Usarov

Scientific secretary of Scientific Council
for awarding degrees, doctor of Physical and
mathematical sciences, Senior Researcher

R.A.Abirov

Chairman of scientific seminar at the scientific
Council for the awarding degrees, doctor of physical and
mathematical sciences, Senior Researcher

INTRODUCTION (abstract of doctoral dissertation PhD)

The aim of the study is to improve the methods for calculating the stability of earth dams under the basic loads, taking into account the data of field observations and the development of methods for calculating the seismic resistance.

The objects of the study is the earth dam of the Charvak HPP.

Scientific novelty of the dissertation research is as follows:

a method for calculating earth dams by the finite element method was developed by partitioning the computational domain into quadrangular elements, taking into account the mechanical characteristics under static loads;

a method for the numerical calculation of the stress-strain state of an earth dam was developed, taking into account the design features, piecewise non-uniform characteristics of materials and the water level in the reservoir under the basic loads (gravitational forces and hydrostatics);

a static method for calculating the seismic resistance of earth dams was improved, based on the account for the maximum seismic loads for the corresponding intensity of the earthquake;

a method for assessing the technical state of earth dams was developed, based on comparing the results of numerical calculations with data from field observations.

Implementation of research results. On the basis of the scientific research results obtained by methods of solving static problems for earth dams using field observations:

The methodology for calculating the stress-strain state of earth dams was introduced in static calculations of the Charvak and Tupolang earth dams of the facilities of the UE “Cascade Urta - Chirchik HPP” and in the Administration for the Use of Reservoirs of the Tupolang System (Certificate of JSC Uzbekgidroenergo of the Republic of Uzbekistan No. 02-15 / 2543 dated 15 September 2020). Implementation of the results using the developed method for earth dams not equipped with instrumentation allows determining stresses, subsidence and shifts of the dam sections, which amount to 15-20% savings for field observations costs;

the methods and programs developed for calculating the strength of earth dams under seismic impacts were introduced in seismic calculations of the Charvak and Tupolang earth dams of the UE “Cascade Urta - Chirchik HPP” and in the Administration for the Use of Reservoirs of the Tupolang System (Certificate of Uzbekgidroenergo JSC of the Republic of Uzbekistan No. 02-15 / 2543 dated September 15, 2020). As a result, when substantiating the provision of their seismic resistance, the duration of the computational process was reduced by 1.2 times.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of introduction, four chapters, conclusion, list of references and appendices. The volume of the dissertation is 120 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I-бўлим (I часть; I part)

1. Салямова К.Д., Ли А.А., Турдикулов Х.Х. О методе оценки напряженно-деформированного состояния грунтовых подпорных гидротехнических сооружений при сейсмических воздействиях // Журнал “Вестник ТашИИТ”. 2011.-№3.- С. 24-27 (05.00.00; №11).

2. Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х., Меликулов А.Д. Динамический расчет водоподпорных сооружений с учетом длительного мониторинга // Журнал “Горный вестник”. -2012.-№1. -С. 125-129 (05.00.00; №7).

3. Salyamova K.D., Rumi D.F., Turdikulov Kh.X. Analysis of seismic stability of retaining earth structures with account of dissipative properties of soil // European Sciences review. - 2018. - P. 81-84 (03.00.00; Европа мамлакатлари. нашри №6).

4. Salyamova K.D., Turdikulov Kh.X. Numerical Analysis of the Stress State of Earth Dam under Dynamic Loads // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. -Vol. 6 -2019, Issue 8. P. Copyright to IJARSET (www.ijarset.com 10564) (05.00.00 №8).

5. Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Статическое напряженное состояние высокой грунтовой плотины с учетом данных натурных наблюдений // Журнал “Проблемы механики”. 2019. - №2. - С. 58-62 (05.00.00; №6).

6. Salyamova K.D., Turdikulov X.X., Yangiev A.A., Fayziev Kh. Dynamic Behavior of Earth Dam under Non-Stationary Kinematic Effect // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) Vol.8. January 2020 Issue 5, P.101 – 108 (05.00.00 №8).

7. Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Анализ устойчивости грунтовой плотины при сейсмических нагрузках // ФерПИИ. Научно - технический журнал. Фергана, 2020. –№1. – С. 59–63 (05.00.00;№20).

8. Ахмедов М.А., Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. К вопросу сейсмобезопасности гидротехнических сооружений (грунтовых плотин) // ТАСИ. Архитектура. Строительство. Дизайн. Научно-практический журнал.- Ташкент, 2020. –№1. – С. 249–253 (05.00.00;№4).

9. Yangiev Asror, Salyamova Klara, Turdikulov Khusanboy and Fayziev Xomitxon. Dynamics of an earth dam with account for rheological properties of soil under dynamic effect // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 869 (2020) 072005 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/869/7/072005 (01.00.00 (№3. Scopus)).

10. Естифеева А.Г., Мифтахова И.Р., Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Обеспечение безопасной эксплуатации грунтовой плотины Чарвакской ГЭС с учетом данных натурных наблюдений // Узбекский журнал, “Проблемы механики”. - 2020, - №1-2. -С. 60-63 (05.00.00; №6).

И-бўлим (И часть; И part)

11. Салямова К.Д., Турдикулов Х. Расчет грунтовых гидротехнических сооружений на сейсмические воздействия по линейно-спектральной теории // “Табиий фанларнинг долзарб муаммолари” Республика ёш олимлар илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. Самарқанд-2008. - С. 114-115.

12. Турдикулов Х.Х. Расчет динамических характеристик и сейсмических ускорений грунтовой плотины Чарвакской ГЭС // “Механиканинг хозирги замон муаммолари” Халқаро илмий-техник конференция материаллари тўплами. Тошкент-2009 й. 23-24 сентябрь - С.515-518.

13. Турдикулов Х.Х. Статистическая обработка данных натурных наблюдений на грунтовых плотинах // “Республикада иншоотлар замини ва пойдеворсозлик муаммолари” Илмий-амалий анжуман натижалари бўйича илмий ишлар тўплами. Тошкент-2010 г. - С. 112-115.

14. Ли А.А., Салямова К.Д., Ли А.В., Турдикулов Х.Х. Современные аспекты автоматизации систем наблюдения и комплексного мониторинга безопасности крупных техногенных объектов. // «Современная техника и технология горно-металлургической отрасли и пути их развития». Материалы 5 Международной научно-технической конференции. Навои 12-14 мая, 2010г. - С. 192-193.

15. Ли А.В., Ли А.А., Салямова К.Д, Турдикулов Х.Х. Система автоматизированных рабочих мест для комплексного мониторинга на гидротехнических сооружениях. // Международная научная конференция. Ташкент, «Инновация – 2010». Сборник научных статей. - С. 233-234.

16. Ли А.В., Ли А.А., Салямова К.Д, Турдикулов Х.Х. Программный анализ результатов комплексного мониторинга гидротехнических сооружений // Международная научная конференция. Ташкент, «Инновация – 2011». Сборник научных статей. - С. 237-238.

17. Турдикулов Х.Х. Грунтли тўғонларни устуворликка ҳисоблаш. “Илм-фан тараққиёти ва иқтисодий инновацион ривожлантириш” Республика ёш олимлар илмий-амалий конференцияси материаллари тўплами. Ташкент - 2012 й. 5 декабрь - С. 24-26.

18. Салямова К.Д., Ли А.А., Ли А.В., Турдикулов Х.Х. Комплексный мониторинг инженерных сооружений с применением автоматизированных программных систем. // Современные технологии и инновации горно-металлургической отрасли. Материалы республиканской научно-технической конференции. Навои 14-15 июня 2012г. - С. 34.

19. Salyamova K.D., Turdikulov X.X. On seismic stability of soil-stone structures // Geo-engineering for construction and conservation of cultural heritage and historical sites.-challenges and solutions. Proceedings of the IV Central Asian Geotechnical Symposium. Samarkand 21-23 september 2012. Samarkand, 2012. – P 239-241.

20. Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Мониторинг безопасности гидротехнических сооружений // «Энерго ресурсосберегающие экологически

чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды». Материалы Международной научно-технической конференции. Белгород, 24 - 25 ноября 2015.- Белгород, 2015. - С 92-97.

21. Турдикулов Х., Маъмиров Ё., Мирзаев О. Статистическая обработка данных натуральных наблюдений на грунтовых плотинах. // Материалы Международной научно-практической конференции по проблемам «Современные тенденции развития аграрного комплекса». Соленое Займище, 11-13 мая, Россия - 2016г. - С. 176-180.

22. Саямова К.Д., Турдикулов Х.Х., Мифтахова И.Р. Расчет высокой грунтовой плотины с учетом напряженного состояния и порового давления (с учетом данных натуральных наблюдений) // Журнал “Строительные материалы и изделия”. – Россия, - 2019.- №7. - С. 24-32.

23. Саямова К.Д., Руми Д.Ф., Турдикулов Х.Х. Численный расчет напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины при основных нагрузках с учетом неоднородного основания // Журнал “Строительные материалы и изделия”. Россия.-2019, №3. - С. 48-57.

24. Турдикулов Х.Х. Расчет осадки грунтовой плотины при основных нагрузках с учетом данных натуральных наблюдений // Материалы 13-й Международной научно-практической конференции молодых ученых «Перспективи розвитку будівельних технологій». 18-19 квітня 2019 року. Дніпропетровск. -2019.- С. 39-44.

25. Саямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Статическое напряженно-деформированное состояние грунтовых гидротехнических сооружений с учетом натуральных наблюдений // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: Сб. трудов. В 4-х т. Механика деформируемого твердого тела.- УФА: Россия. 19 - 24 августа 2019 г.- Уфа:РИЦ БашГУ, 2019.-т.3. - С. 177-180.

26. Саямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Статическое напряженно-деформированное состояние грунтовых гидротехнических сооружений с учетом натуральных наблюдений // Материалы XII Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. УФА, Россия. 19-24 августа 2019 г. – Уфа:РИЦ БашГУ, 2019- С. 190-191.

27. Саямова К.Д., Турдикулов Х.Х., Ахмедов М.А., Мирзаева З.М. Динамический расчет грунтовой плотины с учетом неоднородности основания // VII Глобальная наука и инновации -2019: Центральная Азия Международный научно-практический журнал, Казахстан. 25-28 сентября 2019 г.- Нур-Султан, 2019. - С. 243-250.

28. Турдикулов Х.Х. Расчет грунтовой плотины с учетом данных натуральных наблюдений // Материалы XXIV Международной научно-практической конференции. Ташкент. 25 октября 2019г.- Ташкент, 2019. - С. 291-292.

29. Турдикулов Х.Х. Напряженное состояние грунтовой плотины с учетом данных натуральных наблюдений // “Табиий фанларни фундаментал ва амалий муаммолари” Республика илмий–амалий конференцияси материаллари, Тошкент. 23 октябрь 2019й.- Тошкент, 2019. - С. 408 - 414.

30. Турдикулов Х.Х. Анализ устойчивости Аякчинской грунтовой плотины при сейсмических нагрузках // Ўзбекистон республикаси олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги Наманган муҳандислик – қурилиш институти “қурилишда инновациялар, энергиятежамкор технологиялар, бинолар ва иншоотларнинг конструкциявий ва сейсмик хавфсизлиги” мавзусида Халқаро миқёсида илмий-техник конференция материаллари тўплами Наманган шаҳри 7 - 9 ноябрь 2019 й- Наманган, 2019. - б. 374-378.

31. Салямова К.Д., Турдикулов Ҳ.Х. Динамический расчет грунтовой плотины с учетом неоднородности основания // “Машинашуносликнинг долзарб муаммолари ва уларнинг ечими” Академик Х.Х. Усмонхўжаев таваллудининг 100 йиллигига бағишланган Республика илмий-амалий конференцияси мақолалар тўплами 2-қисм 2, 3, 4 - ШЎЪБАЛАР 20-21 ноябрь Тошкент-2019й.-Тошкент, 2019. - б. 378-381.

32. Салямова К.Д., Ахмедов М.А, Турдикулов Ҳ.Х. Анализ последствий от повреждений и отказов гидроэнергетических объектов при воздействии природных факторов // “Машинашуносликнинг долзарб муаммолари ва уларнинг ечими” Академик Х.Х. Усмонхўжаев таваллудининг 100 йиллигига бағишланган Республика илмий-амалий конференцияси мақолалар тўплами 2-қисм 2, 3, 4 – ШЎЪБАЛАР. 20 - 21 ноябрь. Тошкент-2019й. – Тошкент, 2019.-б. 375-377.

33. Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Расчет грунтовой плотины на сейсмические воздействия (PLSEIM.FOR) // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. № DGU 01821 от 03.09.2009 г.

34. Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Программа определения суммарной осадки расчетных слоев по оси ядра грунтовой плотины методом компрессионной кривой (PLCOMP-S.FOR) // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. № DGU 06533 от 04.06.2019 г.

35. Салямова К.Д., Турдикулов Х.Х. Расчет матрицы жесткости для плоско-деформированного и плоско-напряженного состояния грунтовой плотины при статических нагрузках (DAM- STIFMATR.PAS) // Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. № DGU 08223 от 17.03.2020г.

Авторефератнинг ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги нусхалари
«ЎзМУ хабарлари» таҳририятида таҳрирдан ўтказилди

Бичими 60x84¹/₁₆. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табағи: 3. Адади 100. Буюртма № 7.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.