

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC.03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

ЯРАШОВ ЖАВЛОНБЕК АДАМБОЕВИЧ

**ГРУНТНИНГ ЭЛАСТИК-ПЛАСТИК ХОССАЛАРИ ВА
ИНШООТНИНГ КОНСТРУКТИВ ХУСУСИЯТЛАРИНИ ҲИСОБГА
ОЛГАН ҲОЛДА ГРУНТЛИ ТЎҒОНЛАРНИНГ МУСТАХКАМЛИГИНИ
БАҲОЛАШ
(Пском сув омбори тўғони мисолида)**

**05.09.06 – Гидротехника ва мелиорация қурилиши,
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 dissertation abstract of doctor of
philosophy (PhD) on technical sciences**

Ярашов Жавлонбек Адамбоевич

Грунтнинг эластик-пластик хоссалари ва иншоотнинг конструктив хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлигини баҳолаш (*Пском сув омбори тўғони мисолида*)..... 3

Ярашов Жавлонбек Адамбоевич

Оценка прочности грунтовых плотин с учётом конструктивных особенностей сооружений и упруго-пластических свойств грунта (*на примере Пскомской плотины*)..... 21

Yarashov Javlonbek Adamboyevich

Assessment of earth dams strength considering engineering features of structures and elastic-plastic properties of soil (*on the example of the Pskom dam*) 39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 42

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ХУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC.03/30.12.2019.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДАГИ
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ**

ЯРАШОВ ЖАВЛОНБЕК АДАМБОЕВИЧ

**ГРУНТНИНГ ЭЛАСТИК-ПЛАСТИК ХОССАЛАРИ ВА
ИНШОТНИНГ КОНСТРУКТИВ ХУСУСИЯТЛАРИНИ ҲИСОБГА
ОЛГАН ҲОЛДА ГРУНТЛИ ТЎҒОНЛАРНИНГ МУСТАХКАМЛИГИНИ
БАҲОЛАШ
(Песком сув омбори тўғони мисолида)**

**05.09.06 – Гидротехника ва мелиорация қурилиши,
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 В2020.4.PhD/Т2013 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертацияси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифада (www.tiame.uz) ва «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбарлар:

Султанов Тахиржон Закирович
техника фанлари доктори, профессор

Мирсаидов Мирзиёд Мирсаидович
Ўз Р ФА академиги, техника фанлари доктори,
профессор

Расмий оппонентлар:

Файзиев Хомидхон
техника фанлари доктори, профессор

Исмаилов Кубаймурат
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот:

Наманган муҳандислик-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги DSc. 03/30.12.2019.Т.10.02 рақамли илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг 2021 йил «2» июнь соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100000, Тошкент, Қори-Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел./факс: тел.:(99871) 237-22-09, факс: (99871)237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz)

Диссертация билан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (163 рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100000, Тошкент, Қори-Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел./факс: тел.:(99871) 237-19-45, e-mail: admin@tiame.uz

Диссертация автореферати 2021 йил «18» май да тарқатилди.
(2021 йил «18» май даги № 163 рақамли реестр баённомаси)



А.Т.Салоҳиддинов
Бир марталик илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш раиси, т.ф.д., профессор

А.А.Янгиев
Бир марталик илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д., профессор

М.Р.Бакиев
Бир марталик илмий даражалар берувчи
илмий кенгаш ҳузуридаги илмий
семинар раиси, т.ф.д., профессор

КИРИШ (фалсафа доктори PhD диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлигини баҳолашда грунтнинг эластик-пластик хусусиятларини ҳисобга олиш муҳим аҳамият касб этади. Шу жihatдан грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлигини баҳолашда иншоотнинг конструктив бир жинссизлиги, грунтнинг эластик-пластик деформацияланиш хусусиятлари ҳисоблаш усулларидадан фойдаланишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Бу борада, жаҳоннинг ривожланган давлатларида лойиҳаланаётган ҳамда қурилаётган гидротехника иншоотларининг ишончилиги, уларнинг мустаҳкамлигини таъминлашда такомиллаштирилган усулларидадан фойдаланиш муҳим аҳамиятга эга ҳисобланади.

Жаҳонда грунтли тўғонлар қурилишида ишлатиладиган грунтларнинг физик-механик хосаларини таҳлил қилиш, грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформацияланиш ва динамик ҳолатларини баҳолаш учун хусусий оғирлик, сув омборидаги сувнинг тўғонга кўрсатадиган гидростатик босими, грунт материалнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олувчи математик моделларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, грунтли тўғоннинг кучланганлик деформация ҳолатини ва мустаҳкамлиги ҳамда грунтли тўғоннинг турли динамик кучлар таъсиридаги нотурғун мажбурий тебранишлари ва мустаҳкамлиги тўғоннинг конструктив бир жинссизлиги ҳамда грунт материалнинг эластик-пластик деформацияланишини инобатга олиб баҳолаш усулларида такомиллаштиришга алоҳида эътибор берилмоқда.

Республикада грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформация, динамик ҳолатларини ва мустаҳкамлигини баҳолаш учун грунт материалнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳамда иншоотнинг бир жинссизлигини инобатга олиб, гидротехника иншоотларининг хавфсиз ва ишончли ишлашини таъминлаш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида, жумладан «...миллий иқтисодиётни рақобатбардошлигини ошириш учун энергия ва ресурслар сарфини камайтириш, мелиорация ва ирригация объектлари тармоқларини ривожлантириш» бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган. Ушбу вазифаларини амалга оширишда, жумладан, грунтли тўғонларнинг конструктив бир жинссизлиги, материалнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда кучланганлик деформация ва динамик ҳолатлари ҳамда мустаҳкамликларини баҳолаш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 майдаги ПҚ-2947-сон «2017-2021 йилларда гидроэнергетикани янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»¹», 2017 йил 24 майдаги ПҚ-3003-сон

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 майдаги ПҚ-2947-сон «2017-2021 йилларда гидроэнергетикани янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги Қарори.

«Қишлоқ ва сув хўжалиги тармоқлари учун муҳандистехник кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида» ги қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация иши муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг асосий устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. «Математика, механика ва информатика», VIII. «Ер ҳақидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минерал хом-ашёларни қайта ишлаш)» устувор йўналишлари доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлигини, ишончилигини ва динамик ҳолатларини баҳолаш муаммоларини М.Мирсаидов, М.Р.Бакиев, П.Ж.Маткаримов, А.А.Янгиев, Л.У.Султанов, Р.Л.Давыдов, Д.В.Бережной, А.В.Карамов, Э.Х.Симборт, Ю.К.Зарецкий, В.Н.Ламбардо, Н.Д.Красников, А.Ш.Мартазаев, Т.В.Чинь, Х.С.Ваккасов, П.И.Калугин, А.В.Манукян, В.С.Аванесов, R.Afiri, S.Gabi, J.Amnyattalab, H.Rezaie, Lan Qi, Qizhen Chen, Jiancheng Cai ва бошқалар тадқиқот қилганлар.

Грунтли тўғонларнинг бир жинссизлиги, ташқи кучлар таъсирида грунтларнинг деформацияланиш жараёнларини К.С.Султанов, Х.З.Расулов, Н.А.Цытович, Ю.К.Зарецкий, В.Н.Ламбардо, Ю.М.Ескин, Н.Д.Красников, А.З.Тер-Мартirosян, З.Г.Тер-Мартirosян, Л.А.Эйслер, А.Л.Гольдин, С.И.Панов, А.Р.Khoei, А.Р.Azami, S.M.Naeri, S.Shahba, F.Soltani, ва бошқа олимларнинг ишларида ўрганилган ҳамда маълум даражадаги ижобий натижаларга эришилган.

Ҳозирги вақтда грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлигини баҳолашда грунтнинг эластиклик хусусиятларини ҳисобга олиниб келинган. Лекин бу билан олинган натижаларнинг ҳаққонийлиги етарли бўлмаслиги мумкин. Чунки, грунтларнинг физик-механик хоссаларини ҳисобга олувчи кўплаб назариялар мавжуд бўлиб, улардан аниқ масалаларни ечишда ҳар доим ҳам фойдаланишнинг имконияти йўқ. Шунингдек грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформация ҳолатлари ва динамикасини ҳамда қурилиши режалаштирилаётган сув омборлари грунтли тўғонларининг мустаҳкамлигини баҳолашлар етарли даражада ўрганилмаган.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий таълим муассасасининг илмий ишлари режаси билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтининг илмий-тадқиқот ишлари режаси ҚХФ-4-001-«Сув омбори грунтли иншоотларининг зилзилабардошлиги ва мустаҳкамлигининг назарий асосларини ишлаб чиқиш» (2012-2016), №2.12 «Бир жинсли бўлмаган структурали гидротехника иншоотларни динамик мустаҳкамликка баҳолаш ва уларни назарий асосларини ишлаб чиқиш» (2018-2020) мавзусидаги амалий тадқиқотлар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади грунтли тўғонларнинг мустаҳкамликларини баҳолаш учун грунтни эластик-пластик хусусиятларини, конструктив бир жинссизлигини, реал геометриясини ва сув омборни сувга тўлдирилганлик даражасини ҳисобга олувчи математик моделини, ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

грунтли тўғонлар қурилишида ишлатиладиган грунтларнинг физик-механик хосаларини таҳлил қилиш, мавжуд мустаҳкамликни ва устуворликни баҳолаш моделларини ва ҳисоблаш усулларини таҳлил қилиш ва улардан фойдаланишнинг имкониятларини аниқлаш;

қурилиши режалаштирилган сув омбори грунтли тўғонларининг табиий-географик жойлашуви, конструктив параметрлари, қурилишда қўлланиладиган грунт материалларининг физик-механик тавсифлари ва хусусиятларини аниқлаш ва уларни лойиҳа-қидирув материаллари асосида танлаб олиш;

грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформация ва динамик ҳолатларини баҳолаш учун хусусий оғирлик, сув омборидаги сувнинг тўғонга кўрсатадиган гидростатик босими, грунт материалининг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олувчи математик модел, ҳисоблаш усуллари ва алгоритминини ишлаб чиқиш;

ишлаб чиқилган математик модель, ҳисоблаш усули, ечиш алгоритмлари ҳаққонийлигини тест масалалари ёрдамида текшириш;

хусусий оғирлик ва сув омборининг турли даражада сув билан тўлдирилишини инобатга олган ҳолда, тўғоннинг кучланганлик деформация ҳолати ва мустаҳкамлигини грунтнинг эластик, эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда баҳолаш;

грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда турли кучлар таъсирида грунтли тўғоннинг нотурғун мажбурий тебра-ниши ва мустаҳкамлигини баҳолаш;

олинган натижаларни таҳлил қилиш, ишнинг илмий ва амалий аҳамияти, янги механик самараларни аниқлашдан иборатдир.

Тадқиқотнинг объекти сифатида сейсмиклиги юқори бўлган ҳудудда қурилиши режалаштирилган Пском сув омборининг грунтли тўғони қабул қилинган.

Тадқиқотнинг предмети грунтли тўғонларнинг конструктив тузилиши, бир жинссизлиги, тўғон грунтининг эластик-пластиклик деформацияланиш хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда турли кучлар таъсиридаги кучланганлик деформация, динамик ҳолатлари ва мустаҳкамлигини баҳолашнинг математик модели, ҳисоблаш усуллари ва алгоритмлари ташкил қилади.

Тадқиқотнинг усуллари. Тадқиқот жараёнида ҳисоблаш ишларини бажариш учун чекли элементлар усули (ЧЭУ), кетма-кет яқинлашиш усули, кичик эластик-пластик деформация ва Ньюмарк усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

иншоотнинг конструктив бир жинссизлиги ва грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олиб грунтли тўғоннинг кучланганлик деформация, динамик ҳолатини ҳамда мустаҳкамлигини баҳолашнинг математик модели такомиллаштирилган;

грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғоннинг кучланганлик деформация ва динамик ҳолатларини баҳолашнинг ҳисоблаш усули ва алгоритми ишлаб чиқилган;

иншоотнинг конструктив бир жинссизлиги ва сув омборининг ярим, тўла тўлдирилишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғоннинг кучланганлик деформация ҳолати ва мустаҳкамлиги баҳоланган;

грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини инobatга олган ҳолда грунтли тўғоннинг нотурғун мажбурий тебранишлари ва табиий зилзила акселограммаси таъсиридаги мустаҳкамлиги баҳоланган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

грунтли тўғоннинг кучланганлик деформация, динамик ҳолатини ҳамда мустаҳкамлигини баҳолашнинг такомиллаштирилган математик модели, ҳисоблаш усули ва алгоритми ишлаб чиқилган;

грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформация ва динамик ҳолатларини грунтнинг эластик-пластик деформацияланиши ва иншоотнинг бир жинссизлигини ҳисобга олган ҳолда ҳисоблашнинг ЭХМ дастурлари ишлаб чиқилган;

сув омборининг турли даражада тўлдирилишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғоннинг кучланганлик деформация ҳолати ва мустаҳкамлиги грунтнинг эластик-пластиклик хоссаларини ҳисобга олиб баҳоланган;

грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғоннинг турли динамик кучлар ҳамда табиий зилзила акселограммаси таъсиридаги нотурғун мажбурий тебранишлари натижасида ҳосил бўладиган кучланиш ва деформациялари аниқланиб, мустаҳкамлиги баҳоланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги такомиллаштирилган математик моделнинг адекватлиги, ҳисоблаш усули, алгоритми ва ЭХМ дастурларининг бир қатор тест масалаларнинг аниқ ва тақрибий ечимлари билан солиштириш орқали асосланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти келгусида қуриладиган грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформация, динамик ҳолатларини ва мустаҳкамлигини баҳолаш учун грунт материалининг эластик-пластик деформацияланишини, иншоотнинг бир жинссизлигини ва сув омборини турли даражада тўлдирилганлигини ҳисобга олган ҳолда баҳолаш учун такомиллаштирилган математик модел, ҳисоблаш усули ва алгоритмини яратилганлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти келгусида қуриладиган грунтли тўғонларнинг статик ва динамик кучлар таъсиридаги кучланганлик деформация, динамик ҳолатлари ва мустаҳкамлигини грунтнинг эластик-

пластик хоссалари ва иншоотнинг бир жинссизлигини ҳисобга олган ҳолда баҳолаш учун яратилган алгоритм ва ЭХМ дастурларини лойиҳа жараёнларида қўлланиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Грунтнинг эластик-пластик хоссалари ва иншоотнинг конструктив хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлигини баҳолаш бўйича олинган натижалар асосида:

грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформацияланиш ҳолатларини баҳолашнинг математик модели, ҳисоблаш усули «Сувлойиҳа» давлат унитар корхонасида жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 20 ноябрдаги 02/20-3509-сон маълумотномаси). Натижада, грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформация ҳолатлари, мустаҳкамлигини баҳолаш имконияти яратилган;

грунтли тўғонларнинг динамик ҳолатларини баҳолашнинг математик модели, ҳисоблаш усули янги лойиҳаланаётган Пском сув омбори грунтли тўғони учун «Гидропроект» аксиядорлик жамиятида жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 20 ноябрдаги 02/20-3509-сон маълумотномаси). Натижада, Пском сув омбори грунтли тўғони мустаҳкамлигини баҳолаш имконини берган;

грунтли тўғонининг турли динамик кучлар таъсиридаги нотурғун мажбурий тебраниши «Water house project» масъулияти чекланган жамиятда жорий этилган (Сув хўжалиги вазирлигининг 2020 йил 20 ноябрдаги 02/20-3509-сон маълумотномаси). Натижада, фойдаланилаётган сув омборлари грунтли тўғонларининг мустаҳкамлигини баҳолаш имконияти яратилган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 2 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация мавзуси бўйича жами 20 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг диссертацияларининг асосий илмий натижаларини чоп этиш учун тавсия этилган илмий нашрларида 8 та мақола, жумладан 7 та мақола хорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертациянинг таркиби кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 119 бетни ташкил этган.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

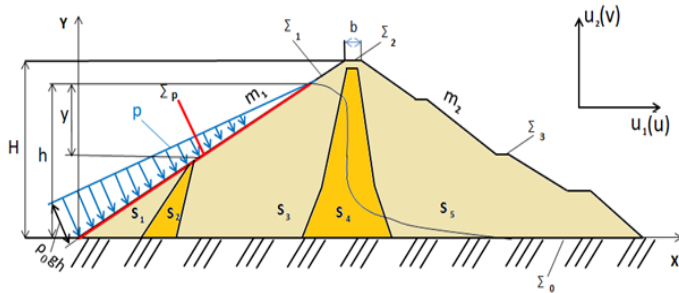
Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зурурати асосланган. Тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари ҳамда объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган. Муаммонинг ўрганилганлик даражаси ва тадқиқотларнинг ИТИ тадқиқот режаларига узвий боғлиқлиги, тадқиқотларни олиб бориш услублари, бажарилган тадқиқот натижаларининг илмий янгилиги ва уларнинг ишончлилиги, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги, нашр этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Грунтнинг деформацияланиш ҳолатларини ўзида акс эттирувчи моделлари ва Пском сув омбори грунтли тўғонининг таснифи”** деб номланган биринчи бобида сув омборларининг грунтли тўғонларини куришда қўлланиладиган грунтлар ва тоғ жинсларининг физик-механик хусусиятлари, уларни деформацияланиши жараёнларида рўй берадиган ҳолатларига доир материаллар келтирилган. Механика нуқтаи назаридан уларни лойихалаш ва ҳисоблаш жараёнларида қўлланиладиган турли математик моделлар, характерловчи омиллар баён этилган. Шунингдек, грунтларнинг хусусиятларига боғлиқ деформацияланиши, мустаҳкамликларини ифода этувчи математик (эластиклик, пластиклик, мустаҳкамлик, Мор-Кулон, Друкер-Прагер, Рассказов каби) моделларнинг гидротехника курилишидаги физик-математик моҳиятлари таҳлил қилиниб, улардан куриш амалиётида фойдаланиш имкониятлари аниқланган.

Грунтлар ва мавжуд моделларнинг таҳлилидан келиб чиқиб, тадқиқот объекти сифатида курилиши режалаштирилган Пском сув омбори грунтли тўғонининг табиий-географик жойлашуви, конструкция параметрлари, курилишда қўлланиладиган грунт материалларининг параметрлари ҳисоблаш ишларини олиб бориш учун лойиха-қидирув материаллари асосида танлаб олинди.

Диссертациянинг **“Грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларининг кучланганлик деформацияланиш ҳолатини баҳолаш”** деб номланган иккинчи бобида масаланинг математик қўйилиши, ечиш усули, алгоритми ва ЭХМ дастури ишлаб чиқилиб, уларнинг асосида Пском грунтли тўғони тадқиқ қилинган.

Масаланинг математик моделини куришда ҳисоблаш схемаси 1-расм асосида танланди. Текис деформация ҳолатида ишловчи тўғон $S=S_1+S_2+S_3+S_4+S_5$ соҳаларни эгалловчи деформацияланувчан бир жинсиз қаттиқ жисм деб қаралиб, у декарт координаталар системасининг мусбат соҳасида жойлаштирилган деб қаралади. Тўғоннинг қуйи қисми Σ_0 асос билан бикр боғланган, юқори призманинг Σ_1 сиртининг Σ_p қисмига сув омборидаги сувнинг гидростатик босими таъсир этиб, унинг юқори қисми Σ_2 ва қуйи призмадаги Σ_3 сирти кучланишлардан холи деб қаралади.



1-расм. Ҳисоблаш схемаси

Грунтли тўғон (S_1, \dots, S_5) соҳалар бўйича эластик ёки эластик - пластик деформацияланиш хусусиятларига эга деб қаралади. Грунтли тўғоннинг деформацияланиш жараёнини моделлаштириш учун (1-расм) мумкин бўлган кўчишлар принципига асосланган вариацион тенглама билан фойдаланилади:

$$-\sum_{k=1}^n \int_{S_k} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dS + \sum_{k=1}^n \int_{S_k} \vec{f} \delta \vec{u} dS + \int_{\Sigma_p} \vec{p} \delta \vec{u} dS = 0, \quad (1)$$

ва бир жинсли кинематик чегаравий шартдан фойдаланилади:

$$\vec{x} \in \Sigma_o; \vec{u} = 0 \quad (2)$$

Бу ерда: \vec{u} , ε_{ij} , σ_{ij} -мос тарзда кўчишлар вектори, кучланиш ва деформация тензорларининг компонентлари; $\delta \vec{u}$, $\delta \varepsilon_{ij}$ -кўчиш ва деформациянинг изохрон вариацияси; \vec{f} -масса кучларининг вектори; \vec{p} -сув омборидаги сувнинг гидростатик босими. Сув омборидаги сувнинг тўғонга кўрсатадиган гидростатик босими қуйидагича аниқланади:

$$\vec{p} = \rho_o g (h - y), \quad (3)$$

бу ерда: ρ_o -сув зичлиги; g -эркин тушиш тезланиши; $(h-y)$ –тўғоннинг босим чегарасидаги нукталар чуқурлиги.

Иншоот материалида ҳосил бўладиган кучланиш σ_{ij} ва деформация ε_{ij} тензорлари ўртасидаги боғланиш умумлаштирилган Гук қонунига асосан қуйидагича ифодаланади:

$$\sigma_{ij} = \lambda_n \varepsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu_n \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

бу ерда: λ_n ва μ_n -Ламе константалари (доимийлари) бўлиб, материалнинг E_n -Юнг модули ва ν_n -Пуассон коэффицентлари орқали қуйидаги кўринишда боғланган:

$$\lambda_n = \frac{E_n \nu_n}{(1+\nu_n)(1-2\nu_n)}; \mu_n = \frac{E_n}{2(1+\nu_n)}. \quad (5)$$

Кўчиш векторлари \vec{u} ва деформация ε_{ij} тензорлари ўртасидаги чизиқли боғланишлар Коши муносабатлари билан ифодаланади:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right). \quad (6)$$

Эластик-пластик деформацияланиш ҳолатида ҳам кучланиш ва деформация тензорлари ўртасидаги боғланишни тасвирлашда (4) умумлашган Гук қонунидан фойдаланилади. Унда λ_n ва μ_n Ламе константаларидаги E_n , ν_n , μ_n эластиклик параметрларни ўрнига E_n^* , ν_n^* , μ_n^* бўлган “ўзгарувчан параметрлар” дан фойдаланилиб, улар қуйидаги кўринишда аниқланади:

$$E_n^* = \frac{\frac{\sigma_i^*}{\varepsilon_i}}{1 + \frac{1-2\nu_n \sigma_i^*}{3E_n \varepsilon_i}}; \quad \mu_n^* = \frac{\sigma_i^*}{3 \cdot \varepsilon_i}; \quad \nu_n^* = \frac{\frac{1}{2} \frac{1-2\nu_n \sigma_i^*}{3E_n \varepsilon_i}}{1 + \frac{1-2\nu_n \sigma_i^*}{3E_n \varepsilon_i}} \quad (7)$$

“Ўзгарувчан эластик параметрлар” ўртасидаги боғлиқлик ўзгармас эластик параметр E_n, ν_n, μ_n лар каби кўринишда бўлади, яъни:

$$\mu_n^* = \frac{E_n^*}{2(1+\nu_n^*)} \quad (8)$$

бу ерда: σ_i кучланиш интенсивлиги ва ε_i деформация интенсивлиги.

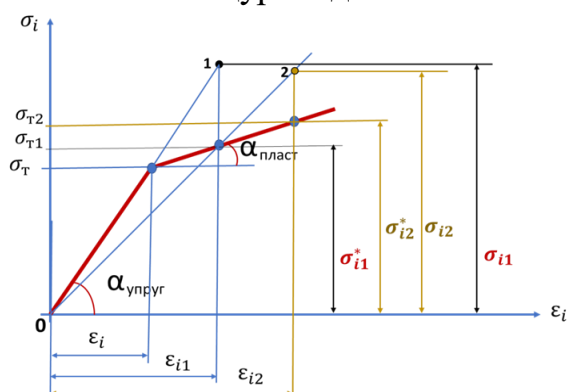
Грунтли тўғоннинг ҳар бир нуктасидаги материалнинг ўзгарувчан физик-механик параметрлари (7,8), оқувчанлик чегарасига етган деформацияланиш ҳолатидаги ε_i ва унга мос келувчи σ_i^* нинг аниқ қиймати (конкрет) грунтлар учун олинган эксперимент маълумотлар асосида $\sigma_i^* = \sigma_i^*(\varepsilon_i)$ диаграмма (2-расм) га мувофиқ аниқланади.

Вариацион тенглама (1) ни ечишда чекли элементлар усулидан фойдаланамиз. Чекли элементларни усулини қўллаш билан (1) вариацион тенглама қуйидаги кўринишдаги N-тартибли чизиксиз алгебраик тенгламалар системасига келади:

$$[K(\sigma_i, \varepsilon_i)]\{u\} = \{F\} \quad (9)$$

бу ерда: $\{u\}$ —тугунлардаги изланаётган кўчиш векторлари; $\{F\}$ —ташқи кучлар (масса кучлари, сувнинг гидростатик босими ва ҳ.к.) йиғиндисининг куч вектори. $[K(\sigma_i, \varepsilon_i)]$ —қаралаётган системанинг бикрлик матрицаси.

Бу $[K(\sigma_i, \varepsilon_i)]$ -бикрлик матрицасини юқорида келтирилган алгоритм асосида ҳосил қилинади, фақат бу ҳолда (4) да (7)-(8) ларни инобатга олиш керак бўлади. Кучланиш оқувчанлик чегарасидан паст бўлса, чекли элементнинг материали эластик ҳолат орқали аниқланади. Агар оқувчанлик чегарасидан юқори бўлса, чекли элементни ҳолати пластик деформацияни инобатга олиб қурилади.



2-расм. Материалнинг эластик-пластик деформацияланиш диаграммаси

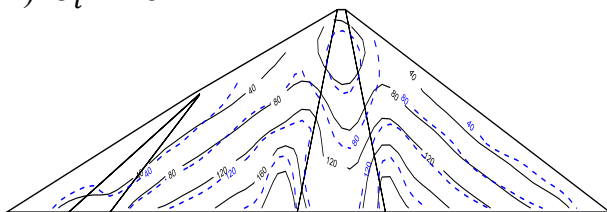
Шунинг учун кучланиш ва деформация тензорлари ўртасидаги боғланишни умумлашган Гук қонуни асосида λ_n ва μ_n Ламе константаларидаги E_n, ν_n, μ_n эластиклик параметрларни ўрнига E_n^*, ν_n^*, μ_n^* бўлган ўзгарувчан параметрлардан фойдаланилади. Грунтли тўғоннинг ҳар бир нуктасидаги материалнинг ўзгарувчан физик-механик параметрлари (7,8) оқувчан-лик чегарасига етган деформацияланиш

ҳолатидаги ε_i ва унга мос келувчи σ_i^* нинг аниқ қийматлари билан ифодаланиб, бу бикрлик матрицасидаги чизиксизликни ҳосил қилади. Чизиксиз алгебраик тенгламалар системаси (9) ни ечиш учун кетма-кет яқинлашиш усули қўлланилади. Масаланинг математик модели, ечиш усуллари ва алгоритмларини аниқ ечими мавжуд бўлган бир нечта тест

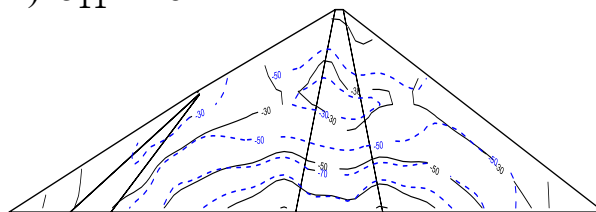
моделли масалаларни ечиш орқали текширилиб, унинг адекватлиги таъминланди. Курилиш режалаштирилган Пском сув омбори грунтли тўғонининг кучланганлик деформация ҳолати тадқиқ этилди. Унда тўғон танасидаги грунтнинг эластик-пластик деформацияланиш хусусияти юқорида танланган деформацияланиш диаграммаси (2-расм) га мувофиқ куйидагича ҳисобга олинди: суглинок учун $\alpha_{\text{плас}} = \frac{\alpha_{\text{элас}}}{3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{3E}{2(1+\mu)} = \frac{1}{(1+\mu)}$; таянч призмалар учун $\sigma_T = 30 \cdot 10^{-1}$ МПа, $\sigma_T = 50 \cdot 10^{-1}$ МПа.

Пском сув омбори грунтли тўғони учун келтирилган маълумотлар асосида грунтнинг эластик ва эластик-пластик хоссалари эътиборга олиниб, тўғоннинг хусусий оғирлиги таъсирида уни танасида ҳосил бўладиган кучланиш интенсивлиги ва кучланиш тензорларининг изочизиклари қурилган (3-расм).

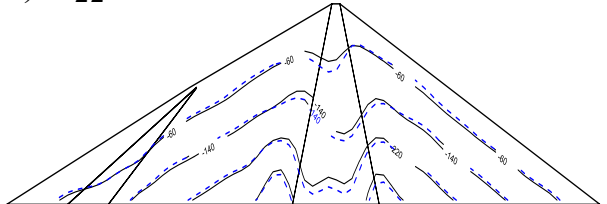
а) $\sigma_i \cdot 10^{-1}$ МПа



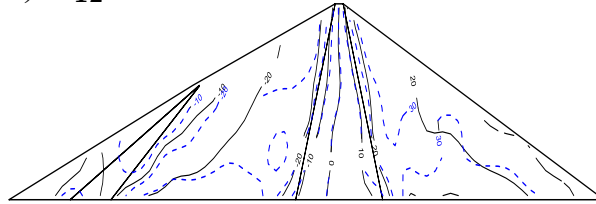
б) $\sigma_{11} \cdot 10^{-1}$ МПа



в) $\sigma_{22} \cdot 10^{-1}$ МПа



г) $\sigma_{12} \cdot 10^{-1}$ МПа



3-расм. Пском тўғони грунтнинг эластик (—) ва эластик-пластик (---) хоссалари ҳисобга олиниб, хусусий оғирлик таъсирида ҳосил бўлган кучланиш интенсивлиги ва кучланиш тензорларининг изочизиклари

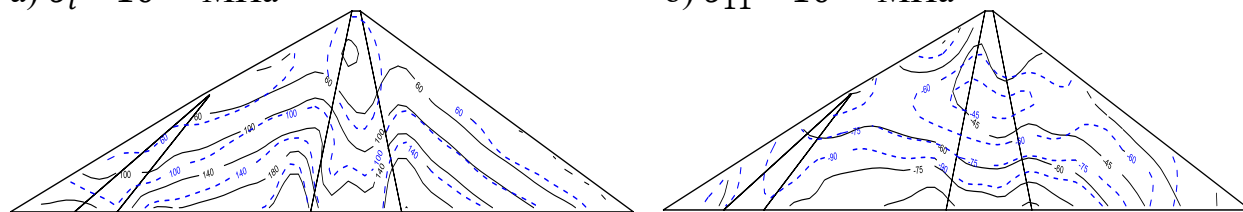
3-расмдан кўринадики, грунтли тўғоннинг танасида хусусий оғирликдан ҳосил бўладиган σ_i , кучланиш тензор (σ_{11}, σ_{22})ларининг қийматлари тўғоннинг пастки ва ўрта қисмларида катта қийматга эришиб, тўғоннинг қиялик қисмига томон камайиб бориши кузатилади. σ_{12} қийматлари тенг изочизикларининг ҳосил бўлиши нормал кучланиш компонентлари изочизикларидан тубдан фарқ қилади. σ_{12} кучланиш компонентларининг “ноль”-нейтрал чизиғи тўғон кўндаланг кесимининг вертикал ўқиға нисбатан деярли симметрик равишда жойлашади.

Грунтли тўғоннинг материални эластик-пластик деформацияланиши бўйича олинган кучланиш тензорларининг изочизиклари сифат жихатидан эластик ҳолатдаги ҳисоб натижаларинининг характерини такрорлайди, лекин миқдор жихатидан улар фарқ қилади. Сувнинг гидростатик босимининг таъсири ўз навбатида тўғоннинг юқори таянч призмасининг кучланганлик-деформация ҳолатини кескин ўзгартиришга олиб келади. Сув омборининг сув билан тўла ҳолатдаги (4-расм) гидростатик босими ҳисобига σ_i -нинг миқдори юқори призмада 20-30% гача, σ_{22} кучланиш 40-50 % гача ўзгарган (камайган) бўлса, кучланишларнинг σ_{11}, σ_{12} компоненталари нафақат юқори

призма, балки тўғоннинг ядро қисмида ҳам сезиларли ўзгаришларни ҳосил қилади.

а) $\sigma_i * 10^{-1}$ МПа

б) $\sigma_{11} * 10^{-1}$ МПа



4-расм. Пском тўғони грунтнинг эластик (—) ва эластик-пластик (----) хоссалари ҳисобга олиниб, тўғоннинг хусусий оғирлиги ва гидростатик босим (сув омбори тўла тўлдирилган $h=190$ м ҳолат) таъсирларида ҳосил бўлган кучланиш интенсивлиги ва кучланиш тензорларининг изочизиқлари

Бу ўз навбатида грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини лойихалаш ишларида инobatга олиш заруратининг мавжудлигини кўрсатади.

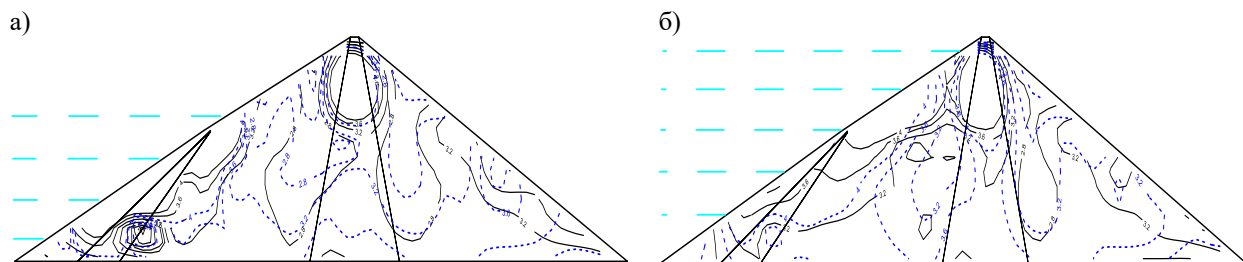
Грунтли тўғоннинг аниқланган кучланганлик деформация ҳолатини, кучланишларнинг қийматларидан фойдаланиб тўғоннинг ҳар бир нуктасидаги мустаҳкамлиги аниқланди. Бунинг учун Кулон-Морнинг чегаравий шартидан фойдаланилди:

$$K = \frac{0,5(\sigma_{11} + \sigma_{22}) \sin \phi + C \cdot \cos \phi}{0,5 \sqrt{(\sigma_{11} + \sigma_{22})^2 + 4\sigma_{12}^2}} \quad (10)$$

бу ерда: ϕ —грунтнинг ички ишқаланиш бурчаги, C —грунтнинг боғланиш коэффициентини.

Аниқланган “ K ”нинг қийматидан қуйидагича хулоса қилиш мумкин: $K > 1$ бўлса, иншоот грунги мустаҳкам, $K = 1$ бўлса, грунт чегаравий мувозанат ҳолатида, $K < 1$ бўлса, иншоотнинг шу соҳасидаги мустаҳкамлиги бузилган ёки устуворлиги таъминланмаган ҳисобланади. Ҳисоблаш жараёни-да грунтнинг ички ишқаланиш бурчаги $\phi = 40^\circ$, грунтнинг боғланиш коэффициентини $C = 5 * 10^{-1}$ МПа деб қабул қилинган.

Сув омборининг ярим ва тўла (нормал димланган сатҳгача) тўлдирилган ҳолатидаги гидростатик босим ва хусусий оғирлик таъсиридаги Пском грунтли тўғонининг мустаҳкамлиги эҳтиёт коэффициентининг тенг изочизиқлари қурилган (5-расм).



5-расм. Гидростатик босим ва хусусий оғирлик таъсиридаги Пском грунтли тўғонининг мустаҳкамлигини эҳтиёт коэффициент изочизиқлари, а) сув билан ярим, б) тўла тўлдирилган хол учун : (—) эластиклик, (----) эластик-пластик деформацияланиш

Келтирилган натижалардан кўринадик, тўғоннинг барча нуқталарида мустаҳкамлик таъминланган. Тўғоннинг призма қисмларида мустаҳкамликнинг эҳтиёт коэффициенти $K (1.4 \div 2.2)$ гача қийматга эга бўлган. Бу тўғоннинг барча нуқталарида (10) мезон бўйича мустаҳкамликни таъминланганлигидан далолат беради.

Диссертациянинг “Грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг динамикасини баҳолаш” деб номланган учинчи бобида юқори баландликка эга бўлган грунтли тўғонларнинг (1-расм) динамик ҳолатини баҳолаш учун Даламбер принципага асосланган вариацион тенглама ёрдамида математик модель, ечиш усули, ҳисоблаш алгоритми ва ЭХМ дастурлари ишлаб чиқилган.

Иншоотда содир бўладиган динамик жараёни ўзида акс эттирадиган математик моделни тузишда Даламбер принципага асосланган Лагранжнинг вариацион тенгласидан фойдаланилади, яъни

$$-\sum_{k=1}^n \int_{S_k} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dS + \sum_{k=1}^n \int_{S_k} \rho_k \ddot{u} \delta \vec{u} dv + \sum_{k=1}^n \int_{S_k} \vec{f} \delta \vec{u} dS + \int_{\Sigma_p} \vec{p} \delta \vec{u} dS = 0, ; n = 1, \dots, 5 \quad (11)$$

Қўшимча қилиб қуйидаги кинематик чегаравий шарт

$$\bar{x} \in \Sigma_u: \vec{u}_0(t) = \vec{\psi}_1(t) ; \quad (12)$$

Бошланғич шартлар $t=0$:

$$\bar{x} \in V: \vec{u}(\bar{x}, 0) = \vec{\psi}_2(\bar{x}); u(\bar{x}, 0) = \vec{\psi}_3(\bar{x}); \quad (13)$$

ҳамда, кўчиш вектори ва деформация тензорини боғлаш Коши муносабатлари (6) дан фойдаланилади.

бу ерда: \vec{u} кўчиш вектори; $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}$ - кучланиш ва деформация тензорлари; ρ_k -қаралаётган иншоот элементларининг зичлиги; \vec{f} масса кучлари ва Σ_p сиртга сувнинг гидростатик босими \vec{p} ; ψ_1 –вақт бўйича берилган функция-кинематик таъсир; ψ_2, ψ_3 координаталар бўйича берилган функциялар.

Грунтлар шакл ўзгариш энергияси гипотезасига асосланган физик муносабатлар, яъни кучланиш ва деформация тензорлари орасидаги боғланишлар қуйидагича ифодаланади:

1. эластик ҳолат (юклаш ва юксизлантириш)

$$\sigma_i \leq \sigma_T^0; \quad \sigma_i = E \varepsilon_i \quad (14)$$

Бунда грунтнинг деформацияланиш жараёни умумлашган Гук қонунига бўйсинади. Бу ерда σ_i, ε_i кучланиш ва деформация интенсивлиги бўлиб, қуйидагича аниқланади:

$$\sigma_i = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + \sigma_{11}^2 + \sigma_{22}^2 + 6\sigma_{12}^2} ; \quad \varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22})^2 + \varepsilon_{11}^2 + \varepsilon_{22}^2 + \frac{3}{2} \varepsilon_{12}^2}$$

2. пластик ҳолат (юкланиш)

$$\sigma_i > \sigma_T^0; \quad \frac{d\varepsilon_i}{dt} > 0, \quad \sigma_i = E_{пл} \varepsilon_i - E_{пл} \varepsilon_T^0 + \sigma_T^0 \quad (15)$$

3. $\frac{d\varepsilon_i}{dt} < 0$ эластик ҳолат (юксизлантириш ва юклаш)

$$\sigma_i \leq \sigma_T^0; \quad \sigma_i = E \varepsilon_i - E \varepsilon_T^0 + \sigma_T^0 \quad (16)$$

4. пластик деформацияланиш ҳолати.

$$\sigma_i > \sigma_T; \quad \frac{d\varepsilon_i}{dt} > 0, \quad \sigma_i = E_{пл} \varepsilon_i - E_{пл} \varepsilon_T^0 + \sigma_T^0 \quad (17)$$

Бу ерда: $E, E_{пл}$ эластик модули ёки кучланиш деформация диаграммасидаги эластик ва пластик қисмлари орасидаги бурчак тангенси; $\sigma_T^0, \varepsilon_T^0$ —эластиклик чегарасини ифодаловчи бошланғич қийматлар; σ_T' —юксизлантириш ҳолатида олинган кучланиш интенсивлигини характерловчи катталиқ, ёки эластиклик модулини янги қиймати; ε_T' —кучланишга мос келувчи деформация интенсивлиги.

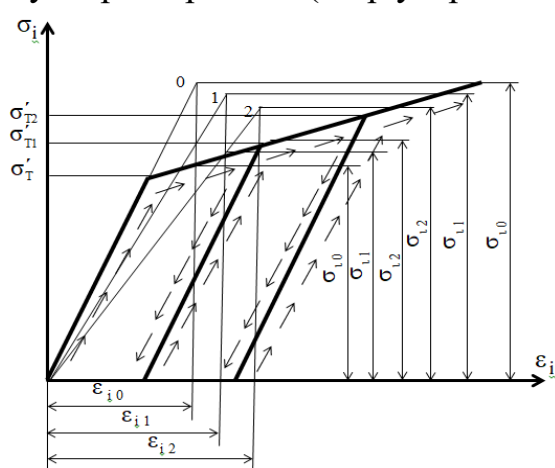
Грунтли тўғонларда содир бўладиган динамик жараёнларни таҳлил қилиш учун (11) вариацион тенглама чекли элементлар усули ёрдамида қуйидаги иккинчи тартибли чизиксиз дифференциал тенгламалар системаси:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K^*(\sigma_i, \varepsilon_i)]\{u\} = \{P(t)\} \quad (18)$$

ва бошланғич шартлари билан ифодаланади:

$$\{u(0)\} = \{u_0\}; \quad \{\dot{u}_0(0)\} = \{\dot{u}_0\} \quad (19)$$

бу ерда: $[M]$ қаралаётган системанинг массалар матрицаси; $[C]$ —диссипатив кучлар матрицаси (агар улар ҳисобга олинганда);



6- расм. Деформацияланиш диаграммаси

$[K^*(\sigma_i, \varepsilon_i)]$ —кучланганлик деформация ҳолатига боғлиқ бўлган қаралаётган системанинг умумий бикрлик матрицаси; $\{u\}$ —қидирилатган кўчиш вектори. Пластик деформация бошланганидан сўнг иншоот материалининг элементлари учун бикрлик $[K^*]$ матрицани тузишда (8) формуладан фойдаланилади. Ўзгарувчан эластик параметрлар E_n^*, G_n^*, μ_n^* ларни 6-расмда келтирилган деформацияланиш диаграммасидан аниқланади.

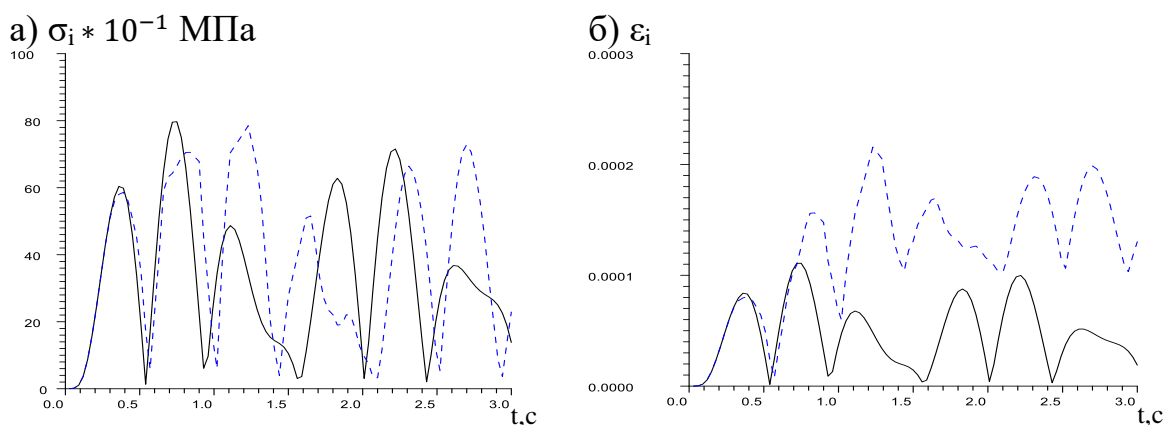
(18) тенгламалар системаси Ньюмарк усули билан ечилади. Ишлаб чиқилган алгоритмнинг аниқлиги ва ҳаққонийлигини аналитик ечими мавжуд бўлган тест масаласини ечиш, натижаларни таққослаш билан текширилиб, адекватлиги таъминланди.

Юқоридагиларга асосланиб, Пском грунтли тўғонининг мажбурий тебранма харакати текширилди. Бунда иншоот материалининг эластик-пластик деформацияланиш хусусияти ҳисобга олинган бўлиб, сейсмик таъсир сифатида синусоидал горизонтал кинематик таъсир қаралади, яъни:

$$\ddot{x} \in \Sigma_0; \quad u(t) = A * \sin(\omega t); \quad 0 \leq t \leq t^* \quad (20)$$

бу ерда ω - ташқи частотаси; t^* - таъсир вақти; A -максимал амплитуда бўлиб, қуйидагича олинади: $A = 0,01 \dots 0,015$ м; Масалани ечиш давомида $A = 0,015$ м қабул қилинган. Ташқи кучнинг частотаси 6,3 рад/с қабул қилинган.

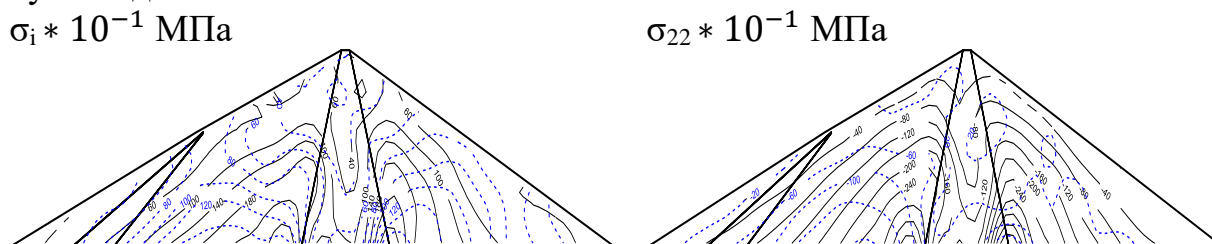
Берилган ташқи кинематик таъсирда Пском грунтли тўғонининг қуйи ва юқори призмаларидаги $x=217,3$ м, $y=32,5$ м (7-расм), $x=-117,7$ м $y=32,5$ м, юқори призма қиялигига яқин бўлган $x=-209,2$ м $y=81,3$ м, $x=-148,2$ м $y=69,1$ м, тўғоннинг юқори қисмидаги $x=-26,3$ м $y=154,4$ м ва ядронинг ўрта қисмига мос келувчи $x=-20,3$ м $y=81,3$ м нуқталардаги кучланиш (σ_i) интенсивлиги ҳамда деформация (ε_i) интенсивликларини ўзгариш графиклари олинган.



7-расм. Пском сув омбори грунтли тўғони пастки қисмидаги $x=217,3\text{м}$, $y=32,5\text{м}$ интенсив кучланиш (а) ва интенсив деформациянинг (б) ўзгариш графиги: (—)эластик, (----)эластик-пластик деформацияланиш

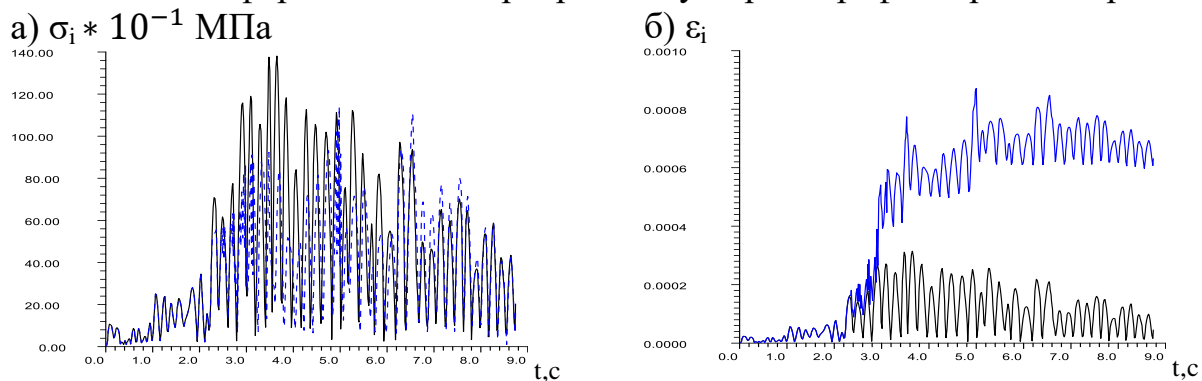
Кучланиш интенсивлиги ҳамда деформация интенсивликларининг қурилган графикларини таҳлил натижаларига кўра, тебранишнинг биринчи ва иккинчи ярим даврларида кучланиш ва деформация қийматларининг ортиб бориши, учинчи ярим даврда кучланиш интенсивлигининг амплитудаси 50% гача кам бўлиши, кейинги тебраниш даврларида унинг қийматларини бошланғич ҳолга нисбатан катта бўлмаслиги кузатилди.

Тўғон материалнинг эластик-пластиклик хусусиятини ҳисобга олиш натижасида пластик деформация ҳосил бўлади. Бунда энг катта пластик деформация тўғоннинг пастки ва ўрта қисмларида ҳосил бўлади. Тўғоннинг ўрта қисмидаги ва қиялик яқинидан олинган натижаларнинг солиштирилиш натижасида ўрта қисмидан олинган деформация интенсивлиги қиялик яқинидагидан 1,5-2 баробар катта бўлиши аниқланди. Синусоидал ташқи куч таъсирининг $t=0,7$ секундидаги кучланиш тензорларининг (8-расм) изочизикларидан кўринадикки тебранишнинг иккинчи ярим даври интенсив кучланиши ўзининг максимал қийматига эришган даври бўлиб, эластик деформацияланиши жараёнида тўғоннинг пастки қисмида $200 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$ гача, қияликка яқин қисмида $40-60 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$ га тенг қийматга эришади, σ_{11} кучланиш эса $60 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$ гача, кучланиш $\sigma_{22}-360 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$ гача, уринма кучланиш τ_{12} тўғоннинг юқори призмасининг пастки қисмларида $85 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$ гача қийматга эришади. Грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олинганда эса кучланиш компонентларининг қийматларини сезиларли ўзгариши мумкин. Бу ўзгариш айниқса горизонтал йўналишдаги нормал ва уринма кучланишлар тўғоннинг юқори ва қиялик қисмларида юз бериши кузатилди.



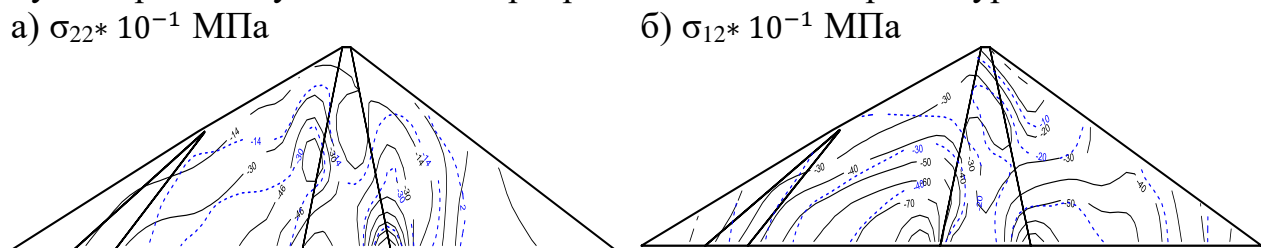
8-расм. Синусоидал ташқи таъсирнинг $t=0,7$ секундидаги кучланиш компонентларининг тўғон танасидаги тенг тақсимланиш изочизиклари (—) эластик, (----) эластик-пластик ҳолатлар

Грунтли тўғонларни сейсмик таъсирларга ҳисоблашда Газли акселерограммасидан фойдаланилди. Газли акселерограммаси юқори частотали ҳисобланиб, 9 баллик интенсивлик ва асосий тебраниш даври 0,1 секундни, тебраниш довомийлиги 8,74 секундни ташкил этади. 9-расмда Пском сув омбори грунтли тўғонининг турли қатлам нуқталаридаги интенсив кучланиш ва интенсив деформация миқдорларининг ўзгариш графиклари келтирилган.



9-расм. Газли акселерограммаси таъсирида Пском сув омбори грунтли тўғони пастки қисмидаги $x=-117,7\text{м}$ $y=32,5\text{м}$ интенсив кучланиш (а) ва интенсив деформацияни (б) ўзгариш графиклари: (—) эластик деформацияланиш, (----) эластик-пластик деформацияланиш

Акселерограмма таъсирининг якуни бўйича тўғоннинг пастки қисмларида материалнинг эластик-пластик деформацияланишининг ҳисобига 3,5-4 баробаргача, ўрта қисмларида 1,5-2,5 баробаргача қолдиқ деформацияни ҳосил қилади. Тўғоннинг юқори қисм зоналари ва тўғон қияликларига яқин бўлган қисмларда ҳосил бўладиган кучланишнинг миқдори деярли пропорционаллик чегарасидан ошмаганлиги сабабли, эластик ва эластик-пластик деформацияланишдаги интенсив кучланиш ва деформация интенсивлиги акселерограмма таъсирининг бошланғич вақтларида кам фарқ қилади. Тўғон танасида ҳосил бўладиган динамик жараёнларни акселерограмма таъсирининг давомийлигини $t=1,80\text{с}$, $t=3,71\text{с}$, $t=5,92\text{с}$ (10-расм) даги ҳолатлари тадқиқ қилиниб, тўғоннинг барча нуқталаридаги кучланиш тензорларининг изочизикларини курилди.



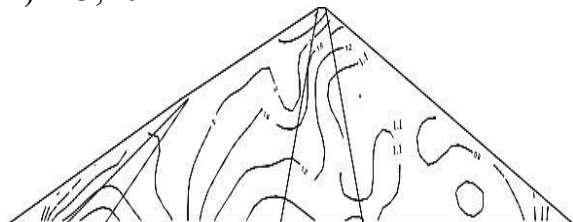
10-расм. Газли акселерограммаси таъсири давомийлигининг $t=5.92\text{ с}$ вақтида грунтли тўғон танасидаги кучланиш компонентларининг ўзгариш изочизиклари: (—) —грунтнинг эластик ва (----)- эластик-пластик деформацияланишида

Натижаларнинг таҳлилига кўра, баланд грунтли тўғонларнинг қияликларига яқин бўлган участкаларида σ_{11} –кучланишнинг қиймати грунтнинг эластик-пластик деформацияланиши ҳисобига эластик деформацияланишга нисбатан сезиларли даражада катта бўлади. Бу эса тўғоннинг айнан ўрта

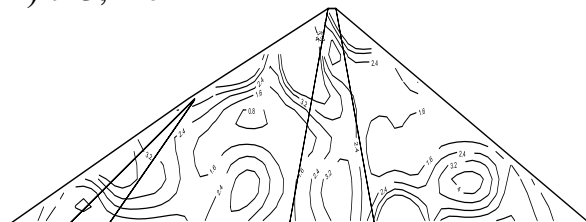
қисм қияликларини биринчи галда горизонтал йўналишда катта пластик деформацияларини ортишидан, мустаҳкамлик кескин камайишига олиб келади.

Шунингдек, Газли акселерограммаси таъсирининг давомийлигини маълум, яъни: $t=3,40$ с, $t=3,42$ с вақтларида тўғон танасидаги мустаҳкамликнинг эҳтиёт коэффициентининг (K) тақсимланиш изочизиклари (10) формулалар ёрдамида қурилди (11-расм).

а) $t=3,40$ с



б) $t=3,42$ с



11-расм. Грунтнинг “эластик” деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғоннинг тебраниш давомийлигини $t=3,40$ с (а), $t=3,42$ с (б) вақтидаги мустаҳкамлигининг эҳтиёт коэффициенти (K) ни тақсимланиш изочизиклари

Олинган натижалардан (11-расм) Газли акселерограммаси таъсири давомийлигининг $t=3,40$ с вақтдаги мустаҳкамликнинг эҳтиёт коэффициенти (K) ни грунтнинг эластик деформацияланишида тўғон қуйи призмасининг ўрта қисмини қияликка яқин жойида қийматлари бирдан кичик бўлиши яъни, шу соҳада мустаҳкамлик етарли бўлмадлиги (11-расм а), $t=3,42$ с вақтда эса тўғонни юқори призмасининг ўрта қисмининг кичик соҳасида ушбу коэффициент бирдан кичиклиги бўлганлиги (11-расм б), эластик-пластик деформацияланишда мустаҳкамликни эҳтиётлик коэффициенти (K) нисбатан кўпроқ камайиши аниқланди.

ХУЛОСА

1. Гидротехника қурилишидаги мавжуд назария ва экспериментал тадқиқот натижалари ўрганилиб, грунтлар ва уларни физик-механик хусусиятларга боғлиқ деформацияланиши, мустаҳкамликларини ифода этувчи математик моделларнинг физик-математик моҳиятлари таҳлил қилинди. Натижада грунтли иншоот конструкциясини бир жинссизлигини, материалнинг эластик-пластик деформацияланишини ўзида акс эттирадиган содда математик модель ва ҳисоблаш усулини ишлаб чиқиш зарурати аниқланди.

2. Қурилиши режалаштирилган Пском сув омбори грунтли тўғонининг табиий-географик жойлашуви, конструкция параметрлари, қурилишда қўлланиладиган грунт материалларининг параметрлари лойиҳа-кидурув ишлари асосида танланди.

3. Тўғон танасида ҳосил бўладиган кучланганлик деформация ҳолатларини аниқлаш учун грунтни эластик-пластиклик хоссаларини ҳисобга олувчи вариацион тенгламага асосланган такомиллаштирилган математик

моделли, чекли элементлар ва ўзгарувчан эластик параметр усулларига асосланган ҳисоблаш усули, алгоритми ва ЭХМ дастури ишлаб чиқилди.

4. Математик моделни адекватлигини, ҳисоблаш усули, алгоритми ва ЭХМ дастурларининг тўғрилигини баҳолаш учун бир нечта тест масалалар эластик-пластиклик деформацияланишни инобатга олиб ечилди. Олинган ечимлар мавжуд аниқ ва сонли ечимлар билан солиштирилиб, такомиллаштирилган модель, ҳисоблаш усули ва ЭХМ дастурларининг тўғрилиги исботланди.

5. Хусусий оғирлик, сув омборидаги сувнинг гидростатик босими ва материалнинг эластик-пластик деформацияланиши ҳисобга олган ҳолда қуриладиган Пском сув омборининг кучланганлик деформацияланиш ҳолати баҳоланиб, грунтнинг эластик-пластик хоссаларини инобатга олишини ҳисобга кучланиш қийматларини ортиши кузатилади. Сув омборининг сув билан тўла тўлдирилган ва хусусий оғирлик таъсирида кучланиш интенсивлиги ва тензорларининг қийматини сезиларли ўзгаришига олиб келади.

6. Статик кучлар таъсирида грунтнинг эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда Пском грунтли тўғонининг ҳар бир нуқта-сидаги мустаҳкамлик 3 та шарт буйича баҳоланиб, статик кучлар таъсирида тўғоннинг барча нуқталарида мустаҳкамлик таъминланганлиги аниқланди.

7. Грунтнинг эластик-пластик деформацияланиши, иншоотнинг конструктив бир жинссизлигини, масса кучлари ва сув омборининг турли даражада тўлдирилганлиги ҳисобга олган ҳолда динамик таъсирида грунтли тўғонларнинг ҳолатини баҳолаш учун Даламбер принципига асосланган вариацион тенглама асосида такомиллаштирилган математик модели ишлаб чиқилди.

8. Грунтли тўғон динамикасини грунтни эластик-пластик деформацияланишини ҳисобга олган ҳолда баҳолаш учун чекли элементлар ва ўзгарувчан эластик параметрлар усуллардан фойдаланиб, ҳисоблаш алгоритми ва ЭХМ дастурлари ишлаб чиқилди.

9. Қуриладиган Пском сув омбори грунтли тўғонининг динамик ҳолатлари эластик-пластик деформацияланишни ҳисобга олиб синусоидал кўринишдаги кинематик таъсир ва реал акселеограмма таъсирида текширилди ва тўғонда содир бўлиши мумкин бўлган янги ҳолатлар аниқланди.

10. Олинган натижалар асосида баланд грунтли тўғонларни мустаҳкамлигини баҳолашда грунтнинг эластик-пластик деформацияланиш хусусиятини ҳисобга олиш зарурат кераклиги аниқланди.

11. Ишлаб чиқилган ЭХМ дастурларига Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк агентлиги тамонидан 5 та авторлик гувоҳномалари олинди, яъни: (1.№02561, 06.08.2012 й.; 2.№02873, 27.11.2014й.; 3.№05104, 05.03.2018й.; 4.№05269, 07.05.2018й.; 5.№06594, 14.06.2019й.)

12. Диссертация иши бўйича олинган натижалар “Гидропроект” АЖ, “Сувлойиҳа” ДУК, “WATER HOUSE PROJECT” МЧЖ ташкилотларда лойиҳа ишларида қўлланиши учун қабул қилинган.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ DSC.
03/30.12.2019.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ
ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

ЯРАШОВ ЖАВЛОНБЕК АДАМБОВЕВИЧ

**ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН С УЧЁТОМ
КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ СООРУЖЕНИЙ И УПРУГО-
ПЛАСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТА
(на примере Пскомской плотины)**

**05.09.06 - Гидротехническое и мелиоративное строительство,
01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела**

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

Ташкент – 2021

Тема диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована Высшей аттестационной комиссией при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2020.4.PhD/Т2013

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Автореферат диссертации написан на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)), размещен на веб-странице по адресу (www.tiame.uz) и на информационно-образовательном портале «ZiyoNet» по адресу (www.ziyo.net)

Научные руководители:

Султанов Тахиржан Закирович
доктор технических наук, профессор

Мирсаидов Мирзиёд Мирсаидович
доктор технических наук, профессор, академик

Официальные оппоненты:

Файзиев Хомидхон
доктор технических наук, профессор

Исмаилов Кубаймурат
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Наманганский инженерно-строительный институт

Защита диссертации состоится «2» июня 2021 года в 14⁰⁰ часов на заседании Разового научного совета при Научном совете DSC. 03/30.12.2019.Т.10.02 при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязий, 39. тел/факс: тел.:(99871) 237-22-09, факс: (99871)237-22-09, e-mail: admin@tiame.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. (зарегистрировано №163) Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязий, 39. тел.:(99871) 237-19-45 e-mail: admin@tiame.uz.

Автореферат диссертации разослан «18» мая 2021 года
(реестр протокола рассылки №163 от «18» мая 2021 года)



А.Т.Салохиддинов

Председатель Разового научного совета по
присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

А.А.Янгиев

Ученый секретарь Разового научного совета по
присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

М.Р.Бакиев

Председатель научного семинара при Разовом
научном совете по присуждению ученых
степеней, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской диссертации (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире оценка прочности грунтовых плотин с учетом упруго-пластических свойств имеет важное значение. На этой основе для оценки прочности грунтовых плотин особое внимание уделяется учету конструктивной неоднородности, упруго-пластических деформаций грунта. В этом отношении использование усовершенствованных направлений методов в развитых странах имеет важное значение.

В мире проводятся научно-исследовательские работы, посвященные анализу физико-механических свойств грунтов, применяемых при строительстве грунтовых плотин, оценке их деформирования и динамического поведения с учетом собственного веса, гидростатического давления воды, водохранилища, упруго-пластических деформаций и созданию математических моделей по данному направлению, особое внимание уделяется развитию методов оценки деформирования с учетом упруго-пластических деформаций и конструктивной неоднородности материала грунтов, напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин. Неустойчивого вынужденного колебания конструкций под действием различных динамических нагрузок.

В республике для оценки НДС, динамического поведения и прочности грунтовых плотин с учетом упруго-пластической деформаций грунта и неоднородности сооружений, с целью обеспечения безопасности и надежности работы проводятся широко-масштабные работы и получены ряд результатов. 2017-2021 годы для дальнейшего развития Республики на основе Стратегии развития в том числе, намечено « для развития конкурентоспособности национальной экономики, создание и внедрение в производство энергосберегающих технологий, дальнейшее улучшение развития сети мелиоративных и ирригационных объектов»¹. Для реализации поставленной задачи с целью создания методов оценки и разработки алгоритмов имеет важное значение учет конструктивной неоднородности и упруго-пластических деформаций грунтовых плотин в соответствии.

Указом Президента Республики Узбекистан УП-2947 от 2 мая 2017 года «О мероприятиях по развитию гидроэнергетики на 2017-2021 годы », УП-3003 от 24 мая 2017 года «О мероприятиях по коренному усовершенствованию системы подготовки инженерно-технических кадров для отрасли сельского и водного хозяйства», а также других нормативно-правовых документов, принятых в данной сфере.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями

¹ Постановление Президента Республики Узбекистан от 2 мая 2017 года № ПП-2947 «о программе мероприятий по дальнейшему развитию гидроэнергетики на 2017-2021 годы».

развития науки и технологий Республики Узбекистан IV «Математика, механика и информатика», VIII «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология переработка минерального сырья)»

Степень изученности проблемы. Проблеме прочности, достоверности и динамического поведения посвящены исследования М.Мирсаидова, М.Р.Бакиева, П.Ж.Маткаримова, А.А.Янгиева, Л.У.Султанова, Р.Л.Давыдова, Д.В.Бережного, А.В.Карамова, Э.Х.Симборта, Ю.К.Зарецкого, В.Н.Ламбардо, Н.Д.Красникова, А.Ш.Мартазаева, Х.С.Ваккасова, П.И.Калугина, А.В.Манукян, Т.В.Чинь, В.С.Аванесова, R.Afiri, S.Gabi, J.Amnyattalab, H.Rezaie, Lan Qi, Qizhen Chen, Jiancheng Cai и других ученых.

Процесс деформирования грунтовых сооружений с учетом неоднородных свойств грунта изучен в работах К.С.Султанова, Х.З.Расулова, Н.А.Цытовича, Ю.К.Зарецкого, В.Н.Ламбардо, Ю.М.Ескина, Н.Д.Красникова, А.З.Тер-Мартirosян, З.Г.Тер-Мартirosян, Л.А.Эйслер, С.И.Панова, А.Л.Гольдина, А.Р.Khoei, А.Р.Azami, S.M.Haeri, S.Shahba, F.Soltani, и получены положительные результаты.

Как показывает анализ существующих работ, в настоящее время, оценка прочности грунтовых сооружений в большинстве этих работ ограничивается учетом упругих свойств грунта. Однако эти результаты не всегда удовлетворяют достоверности задачи. Несмотря на то, что существует много различных теорий для расчета сооружений с учетом физических свойств грунта, не всегда удастся воспользоваться этими теориями. Недостаточно изучены НДС и динамика проектируемых водохранилищ с целью оценки на прочность.

Связь диссертационной темы с планами научных работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства КХФ-4-001-Разработка основ теории прочности и сейсмостойкости грунтовых сооружений водохранилищ (2012-2016), №2.12 «Разработка теоретических основ и методов оценки динамической прочности тонкостенных элементов гидротехнических сооружений с учетом структурной неоднородности» (2018-2020).

Цель исследований состоит в разработке математической модели и методов расчета для оценки прочности с учетом упруго-пластических свойств грунта, конструктивной неоднородности, реальной геометрии и уровня заполнения водохранилища.

Задачи исследований:

анализ физико-механических свойств грунтов, используемых при строительстве грунтовых плотин, анализ существующих моделей расчета на прочность и устойчивость и возможности их использования;

на основе проектно-исследовательских материалов анализ физико-механических свойств и характеристик используемых при строительстве грунтов, естественно-географического местоположения проектируемых грунтовых плотин и выбор её конструктивных параметров;

разработка математических моделей, метода, алгоритма для оценки динамического и напряженно-деформированного состояния гидротехнических сооружений с учетом собственного веса, гидростатического давления, упруго-пластических свойств грунта;

с помощью тестовых примеров, математической модели проверена достоверность разработанных методов расчета, алгоритма решения;

оценка напряженно-деформированного состояния и прочности грунтовых плотин с учетом различного уровня заполняемости водой, упруго и упруго-пластических деформаций, а также собственного веса;

оценка неустойчивых вынужденных колебаний на прочность грунтовых плотин с учетом упруго-пластических деформаций и различных воздействий;

на основе анализа полученных результатов определение научно-практической значимости и новых механические эффекты.

Объектом исследований является Пскомское водохранилище строящееся в высоко сейсмической зоне Республики Узбекистан.

Предметом исследований являются математические модели, методы, расчета алгоритмы НДС, динамического состояния и прочности грунтовых плотин с учетом конструктивных особенностей, неоднородности, упруго-пластических деформаций под действием различных сил.

Методы исследований. В процессе исследований использованы методы конечных элементов (МКЭ), метод последовательного приближения, малые упруго-пластические деформации и метод Ньюмарка.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

усовершенствована математическая модель, оценки прочности напряженно-деформированного и динамического поведения грунтовой плотины с учетом конструктивной неоднородности и сооружений упруго-пластического деформирования грунта;

разработан метод расчета и алгоритм для оценки напряженно-деформированного состояния и динамического поведения грунтовых плотин с учетом упругопластического деформирования грунта;

оценены напряженно-деформированное состояние и прочность грунтовых сооружений с учетом конструктивной неоднородности на половине и полностью заполненном водохранилище;

оценена прочность грунтовой плотины с учетом упругопластических деформаций под воздействием неустановившихся вынужденных колебаний и акселерограмм реального землетрясения.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

разработана усовершенствованная математическая модель, методы расчета и алгоритм для оценки напряженно-деформированного состояния, динамического поведения и прочности грунтовых плотин;

разработан программный продукт на ЭВМ для расчета НДС, динамического состояния конструкции, с учетом упруго-пластической деформаций и неоднородности грунтов сооружения;

сделана оценка НДС и прочности грунтовых плотин с учетом упруго-пластических деформаций и неоднородности грунтов сооружений для различного уровня заполнения водохранилища;

оценено прочности грунтовых плотин с учетом упруго-пластических деформаций под действием различным динамических воздействий в том числе акселерограмм реального землетрясения при неустойчивом вынужденном колебания.

Достоверность результатов исследований. Адекватность усовершенствованной математической модели, численные методы, алгоритмы и программы на ЭВМ сопоставлены и подтверждены решением ряда тестовых задач.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований для строительства последующих грунтовых плотин заключается в разработке усовершенствованной математической модели, методов и алгоритмов для оценки НДС и динамического состояния грунтовых плотин с учетом упруго-пластических свойств грунта, неоднородности сооружений, условий заполнения водохранилища.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные программы на ЭВМ для оценки напряженно-деформированного состояния строящихся в будущем под действием статических и динамических сил грунтовых плотин с учетом упруго-пластических свойств грунта, неоднородности сооружений, условий заполнения водохранилища позволяют использовать при проектировании плотин.

Внедрение результатов исследований. Результаты разработки методов оценки напряженно-деформированного состояния плотин с учетом упруго-пластических свойств грунта, неоднородности сооружений, условий заполнения водохранилища изложены ниже:

методы расчета разработанной математической модели, внедрены АО «Узсувлоиха» (свидетельство Министерства водного хозяйства от 2020.20.11 02/20-3509). Результаты научных исследований появилась возможность оценки прочности и деформации грунтовых плотин;

разработанные математические модели по оценке динамического поведения грунтовых плотин внедрены в проектируемом АО «Гидропроект» Псковском водохранилище. (свидетельство Министерства водного хозяйства

от 2020.20.11 02/20-3509). В результате появилась возможность оценки прочности грунтовой плотины Пскомского водохранилища;

неустановившиеся вынужденные колебания грунтовых плотин под действием различных динамических сил внедрены в ООО «Water house project» (свидетельство Министерства водного хозяйства от 2020.20.11 02/20-3509) В результате появилась возможность оценки прочности действующих грунтовых плотин водохранилищ.

Апробация результатов исследований. Результаты данных исследований обсуждены и одобрены на 2 международных и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 20 научных работ, в том числе 8 статей, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации доктора философии (PhD), из них 7 – в зарубежных журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 119 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обоснована актуальность и востребованность выполненного исследования. Сформулированы цели и задачи, приводится объект и предмет исследований, приводится соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан. Приведена степень изученности вопроса и его непрерывная связь с НИИР, методика проведения исследований, научная новизна, достоверность, научно-практическая значимость полученных результатов, внедрение их в практику строительства, а также сведения по публикациям результатов исследования и структуре диссертации.

В первой главе диссертации под названием «**Модели, грунтовой плотины, отражающие поведение деформирования грунтов и характеристики Пскомского водохранилища**» приводятся физико-механические свойства грунтов и горных пород, применяемых при строительстве грунтовых плотин. Приведены материалы, посвященные процессу их деформирования с точки зрения механики. В работе, на стадии проектирования, приведены расчетные схемы, математические модели и их реализация. Математические модели (упругие, пластические, прочность, Мор-Кулон, Друкер-Прагер, Рассказов), характеризуют различные свойства и деформированное состояние грунтов с целью использования этих моделей при строительстве гидротехнических сооружений.

На основе анализа грунтов и существующих моделей в качестве объекта планируемого строительства Пскомской грунтовой плотины, учтены естественно-географическое расположение, конструктивные параметры. Параметры грунта при этом подбирались на основе проектно-изыскательских работ.

Вторая глава диссертации под названием «**Оценка НДС грунтовых плотин с учетом упруго-пластического деформирования грунта**» посвящена разработке математической модели, методике расчета, алгоритму, программе для ЭВМ и исследованию грунтовой плотины Пском.

Для математической модели, в качестве расчетной схемы принята схема, приведенная на рис.1. Для плоского деформированного состояния плотина рассматривается как неоднородное твердое тело, находящееся в равновесии, сооружение занимает объем $S=S_1+S_2+S_3+S_4+S_5$, ограниченный поверхностью Σ_1 . Причем считается, что плотина расположена в положительной части координатных осей. Предполагается, что на части поверхности Σ_1 заданы поверхностные силы, а на части поверхности Σ_p действует гидростатическое давление \vec{p} воды водохранилища. Верхняя Σ_2 и боковая стороны сооружения Σ_3 свободны от напряжения, а нижняя часть Σ_0 жестко закреплена.

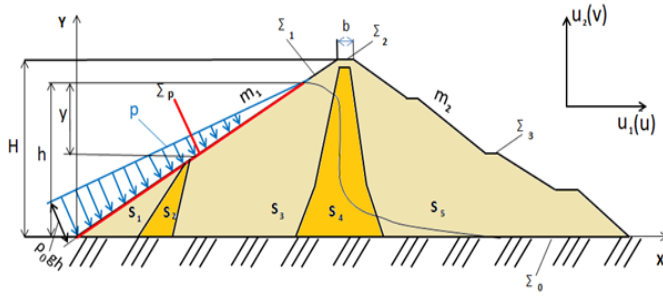


Рис.1. Расчетная схема

При деформировании грунтовая плотина (S_1, \dots, S_5) обладает упругими или упруго-пластическими свойствами. Для моделирования процесса деформирования грунтовых плотин (схема 1) используется вариационное уравнение принципа возможных перемещений:

$$-\sum_{k=1}^n \int_{S_k} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dS + \sum_{k=1}^n \int_{S_k} \vec{f} \delta \vec{u} dS + \int_{\Sigma_p} \vec{p} \delta \vec{u} dS = 0, \quad (1)$$

и кинематические граничные условия

$$\vec{x} \in \Sigma o; \vec{u} = 0 \quad (2)$$

где: \vec{u} , ε_{ij} , σ_{ij} -соответственно вектор перемещений, компоненты тензора деформаций и напряжений, $\delta \vec{u}$, $\delta \varepsilon_{ij}$ -изохронные вариации вектора перемещений и деформаций; \vec{f} -вектор массовых сил; \vec{p} -гидростатическое давление воды водохранилища.

Гидростатическое давление воды на плотину определяется по формуле

$$\vec{p} = \rho_o g (h - y), \quad (3)$$

где: ρ_o -плотность воды, g -ускорение свободного падения, $(h-y)$ глубина точки на напорной грани плотины.

На основе обобщенного закона Гука зависимость между напряжением и деформацией для материала сооружения выражается формулой:

$$\sigma_{ij} = \lambda_n \varepsilon_{kk} \delta_{ij} + 2\mu_n \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

где: λ_n и μ_n коэффициенты Ламе, E_n -модуль Юнга и ν_n -коэффициент Пуассона, эти коэффициенты связаны выражениями:

$$\lambda_n = \frac{E_n \nu_n}{(1+\nu_n)(1-2\nu_n)}; \mu_n = \frac{E_n}{2(1+\nu_n)}. \quad (5)$$

Связь между компонентами тензора деформаций ε_{ij} и вектором перемещений \vec{u} описывается линейными соотношениями Коши

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right). \quad (6)$$

Для описания упруго-пластического состояния используется формула (4), выражающая обобщенный закон Гука. При этом упругие характеристики E_n, ν_n, μ_n заменяются переменными параметрами E_n^*, ν_n^*, μ_n^* , определяемые следующим образом:

$$E_n^* = \frac{\frac{\sigma_i^*}{\varepsilon_i}}{1 + \frac{1-2\nu_n \sigma_i^*}{3E_n \varepsilon_i}}; \mu_n^* = \frac{\sigma_i^*}{3 \cdot \varepsilon_i}; \nu_n^* = \frac{\frac{1}{2} \frac{1-2\nu_n \sigma_i^*}{3E_n \varepsilon_i}}{1 + \frac{1-2\nu_n \sigma_i^*}{3E_n \varepsilon_i}} \quad (7)$$

Связь между "переменными параметрами упругости" имеет тот же вид, что и для упругих констант E_n, ν_n, μ_n , т.е.:

$$\mu_n^* = \frac{E_n^*}{2(1 + \nu_n^*)} \quad (8)$$

где: σ_i -интенсивность напряжения и ε_i -интенсивность деформации.

Изменённые физико–механические параметры (7, 8), в каждой точке плотины определяются исходя из достигнутого деформированного состояния ε_i (интенсивность деформаций) и соответствующей ему σ_i^* (интенсивность напряжений) согласно выбранной диаграмме деформирования $\sigma_i^* = \sigma_i^*(\varepsilon_i)$ (рис.2), которая выбирается из экспериментальных данных для конкретных грунтов.

Далее с помощью процедуры метода конечных элементов рассматриваемая вариационная задача (1) для сооружения (рис.1) сводится к системе нелинейных алгебраических уравнений N-ого порядка:

$$[K(\sigma_i, \varepsilon_i)]\{u\} = \{F\} \quad (9)$$

где: $\{u\}$ -искомый вектор узловых перемещений; $\{F\}$ -вектор амплитуд суммарных внешних нагрузок (массовых сил, гидростатического давления воды и др.); $[K(\sigma_i, \varepsilon_i)]$ - общая матрица жесткости сооружений;

Отличие уравнения (9) от обычных систем линейных алгебраических уравнений состоит в том, что здесь коэффициенты уравнения (9), являющиеся элементами матрицы жесткости $[K(\sigma_i, \varepsilon_i)]$, зависят не только от геометрических и упругих параметров материалов, а также от достигнутого напряженно-деформированного состояния сооружения. Поэтому в выражениях обобщенного закона Гука вместо упругих параметров E_n, ν_n, μ_n необходимо поставить переменные параметры E_n^*, ν_n^*, μ_n^* .

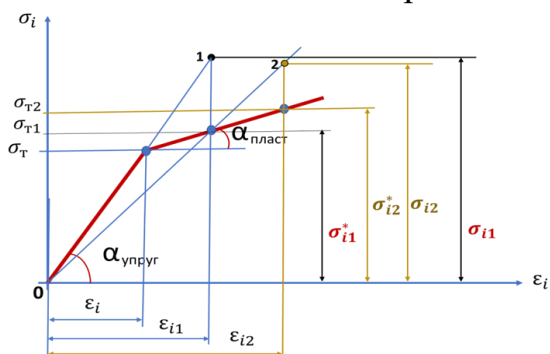


Рис.2. Диаграмма упруго-пластического деформирования материала

Используя (7) и (8) для каждой точки грунтового сооружения, в пределах текучести определялись деформации ε_i и соответствующие напряжения σ_i^* которые затем вставлялись в значения матрицы жесткости. В результате получается нелинейная матрица жесткости, для решения (9) которой применяется метод последовательной сходимости.

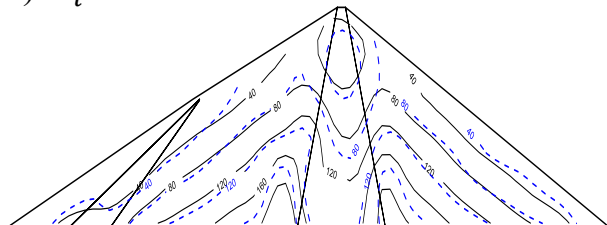
Для анализа достоверности, полученные результаты исследований разработанных моделей, методики и программы на ЭВМ сопоставлены с решением задач известных моделей, решены несколько тестовых задач.

Разработанные выше математические модели, методы расчета, алгоритмы и программы на ЭВМ будут использованы при проектировании грунтовой плотины Пскомского водохранилища. При этом параметры сооружения с учетом упруго–пластических свойств материала, выбранные на

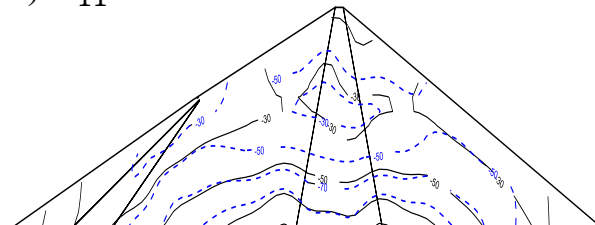
основе диаграммы (рис.2) имеют следующие числовые значения: для суглинки $\alpha_{\text{пласт}} = \frac{\alpha_{\text{упруг}}}{3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{3E}{2(1+\mu)} = \frac{1}{(1+\mu)}$; для упорных призм $\sigma_T = 30 \cdot 10^{-1}$ МПа, $\sigma_T = 50 \cdot 10^{-1}$ МПа.

Далее с помощью выше изложенной методики исследуется напряженно-деформированное состояние Псковских грунтовых плотин с учетом упругопластических свойств грунта под действием собственного веса, а также построены изолинии интенсивности и тензоры напряжения (рис.3)

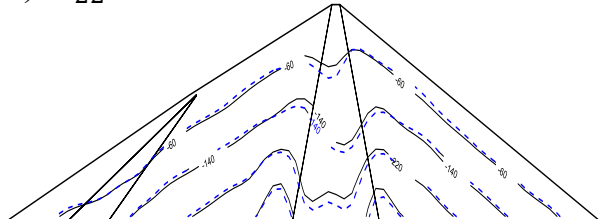
а) $\sigma_i \cdot 10^{-1}$ МПа



б) $\sigma_{11} \cdot 10^{-1}$ МПа



в) $\sigma_{22} \cdot 10^{-1}$ МПа



г) $\sigma_{12} \cdot 10^{-1}$ МПа

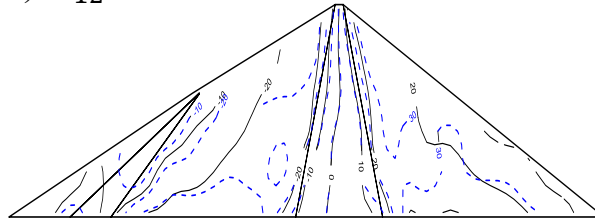


Рис.3. Изолинии интенсивности напряжений σ_i и тензора напряжений σ_{ij} для случая упругих свойств (—) или упруго-пластических свойств (----) грунта с учетом собственного веса Псковского грунтового сооружения

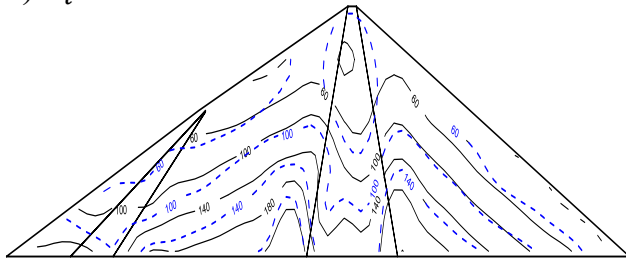
Из рис.3. видно, что интенсивность деформаций σ_i и тензора напряжений под действием собственного веса в нижней и средней частях плотины достигает больших значений и с приближением к откосу их значения уменьшаются.

Изолинии σ_{12} существенно отличаются от изолиний σ_{11}, σ_{22} нормального напряжения. Причем изолинии напряжения σ_{12} становятся почти симметричны относительно вертикальной оси.

Изолинии тензора напряжений для упруго-пластического деформирования качественно повторяют изолинии при упругом деформировании. Однако они отличаются количественно.

Существенное влияние на НДС оказывает действие гидростатического давления. При полном заполнении водохранилища (рис.4) за счет гидростатического давления интенсивность напряжения σ_i на верхней части призмы увеличивается на 10-20%, напряжения σ_{12} уменьшаются-40-50%. Компоненты напряжений σ_{11}, σ_{12} не только на верхней части призмы, но и в срединной ее части изменяются.

а) $\sigma_i \cdot 10^{-1}$ МПа



б) $\sigma_{11} \cdot 10^{-1}$ МПа

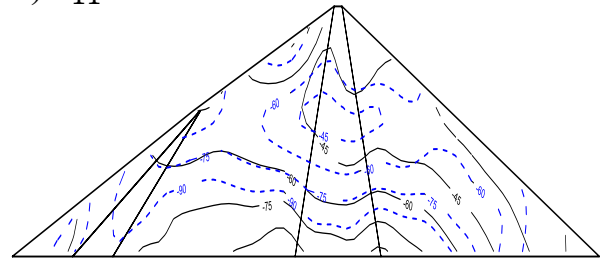


Рис.4. Изолинии интенсивности напряжений и тензора напряжений для случая упругих свойств (—) или упруго–пластических свойств (---) грунта с учетом собственного веса и гидростатического давления (в случае полного заполнения плотины $h=190$ м) Псковской грунтовой плотины

Это подтверждает необходимость учета упруго–пластических свойств грунта на стадии проектирования. Используя значения напряжений можно определить прочность в каждой точке грунтового сооружения. Для этого используется предельное условие Кулон-Мора:

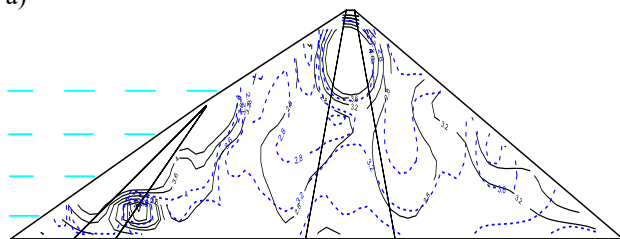
$$K = \frac{0,5(\sigma_{11} + \sigma_{22}) \sin \phi + C \cdot \cos \phi}{0,5 \sqrt{(\sigma_{11} + \sigma_{22})^2 + 4\sigma_{12}^2}} \quad (10)$$

где: ϕ - угол внутреннего трения грунта, C - коэффициент сцепления.

Из найденного « K » можно сделать следующие выводы: при $K > 1$ в этой области сооружений грунт будет обладать запасом прочности, т.е. находиться в до предельном состоянии; $K = 1$ - грунт находится в условии предельного равновесия; $K < 1$ - на данном участке прочность грунта сооружения будет нарушена и образуется локальная зона неустойчивости. При расчете угла трения и коэффициента сцепления приняты соответственно следующие значения $\phi = 40^\circ$, $C = 5 \cdot 10^{-1}$ МПа.

На рис.5 приведены изолинии коэффициента запаса прочности Псковской грунтовой плотины под действием гидростатического давления и собственного веса а) при половинном заполнении б) при полном заполнении водохранилища:

а)



б)

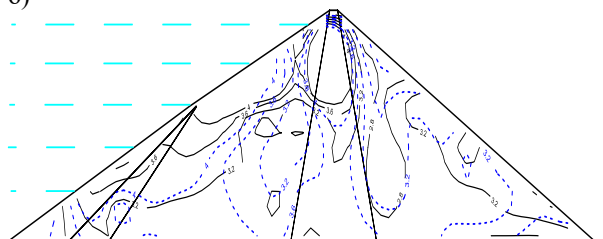


Рис.5. Изолинии запаса прочности Псковской грунтовой плотины под действием гидростатического давления и собственного веса а) при половинном заполнении б) при полном заполнении водохранилища: (—)–упругое деформирование; (---)–упруго–пластическое деформирование

Как видно из полученных результатов во всех точках сооружения выполнены условия прочности. Коэффициент запаса K изменяется в пределах $1,4 \div 2,2$ в теле сооружения. Это означает, что на основании критерия (10) во всех точках сооружения обеспечена прочность.

В третьей главе диссертации «Оценка динамики грунтовых плотин с учетом упруго-пластического деформирования грунта» сделана оценка динамического поведения высоких грунтовых плотин (рис.1) на основе принципа Даламбера и вариационных уравнений и разработаны математическая модель, методы расчета, алгоритм и программы на ЭВМ.

Для описания динамического процесса сооружения использован принцип Даламбера и вариационные уравнения Лагранжа:

$$-\sum_{k=1}^n \int_{S_k} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dS + \sum_{k=1}^n \int_{S_k} \rho_k \ddot{u} \delta \bar{u} dv + \sum_{k=1}^n \int_{S_k} \vec{f} \delta \bar{u} dS + \int_{\Sigma_p} \bar{p} \delta \bar{u} dS = 0, \quad n=1, \dots, 5 \quad (11)$$

в дополнение приведены кинематические граничные условия:

$$\bar{x} \in \Sigma_u: \bar{u}_0(t) = \bar{\psi}_1(t); \quad (12)$$

и начальные условия при $t=0$:

$$\bar{x} \in V: \bar{u}(\bar{x}, 0) = \bar{\psi}_2(\bar{x}); \quad u(\bar{x}, 0) = \bar{\psi}_3(\bar{x}); \quad (13)$$

Кроме этого используется соотношение Коши, связующее вектор перемещения с тензором деформаций (6).

где: \bar{u} - вектор перемещения; $\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}$ -соответственно тензоры напряжений и деформации; ρ_k -плотность материала элементов рассматриваемого сооружения; \vec{f} -массовые силы; p -гидростатическое давление на поверхность Σ_p ; ψ_1 -заданная функция времени, кинематическое воздействие; ψ_2, ψ_3 - функции координат.

Уравнения состояния грунтовой среды, использующие гипотезу энергии формоизменения, описываются следующими уравнениями:

$$1. \text{ упругая стадия (нагрузка и разгрузка) } \sigma_i \leq \sigma_T^0; \quad \sigma_i = E \varepsilon_i \quad (14)$$

Здесь процесс деформирования грунта подчиняется обобщенному закону Гука. Интенсивности напряжения и деформации определяются из нижеследующих формул:

$$\sigma_i = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + \sigma_{11}^2 + \sigma_{22}^2 + 6\sigma_{12}^2}$$

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22})^2 + \varepsilon_{11}^2 + \varepsilon_{22}^2 + \frac{3}{2} \varepsilon_{12}^2}$$

2. пластическая стадия (нагружение)

$$\sigma_i > \sigma_T^0; \quad \frac{d\varepsilon_i}{dt} > 0,$$

$$\sigma_i = E_{пл} \varepsilon_i - E_{пл} \varepsilon_T^0 + \sigma_T^0 \quad (15)$$

3. упругая стадия, наступающая при $\frac{d\varepsilon_i}{dt} < 0$

$$\sigma_i \leq \sigma_T^0; \quad \sigma_i = E \varepsilon_i - E \varepsilon_T' + \sigma_T' \quad (16)$$

4. пластическая стадия (нагрузка)

$$\sigma_i > \sigma_T; \quad \frac{d\varepsilon_i}{dt} > 0, \quad \sigma_i = E_{пл} \varepsilon_i - E_{пл} \varepsilon_T^0 + \sigma_T^0 \quad (17)$$

где: $E, E_{\text{пл}}$ -модуль упругости или тангенс угла между упругой и пластической составляющей согласно диаграмме напряжения и деформации; $\varepsilon_T^0, \sigma_T^0$ - начальные значения в пределе упругости; σ_T' -характеристика интенсивности напряжения или новое значение модуля упругости; ε_T' -соответствующая интенсивности деформации.

Для анализа динамики грунтовых сооружений на основании вариационной задачи (11) с помощью МКЭ задача сводится к решению системы нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

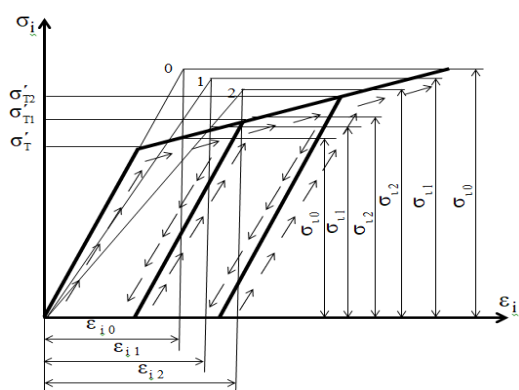
$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K^*(\sigma_i, \varepsilon_i)]\{u\} = \{P(t)\} \quad (18)$$

с начальными условиями

$$\{u(0)\} = \{u_0\}; \quad \{\dot{u}_0(0)\} = \{\dot{u}_0\} \quad (19)$$

где: $[M]$ -матрица масс рассматриваемой системы; $[C]$ -матрица диссипативных сил; $[K^*(\sigma_i, \varepsilon_i)]$ -общая матрица жесткости, зависящая от напряженно деформированного состояния; $\{u\}$ -искомый вектор перемещения. Для пластического деформирования матрицы жесткости материала сооружения используется формула (8).

Переменные параметры упругости E_n^*, G_n^*, μ_n^* определяются из диаграммы деформирования (рис.6). Система уравнений (18) решается методом Ньюмарка.



Точность и достоверность полученных результатов исследований разработанных моделей, методики и программы на ЭВМ сопоставлена и подтверждена решением задач известных моделей, имеющих точное решение тестовых задач, что обеспечивает адекватность результатов.

Рис.6. Диаграмма деформирования

На основе вышеуказанных подтвержденной исследованы неустановившиеся вынужденные колебания Псковской грунтовой плотины. При этом учтены упруго-пластические свойства материала сооружения. В качестве сейсмического горизонтального кинематического воздействия принята синусоида.

$$\bar{x} \in \Sigma_0; \quad u(t) = A * \sin(\omega t); \quad 0 \leq t \leq t^* \quad (20)$$

где: ω - частота внешнего воздействия; t^* -продолжительность воздействия; A -максимальная амплитуда премещений, которая принимает значения $A = 0,01 \dots 0,015$; При решении задачи амплитуда принята равной $A = 0,015$ м. Частота внешнего воздействия принята равной 6,3 рад/с.

На рис.7 приведены графики изменения интенсивности напряжений и деформации. По внешним кинематическим воздействиям в различных координатах сооружения, так как, например в нижней и верхней частях призмы Псковской грунтовой плотины ($x=217,3$ м, $y=32,5$ м) (рис.7), верхней

части близкой к откосу призмы ($x=-209,2\text{м}$, $y=81,3\text{м}$, $x=-148,2\text{м}$ $y=69,1\text{м}$), в верхней части плотины ($x=-26,3\text{м}$ $y=154,4\text{м}$) и средней части ядра ($x=-20,3\text{м}$, $y=81,3\text{м}$) на основании графиков изменения интенсивности напряжений (σ_i) и деформации (ε_i) установлено, что в первом и во втором, полученных периодах колебания, напряжение и деформация увеличиваются, а в третьем полупериоде амплитуда интенсивности напряжения уменьшается до 50%, в последующих периодах амплитуда колебаний напряжения остается меньше чем в начальном положении.

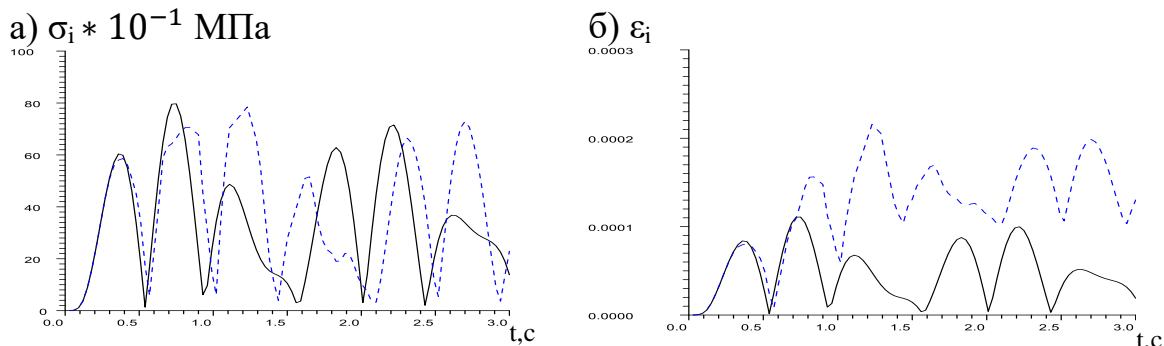


Рис.7. Графики изменения интенсивностей напряжений (а) и деформаций (б) в нижней части Псковской грунтовой плотины при $x=217,3\text{ м}$, $y=32,5\text{ м}$: (—) –упругое деформирование, (----) -упруго-пластическое деформирование

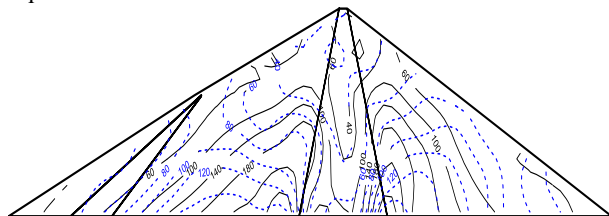
Упруго-пластическое деформирование материала грунтовых плотин в первом и во втором полупериодах приводит к упрочнению материала грунта вследствие чего возникнет сдвиг периода колебаний.

Учет упруго-пластических свойств грунта приводит к возникновению пластических деформаций. При этом самая большая деформация проявляется в нижней и средней части плотины. Установлено, что интенсивность деформации в средней части по отношению вблизи к откосу сооружения увеличивается до 1,5-2 раза.

На рис.8 приведены изолинии компонентов напряжений под воздействием синусоидальной внешней силы в фиксированном моменте времени $t=0,7\text{ с}$. Из построенных изолиний видно, во втором полупериоде интенсивность напряжения достигает своего максимального значения. При упругом деформировании в нижней части плотины напряжение достигает до $200 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$, а близко к откосу плотины $40-60 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$. При этом напряжение σ_{11} достигает значения до $60 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$, $\sigma_{22}-360 \cdot 10^{-1}\text{МПа}$ а касательное напряжение τ_{12} в нижней части призмы до $85 \cdot 10^{-1}\text{ МПа}$. Учет упруго-пластического деформирования компоненты напряжений могут изменяться. Эти изменения обнаруживаются в верхней и откосных зонах плотины.

При расчете на сейсмическое воздействие использованы записи акселерограмм Газлийского землетресения. Так как акселерограмма Газлийского землетресения считается высоко частотной с интенсивностью 9 баллов, период колебаний составляет 0,1 секунды и продолжительность 8,74 секунд.

$\sigma_i \cdot 10^{-1}$ МПа



$\sigma_{22} \cdot 10^{-1}$ МПа

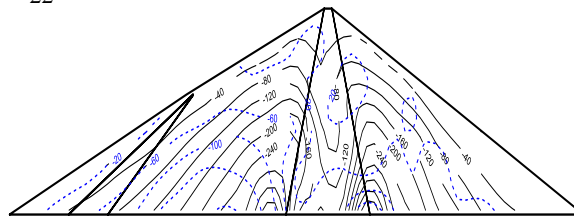
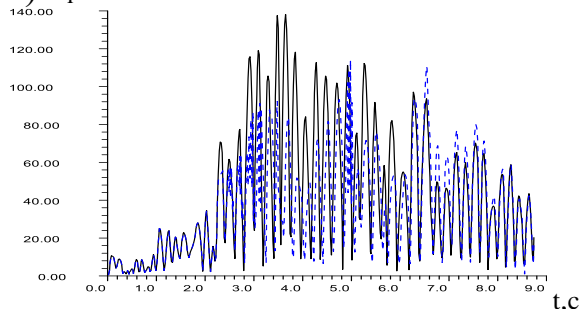


Рис.8. Изолинии компонентов напряжений в теле плотины под действием синусоидальной внешней нагрузки при $t=0,7$ секунды (—) упругая, (---) упруго-пластическая деформации

На рис.9 приведены графики изменения интенсивности напряжений и деформации в зависимости от времени t .

а) $\sigma_i \cdot 10^{-1}$ МПа



б) ε_i

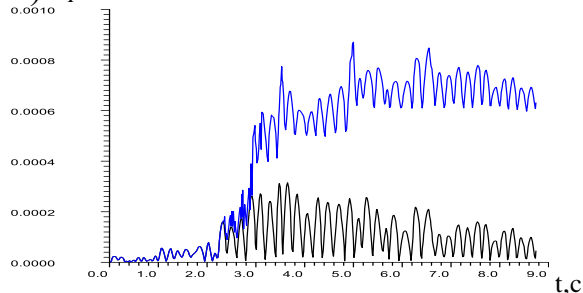
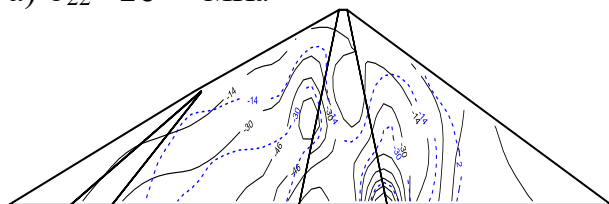


Рис.9. Графики изменения интенсивности напряжения (а) и интенсивности деформации (б) нижней части Пскомского грунтового водохранилища под действием Газлийской акселерограммы при $x=-117,7$ м, $y=32,5$ м: (—) упругая, (---) упруго-пластическая деформации

Под действием акселлограммы с учетом упруго-пластических свойств грунта увеличивается остаточная деформация в нижней части плотины в 3,5-4 раза, в средней части 1,5-2,5 раза. В верхней и откосных зонах напряжение не превышает предела границы и поэтому упругое и упруго-пластические деформирования существенно не влияют на интенсивность напряжений и деформаций в начальном периоде времени.

На рис.10 приведены изолинии тензора напряжений в теле плотины при различных значениях продолжительности времени динамических процессов в результате действия акселлограммы $t=1,80$ с, $t=3,71$ с, $t=5,92$ с.

а) $\sigma_{22} \cdot 10^{-1}$ МПа



б) $\sigma_{12} \cdot 10^{-1}$ МПа

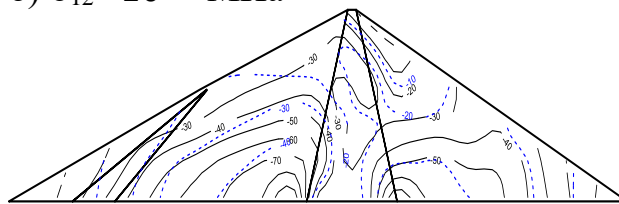


Рис.10. Изолинии компонентов напряжений грунтовой плотины под действием Газлийской акселлограммы при $t=5.92$ с.: (—) упругая, (---) упруго-пластическая деформации

Полученные результаты показывают, что в откосных зонах высотных плотин напряжение σ_{11} -больше, чем в случае упругого деформирования в

отличие от упруго-пластического деформирования. Это означает, что в средней части откоса плотины происходит увеличение пластических деформаций, в результате чего резко уменьшается прочность.

На рис.11 приведены изолинии запаса прочности (K) полученного по формулам (10) при $t=3,40с$, $t=3,42с$ акселерограммы газли.

а) $t=3,40с$

б) $t=3,42с$



Рис.11. Изолинии распределения коэффициента запаса прочности (K) в зависимости от продолжительности времени $t=3,40с$ (а) и $t=3,42с$ (б) грунтовой плотины при упругом деформировании грунта

Из полученных результатов (рис.11) видно, что в случае действия Газлийской акселерограммы, продолжительность которой $t=3,40с$, коэффициент прочности K при упругом деформировании, в средней части близкой к откосу нижней призмы, имеет значение меньше единицы. Это означает недостаточность прочности (рис.11а). При $t=3,42с$ обнаружена неустойчивая зона в средней части верхней призмы (рис.11б), которой $K<1$.

ВЫВОДЫ

1. На основе изучения существующих теоретических и экспериментальных исследований проведен анализ деформирования грунтов, и их физико-механических свойств, математических моделей, реализации этих моделей в строительстве гидротехнических сооружений. В результате появилась востребованность в разработке математических моделей, методов расчета, учитывающих неоднородности и упруго-пластические свойства грунтовых сооружений.

2. На основе проектно-изыскательских работ, строящегося Пскомского водохранилища, выбраны конструктивные параметры, основные характеристики грунтов, используемых при строительстве.

3. На основе вариационных уравнений разработана усовершенствованная математическая модель, методика расчета, алгоритм и программы расчета на ЭВМ для оценки НДС грунтовых плотин с учетом упругих и упруго-пластических свойств грунта с использованием МКЭ и метода переменных параметров упругости.

4. Для достоверности, результаты разработанных моделей, методики и программ на ЭВМ сопоставлены с решением задач известных моделей, решены несколько тестовых задач с учетом упруго-пластического деформирования материала.

5. На основе оценки НДС с учетом собственного веса, гидростатического давления воды и упруго-пластических свойств грунта

выявлено, что учет упруго-пластических свойств приводит к возрастанию значений напряженя, а учет уровня заполненности и собственного веса к изменению интенсивности тензора напряженной Псковского водохранилища.

6. Установлено, что прочность в каждой точке Псковского водохранилища под действием статических сил оценена по трем критериям прочности, прочность определяется в каждой точке грунтовой плотины при учете упруго-пластических свойств грунта.

7. На основе принципа Даламбера и вариационных уравнений разработана усовершенствованная математическая модель, учитывающая упруго-пластическое деформирование структурной неоднородности с учетом массовых сил и уровня заполнения водохранилища, под действием динамических воздействий.

8. С целью оценки динамики грунтовых плотин с учетом упруго-пластического деформирования с применением МКЭ и метода переменных параметров разработана методика расчета, алгоритм и программы для ЭВМ.

9. На основе исследования динамического поведения, строящегося Псковского водохранилища, учитывающего упруго-пластического деформирования под действием кинематического воздействия в виде синусоиды и реальной акселлограммы определены новые возможные положения.

10. На основе полученных результатов установлена необходимость оценки прочности упруго-пластического деформирования грунта.

11. Получено 5 авторских свидетельств. (1.№02561, 06.08.2012 г.; 2.№02873, 27.11.2014г.; 3.№05104, 05.03.2018г.; 4.№05269, 07.05.2018г.; 5.№06594, 14.06.2019г.)

13. Результаты, полученные по теме диссертации внедрены в АО «Гидропроект», АО «Узсувлоиха» и ООО «Water house project» (свидетельство Министерства водного хозяйства от 2020.20.11 02/20-3509) и будут использованы при строительстве грунтовых плотин.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL UNDER SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc. 03/30.12.2019.T.10.02 AT
TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS**

**TASHKENT INSTITUTE OF IRRIGATION AND AGRICULTURAL
MECHANIZATION ENGINEERS**

YARASHOV JAVLONBEK ADAMBOYEVICH

**ASSESSMENT OF EARTH DAMS STRENGTH CONSIDERING
ENGINEERING FEATURES OF STRUCTURES AND ELASTIC-PLASTIC
PROPERTIES OF SOIL
(on the example of the Pskom dam)**

**05.09.06 –Hydro–Technical and Land Reclamation Engineering,
01.02.04 – Mechanics of Deformable Rigid Body**

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

Tashkent-2021

The theme of doctoral dissertation (PhD) on technical science was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with number B2020.4.PhD/T2013

The doctoral dissertation has been prepared at the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers.

The abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume) is placed on website (www.tiame.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser:

Sultanov Takhirjon Zakirovich
doctor of technical sciences, professor,

Mirsaidov Mirziyod Mirsaidovich
doctor of technical sciences, professor, academician

Official opponents:

Fayziyev Xomidkhon
doctor of technical sciences, professor

Ismayilov Kubaymurat
doctor of technical sciences, professor

Leading organization:

Namangan Engineering Construction Institute

The defense will take place « 2 » june 2021 at 14⁰⁰ at the meeting of one-time Scientific council at the Scientific council DSc.03/30.12.2019.T.10.02 at the Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization of Agriculture Engineers (Address: 100000, Tashkent, Kari-Niyazi street 39. Tel: (99871) 237-22-09; Fax: (99871) 237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

The doctoral dissertation can be found at the Information Resource Centre of the Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization of Agriculture Engineers (registered with № 163) at the address: 100000, Tashkent, Kari-Niyazi street 39. Tel: (99871) 237-19-45

Abstract of dissertation was sent « 18 » may 2021
(register of the distribution protocol № 163 from «18» may 2021)



A.T. Salokhiddinov

Chairman of the one-time scientific council for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

A.A. Yangiev

Scientific secretary of the one-time scientific council for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

M.R Bakiev

Chairman of the one-time scientific seminar under the one-time scientific council for awarding scientific degrees, doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract to PhD thesis)

The purpose of research is to develop a mathematical model and calculation methods for assessing strength, taking into account the elastic-plastic properties of soil, structural nonhomogeneity, real geometry and the filling level of the reservoir.

The object of research is the Pskom reservoir under construction in the zone of high seismicity of the Republic of Uzbekistan.

The scientific novelty of the research consists of the following:

a mathematical model of the strength assessment of the stress-strain state and dynamic behavior of an earth dam was improved, taking into account the structural nonhomogeneity of the structures and elastic-plastic soil strain;

a calculation method and an algorithm were developed to assess the stress-strain state and dynamic behavior of earth dams taking into account the elastic-plastic soil strain;

the stress-strain state and strength of earth structures were evaluated taking into account the structural nonhomogeneity in a half-filled and completely filled reservoir;

the strength of an earth dam was estimated taking into account the elastic-plastic strain under the influence of unsteady forced vibrations and accelerograms of a real earthquake.

Implementation of research results: Based on the results of the development of methods for assessing the stress-strain state of dams, taking into account the elastic-plastic properties of soil, the structures inhomogeneity, and the condition of filling the reservoir, the following results were obtained:

methods of calculation of the developed mathematical model are implemented JSC «Uzsuvloyikha» (Certificate of the Ministry of Water Resources of 2020.20.11 02/20-3509). The results of scientific research made it possible to assess the strength and strain in earth dams;

the developed mathematical models for assessing the dynamic behavior of earth dams, implemented in the Pskom reservoir under the project, are introduced in JSC «Gidroproekt» (Certificate of the Ministry of Water Resources of 2020.20.11 02/20-3509). As a result, it became possible to assess the strength of the earth dam of the Pskom reservoir;

unsteady forced vibrations of earth dams under the influence of various dynamic forces are implemented in the «Water house project» (Certificate of the Ministry of Water Resources of 2020.20.11 02/20-3509). As a result, it became possible to assess the strength of existing earth dams of the reservoirs.

The structure and volume of the thesis. The structure of the thesis consists of an introduction, three chapters, conclusions, a list of references and appendices.

The volume of the thesis is 119 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ

Список опубликованных работ

List of published works

I бўлим (I часть; I part)

1. Мирсаидов М., Султанов Т., Ярашов Ж., Руми Д. Моделирование процесса увлажнения грунтовой плотины при заполнении водохранилища // Ирригация ва мелиорация. – Тошкент, 2016. – №4(6). – С. 39-43. (05.00.00; №22).

2. Мирсаидов М., Султанов Т., Ярашов Ж., Уразмухамедова З. Оценка прочности грунтовых сооружений // Ирригация ва мелиорация. – Тошкент, 2018. – Махсус сон. – С. 63-68. (05.00.00; №22).

3. Худойназаров Ш., Юлдошев Б., Уринов Б., Ярашов Ж., Тошматов Э. Исследование установившихся колебаний грунтовых сооружений // Ирригация ва мелиорация. – Тошкент, 2018. – №3(13) – С. 24-30. (05.00.00; №22).

4. Mirsaidov M., Sultanov T., Yarashov J., Toshmatov E. Assessment of dynamic behaviour of earth dams taking into account large strains // E3S Web of Conferences 97. Vol.05019. January 2019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705019>. (www.scopus.com).

5. Mirsaidov M.M., Sultanov T.Z., Yarashov J.A., KHujanazarova N., Urazmukhammedova Z. Mathematical simulation and the methods to assess the strength of earth dams // International Conference on Information Science and Communications Technologies. November 2019. <https://doi.org/10.1109/icisct-47635.2019.9011818>. (www.scopus.com).

6. Mirsaidov M., Sultanov T., Yarashov J., Urazmukhammedova Z. Estimation of the earth dam strength with inelastic soil properties // Materials Science and Engineering, International Scientific Conference Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering. Tashkent. Vol. 883, April 2020. – P. 012021. DOI: 10.1088/1757-899X/883/1/012021. (www.scopus.com).

7. Khudainazarov S., Donayev B., Yarashov J. Non-stationary oscillations of high-rise axisymmetric structures // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 883, July 2020. – P. 012195. DOI: 10.1088/1757-899X/883/1/012195. (www.scopus.com).

II бўлим (II часть; II part)

8. Мирсаидов М., Султанов Т., Эргашев Р., Юлдошев Б., Тошматов Э., Ярашов Ж. Strength assessment of earth dams // MATEC Web of Conferences. International Geotechnical Symposium Geotechnical Construction of Civil Engineering & Transport Structures of the Asian-Pacific Region. Vol.265, January 2019. – P. 04015. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201926504015>.

9. Ишматов А.Н., Ярашов Ж.А., Мирсаидов М.М., Юлдашев Б.Ш. Оценка напряженного состояния грунтовых плотин с учетом распространения влажности по телу плотины // Материалы международной научно-технической конференции: Современное состояние и перспективы развития строительной механики на основе компьютерных технологий и моделирования. – Самарканд, 2017. – С. 400-402.

10. Султанов Т.З., Юлдашев Б.Ш., Уринов Б.Х., Ярашов Ж. Оценка точности метода конечных элементов при решении плоской задачи теории упругости // Материалы Республиканской научно-технической конференции: Современные проблемы строительной механики в комплексе железнодорожного транспорта. – ТашИИТ, 2011. – С. 219-221

11. Ярашов Ж.А., Мирсаидов М.М., Мавлонов Т.М., Юлдашев Б.Ш. Моделирование процессов деформирования структурно-неоднородных оболочечных элементов гидротехнических сооружений // Неклассические уравнения математической физики и их приложения: Республиканская научная конференция с участием зарубежных ученых. – НУМФ, 2014. – С. 341-342.

12. Т.З.Султанов, Ш.О.Худайназаров, Ж.А.Ярашов, К.Д.Туражонов, С.С. Хамидов. Исследование динамики грунтовых плотин на основе пространственной модели при однокомпонентном кинематическом воздействии // Республика илмий–амалий анжумани. – ТИҚХММИ, 2018. – С. 54-60.

13. Уринов Б., Ярашов Ж.А. Возникновение трещин в теле грунтовых плотин при землетрясениях // Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари: X Республика илмий – амалий анжумани. – ТИМИ, 2011. – С. 114-117.

14. Мирсаидов М., Мавлянов Т., Юлдашов Б., Ярашов Ж.А. Моделирование процессов деформирования структурно-неоднородных оболочечных элементов гидротехнических сооружений // НУУ и МУИМ: Республиканская научная конференция с участием зарубежным ученых. – Ташкент, 2014. – С. 341-342.

15. Мирсаидов М., Султонов Т., Ходжаев Д., Ярашов Ж., Тошматов Э. ЧЭУ билан грунтли тўғонларнинг динамик характеристикаларини аниқлаш дастури // № DGU 05104. – Ташкент, 2018.

16. Мирсаидов М., Султонов Т., Ходжаев Д., Ярашов Ж., Тошматов Э., Уринов Б. PLOTINA-СТАТИКА.FOR Грунтли иншоотларнинг кучланганлик-деформация ҳолатларини аниқлаш дастури // № DGU 20180232. – Ташкент, 2018.

17. Мирсаидов М., Султанов Т., Ярашов Ж., Уразмухаммедова З. Мухитнинг эластик-пластик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда грунт тўғонлардаги кучланганлик-деформация ҳолатини аниқлаш // DGU 2019 0596. – Ташкент, 2019.

Автореферат «IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA» илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (23.03.2021 й.).

Босишга рухсат этилди: 14.05.2021 йил.
Бичими 60x84 ¹/₁₆, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табағи: 2,8. Адади 100. Буюртма № 51.
Тел (99) 832 99 79; (97) 815 44 54.

Гувоҳнома reestr № 10-3279
“IMPRESS MEDIA” МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
100031, Тошкент ш., Яккасарой тумани, Қушбеги кўчаси, 6-уй.