

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC.27.06.2017.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

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

ЮЛДОШЕВ БАХТИЁР ШОДМОНОВИЧ

**ГРУНТНИНГ НАМЛИГИНИ ВА НОЭЛАСТИК ХУСУСИЯТЛАРИНИ
ҲИСОБГА ОЛГАН ҲОЛДА ГРУНТЛИ ТЎҒОНЛАРНИНГ
КУЧЛАНГАНЛИК-ДЕФОРМАЦИЯ ҲОЛАТЛАРИНИ БАҲОЛАШ ВА
ПРОГНОЗЛАШ УСУЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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**

Юлдошев Бахтиёр Шодмонович

Грунтнинг намлигини ва ноэластик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда
грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатларини баҳолаш
ва прогнозлаш усулларини ишлаб чиқиш..... 3

Юлдошев Бахтиёр Шодмонович

Разработка методов оценки и прогнозирования напряженно-
деформированного состояния грунтовых плотин с учетом влажностных
и неупругих свойств грунта..... 23

Yuldoshev Bakhtiyor Shodmonovich

Development of the methods for estimating and predicting stress-strain state
of earth dams with account of moisture and inelastic properties of
soil..... 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 47

**ТОШКЕНТ ИРРИГАЦИЯ ВА ҚИШЛОҚ ХЎЖАЛИГИНИ
МЕХАНИЗАЦИЯЛАШ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ
ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ
DSC.27.06.2017.Т.10.02 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ АСОСИДА
БИР МАРТАЛИК ИЛМИЙ КЕНГАШ**

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

ЮЛДОШЕВ БАХТИЁР ШОДМОНОВИЧ

**ГРУНТНИНГ НАМЛИГИНИ ВА НОЭЛАСТИК ХУСУСИЯТЛАРИНИ
ҲИСОБГА ОЛГАН ҲОЛДА ГРУНТЛИ ТЎҒОНЛАРНИНГ
КУЧЛАНГАНЛИК-ДЕФОРМАЦИЯ ҲОЛАТЛАРИНИ БАҲОЛАШ ВА
ПРОГНОЗЛАШ УСУЛЛАРИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

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 В2018.2PhD/Т.229 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик 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.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбарлар:

Султанов Тахиржон Закирович
техника фанлари доктори, доцент

Мирсанов Мирзиёд Мирсанович
техника фанлари доктори, профессор, академик

Расмий оппонентлар:

Махмудов Илхом Эрназарович
техника фанлари доктори

Исмойилов Купаймурот
техника фанлари доктори

Етакчи ташкилот:

Тошкент архитектура-қурилиш институти

Диссертация ҳимояси Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти ҳузуридаги DSc.27.06.2017.Т.10.02 рақамли илмий кенгаш асосидаги бир марталик илмий кенгашнинг «21» сентяб 2018 йил соат 14⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100000, Тошкент, Қори-Ниёзий кўчаси, 39-уй. Тел./факс: тел.:(99871)237-19-61, 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 танилиш мумкин(№26 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 2018 йил «9» сентяб да тарқатилди.
(2018 йил «9» сентяб даги №26 рақамли реестр баённомаси)



А.Т.Салоҳиддинов
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш раиси, т.ф.д., проф.

А.А.Янгиев
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш илмий котиби, т.ф.д.

О.Я.Гловацкий
Илмий даражалар берувчи бир марталик илмий кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси, т.ф.д., проф.

Кириш (PhD) докторлик диссертациясининг аннотацияси

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти. Жаҳонда қурилган 800 мингдан ортиқ ғрунтли тўғонлардан энергетика ва ирригация мақсадларида фойдаланилаётганлиги боис барча гидротехника иншоотларининг хавфсизлигини таъминловчи, уларнинг мустаҳкамлигини ҳисоблаш услубиятини ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга алоҳида эътибор қаратилган. Шу жиҳатдан, сув омборининг тўлдирилиш сатҳига боғлиқ ҳолда ғрунтли тўғонларнинг кучланганлик деформация ва динамик ҳолатларини баҳолаш ва башорат қилишда иншоотнинг конструктив бир жинссизлиги, ғрунтнинг ноэластиклик хусусиятлари ва намликни нотекис тарқалишларини ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Ривожланган давлатларда, жумладан Россия, АҚШ, Хитой, Германия ва бошқа давлатларда лойиҳаланаётган ва қурилаётган барча гидротехника иншоотларининг ишончлилиги ва мустаҳкамлигини таъминловчи услубларни ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Жаҳонда ғрунтли тўғонларнинг конструктив тузилиши ва ҳақиқий ишлаш шароитларини инобатга олган ҳолда уларнинг кучланганлик - деформацияланиш ҳолатларини ҳисоблаш услубларини такомиллаштиришга йўналтирилган илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бу борада, жумладан ғрунтли тўғонларни лойиҳалашда уларнинг кучланганлик - деформацияланиш ҳолатларини аниқлаш ва башорат қилиш, зилзилабардошликлари ва мустаҳкамликларини баҳолаш усулларини такомиллаштиришга қаратилган илмий тадқиқотлар муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамизда кўплаб сув омборларини лойиҳалаш ва қуришга, уларнинг ишончлилиги ва хавфсизлигини таъминлашга қаратилган чоратадбирлар амалга оширилмоқда. 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»¹ вазифалари белгиланган. «2018-2019 йилларда республикамизнинг 6 та вилоятида жами 11 та турли ҳажмдаги сув омборларининг қурилишини режалаштирилганлиги»², уларнинг ҳисобига 1 миллион 200 минг гектар ерларнинг сув таъминотини яхшилаш муҳим вазифа қилиб белгиланган. Мазкур вазифани амалга ошириш, жумладан сув омборларининг тўғонларининг ҳақиқий ишлаш шароитларини ҳисобга олган ҳолда кучланганлик-деформация ва динамик ҳолатларини, мустаҳкамликларини баҳолаш ва башорат қилиш усулларини ишлаб чиқиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

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

²Ўзбекистон Республикаси Президенти Ш.Мирзиёевнинг “Қишлоқ хўжалиги ходимлари куни”га бағишланган тантанали маросимдаги нутқи. –Тошкент шаҳри, 2017 йил 9 декабрь

Ўзбекистон Республикасининг «Гидротехника иншоотлари хавфсизлиги тўғрисида»ги Қонуни (1999 йил), Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 майдаги ПҚ-2947-сон «2017-2021 йилларда гидроэнергетикани янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги, 2017 йил 24 майдаги ПҚ-3003-сон «Қишлоқ ва сув хўжалиги тармоқлари учун муҳандис-техник кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги Қарорлари ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъерий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти маълум даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг 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. Зилзилабардош гидротехника иншоотларининг лойиҳаланиши ва қурилиши муаммолари бўйича М.А.Ахмедов, О.Я.Гловацкий, К.С.Султанов, М.Мирсаидов, М.Р.Бакиев, К.Д.Салямова, А.А.Янгиев, (Ўзбекистон), Н.А.Анискин, А.С.Антонов, Ю.Б.Мгалобелов, А.В.Дейнеко, Е.Н.Беллендир, В.Б.Глаговский, З.Г.Тер-Мартиросян, В.Н.Ломбардо, И.С.Шейнин, С.Г.Шульман, Г.Л.Рубинштейн, В.С.Кузнецов, В.Н.Ломбардо, В.В.Москвитин, Б.Е.Победря, L.V.Zhang, Y.Wang, G.Wang, D.Q.Li, G.Beer, J. R.Booker, J. P.Carter, Wang Weibiao, K.Noeg, K.Nackler, P.Tschernutter, G.V.Baecher, J.T.Christian ва бошқа олимлар томонидан кенг қамровли илмий тадқиқотлар олиб борилган.

Грунтли иншоотларнинг бир жинссизлиги, ташқи кучлар таъсирида грунтларда рўй берадиган деформацияланиш жараёнлари Б.Э.Хусанов, К.С.Султанов, Х.З.Расулов, А.С.Хасанов, Н.А.Цытович, А.А.Ильюшин, Б.Г.Коренева, Т.Мавлонов, С.С.Вялов, Э.Е.Хачиян, М.А.Колтунов, К.Р.Рам, Nakagawa Hajime, Kawaike Kenji Baba, Yasuyuki, Zhang Hao, A.A.Balkema ва бошқа олимларнинг ишларида ўрганилган ҳамда маълум даражадаги ижобий натижаларга эришилган.

Бугунги кунда ҳақиқий ташқи таъсирларда грунтли иншоотларнинг зилзилабардошлиги ва мустаҳкамлигини сифат жиҳатидан илмий асосланган ечимларнинг етишмаслиги кузатилмоқда. Булар-грунтнинг реологик хусусият-ларини ифодалашда ковушқоқ-эластиклик назарияси фойдаланиш имконият-лари, грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлигини баҳолашнинг мезонларини ишлаб чиқиш, конструкциянинг бир жинссизлиги, иншоот материалининг чизиксизлик ва диссипатив хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг динамикаси ва кучланганлик-деформация ҳолатлари баҳолашнинг ҳисоблаш усуллари ва алгоритмларини ишлаб

чиқиш, ҳақиқий ва лойиҳаланаётган грунтли тўғонларнинг мустаҳкамлиги ва ишончилигини 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 режасининг 2.8-сон «Гидротехника иншоотларининг призматик ва ўққа нисбатан симметрик конструкциялари динамикасининг ҳисоблаш усуллари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш» (2014-2016); А-5-098-«Грунтнинг чегаравий кучланганлик ҳолати ва мураккаб хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда грунтли иншоотларнинг зилзилабардошлигини ошириш ва мустаҳкамлигини баҳолаш» (2006-2008); ҚХ-4ФТ-02-«Текис ва фазовий гидротехника иншоотлари элементларининг мустаҳкамлиги ҳисоби ва назариясининг илмий асосларини ишлаб чиқиш» (2007-2011); ҚХА-15-033-«Грунтли тўғонларнинг зилзилабардошлиги ва мустаҳкамлигини ошириш учун конструктив чора-тадбирлар ва ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш» (2009-2011); ҚХФ-4-001-«Сув омбори грунтли иншоотларининг зилзилабардошлиги ва мустаҳкамлигининг назарий асосларини ишлаб чиқиш» (2012-2016); ҚХА-3-008-2015 «Сув билан ўзаро таъсирдаги грунтли гидротехника иншоотларининг мустаҳкамлигини баҳолаш усулини ишлаб чиқиш» (2015-2017) мавзусидаги лойиҳалари доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади грунтнинг намлиги ва ноэластиклик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатларини баҳолаш ва прогнозлаш усулларини ишлаб чиқишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

умумлашган текис-деформация ҳолати учун грунтли тўғонларининг кучланганлик-деформация ҳолатларини башорат қилиш ва баҳолашнинг математик моделлари, усули, алгоритми ва ЭХМда ҳисоблаш дастурларини ишлаб чиқиш;

грунтли тўғонлар танасида намликнинг тарқалишини баҳолашнинг математик моделлари, усули, алгоритми ва ЭХМда ҳисоблаш дастурларини ишлаб чиқиш;

грунтларнинг механик тавсифлари ва намликни бир жинсиз тақсимланишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг кучланганлик деформация ҳолатлари ва мустаҳкамликларини баҳолаш ва башорат қилиш усули, алгоритми ва ЭХМда ҳисоблаш дастурини ишлаб чиқиш;

иншоотнинг хусусий тебранишлари шакллари бўйича натижаларни ёйиш ёрдамида стационар динамик таъсирлардаги грунтли тўғонларнинг динамик ҳолатларини баҳолаш учун ҳисоблаш усули, алгоритми ва ЭХМ ҳисоблаш дастурини ишлаб чиқиш;

иншоот материалининг қовушқоқ эластиклик хусусиятларини ва грунтда намликни нотекис тарқалишини ҳисобга олиб, статик ва динамик кучлар таъсиридаги грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ва динамик ҳолатини баҳолаш.

Тадқиқот объекти сифатида Гиссарак, Пачкамар ва Зомин сув омборларининг грунтли тўғонлари, грунтнинг нотекис намланиши ва қовушқоқ-эластиклик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда уларни турли кучлар таъсиридаги кучланганлик деформация ва динамик ҳолатлари олинган.

Тадқиқот предмети иншоот материалининг қовушқоқ эластиклик хусусиятларини ва грунтда намликнинг нотекис тарқалишини ҳисобга олувчи ҳамда турли таъсирларда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ва динамик ҳолатини башорат қилишнинг мавжуд математик моделлари, усуллари, алгоритмлари ва ЭҲМ дастурлари ташкил этади.

Тадқиқот усуллари. Тадқиқот жараёнида мумкин бўлган кўчиш принциплари, умумлашган текис-деформация ҳолати учун грунтли иншоотларнинг деформацияланиш жараёнларини ифодаловчи математик моделлаштириш, намликнинг кўчиш жараёнларини ифодаловчи Лаплас ва Пуассон тенгламалари, чекли элементлар усули, Ньюмарк усуллари ҳамда эластиклик ва қовушқоқ-эластикликнинг умумий қонуниятларидан фойдаланилган.

Тадқиқотлар илмий-янгилиги қуйидагилардан иборат:

грунтнинг ноэластиклик хусусияти ва намлигини ҳисобга олган ҳолда турли таъсирларда грунтли тўғонларнинг умумлашган текис-деформацияланиш ҳолатини ифодаловчи математик модел ишлаб чиқилган;

грунтнинг эластик, қовушқоқ-эластиклик ва намлик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда умумлашган текис-деформацияланиш ҳолати учун грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатларини башорат қилиш ва баҳолашнинг усули ва алгоритми ишлаб чиқилган;

чекли элементлар усули асосида грунтли тўғонларнинг танасида намликни тарқалиш масаласининг сонли ечиш усули такомиллаштирилган;

грунт тўғонларнинг динамик ҳолатини баҳолаш усули тўғоннинг хусусий тебраниш шакллари ёйиш ва грунтнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда такомиллаштирилган;

грунтли тўғонларининг умумлашган текис-деформацияланиш ҳолатини ифодаловчи математик моделлар асосида мавжуд Пачкамар, Зомин, Гиссарак тўғонларининг кучланганлик-деформация ҳолатлари ва мустаҳкамликларини баҳолаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижаси қуйидагилардан иборат:

грунтнинг қовушқоқ-эластиклик хусусияти ва намликни бир жинсиз тарқалишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатларини башорат қилиш ва баҳолашнинг математик модели ишлаб чиқилган;

турли таъсирларда ҳамда грунтнинг қовушқоқ-эластиклик хусусияти ва намликни бир жинсиз тарқалишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатини башорат қилиш, баҳолашнинг усули ва алгоритми ишлаб чиқилган;

грунтнинг механик тавсифларини ва бир жинсиз намланишини ҳисобга олган ҳолда турли таъсирлардаги грунтли тўғонларнинг кучланганлик-

деформация ва динамик ҳолатларини баҳолаш учун ЭХМ дастурлари ишлаб чиқилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги. Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги ишлаб чиқилган моделлар, ҳисоблаш усуллари ва ЭХМ дастурлари билан олинган натижалар аниқ ечимга эга бўлган маълум модели масалаларнинг ечимлари билан таққосланган, қаралган масалаларнинг натижалари бир неча мартаба синовдан ўтказилиб амалий жиҳатдан талаб этилган аниқликгача яқинлиги билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти: Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти грунтларнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятлари ва намликни бир жинссиз тарқалишини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ва динамик ҳолатларини башорат қилиш ва баҳолашнинг ишлаб чиқилган математик моделлари, усуллари ва алгоритмлари гидротехника иншоотлари ва деформацияланувчан қаттиқ жисм механикаси объектларини ҳисоблаш жараёнини ривожлантиришга ўзининг ҳиссасини қўшиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти грунтларнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятлари ва намликни бир жинссиз тарқалишини ҳисобга олган ҳолда турли таъсирларда бўлган грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатларини баҳолаш учун ишлаб чиқилган ЭХМ дастурлари лойиҳаланаётган грунтли тўғонларнинг ва ҳозирда фойдаланишда бўлган иншоотларнинг ҳолатларини баҳолаш имконини бериши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Грунтнинг намлигини ва ноэластик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатларини баҳолаш ва прогнозлаш усулларини ишлаб чиқиш бўйича олинган натижалар асосида:

грунтнинг ноэластиклик хусусияти ва намлигини ҳисобга олган ҳолда турли таъсирларда грунтли тўғонларнинг умумлашган текис-деформацияланиш ҳолатини ифодалаш учун ишлаб чиқилган математик модел, ҳисоблаш усули Тўпалонг сув омбори тўғони ва янги лойиҳаланаётган грунтли тўғонлар учун Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги тасарруфига кирувчи «Ўзсувлойиҳа» АЖда жорий этилган (Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2017 йил 21 ноябрдаги 04/27-1285-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижаси грунтли тўғонларнинг мустақамлигини сонли услубда баҳолаш имконини берган.

чекли элементлар усули асосида грунтли тўғонларни намликнинг тарқалиш масаласини такомиллаштирилган сонли ечиш усули Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги тасарруфига кирувчи «UZGIP» АЖга жорий этилган (Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2017 йил 21 ноябрдаги 04/27-1285-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида ишлаб чиқилган сонли усул ва алгоритмлар математик ҳисоблаш ишларининг аниқлигини ошириш имконини берган.

грунтли тўғонларининг умумлашган текис-деформацияланиш ҳолатини ифодаловчи математик моделлар асосида мавжуд Пачкамар, Зомин, Гиссарак тўғонларининг кучланганлик-деформация ҳолатлари ва мустақамликларини

баҳолаш учун ишлаб чиқилган усул Ўзбекистон Республикаси Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлиги тасарруфига кирувчи «Ўзсувлойиҳа» АЖга жорий этилган (Қишлоқ ва сув хўжалиги вазирлигининг 2017 йил 21 ноябрдаги 04/27-1285-сон маълумотномаси). Илмий тадқиқот натижасида ҳозирда фойдаланилаётган ва келгусида қурилиши режалаштирилган сув омборларининг грунтли тўғонларини мустаҳкамлик ва устуворликка текшириш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот натижалари 8 та халқаро ва 31 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган ва мақулланган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация иши мавзуси бўйича жами 58 та илмий ишлар чоп этилган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий Аттестацияси комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 8 та мақола, жумладан 1 таси хорижий журналларда, 7 таси республика журналларида.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертациянинг таркиби кириш, учта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертация ҳажми 118 бетни ташкил этган.

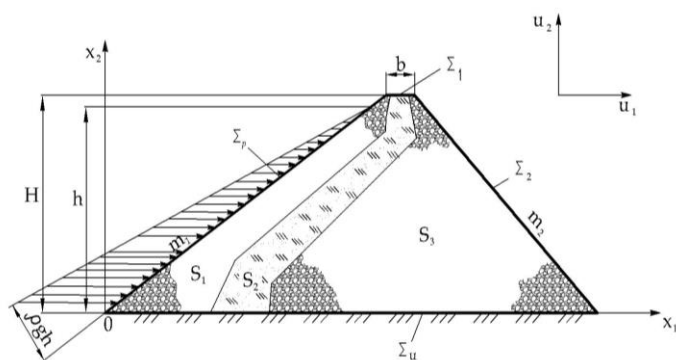
ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг Ўзбекистон ва жаҳонда 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 очиқ берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилинганлиги, нашр этилган илмий ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг биринчи **“Умумлашган текис деформацияланиш ҳолатини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларининг кучланганлик-деформация ҳолатини баҳолаш ва прогнозлаш”** бобида Пачкамар, Зомин, Гиссарак грунтли тўғонларининг реал геометрияси, конструктив тузилиши ва иншоот материалининг бир жинсизлик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда умумлашган текис деформацияланиш ҳолатдаги тўғоннинг хусусий оғирлиги ва гидростатик сув босими таъсири остидаги кучланганлик-деформация ҳолатларини (КДХ) тадқиқ қилиш ва уларнинг мустаҳкамлигини баҳолаш усули ва натижалари келтирилган.

Сув омборларининг гидростатик босимини ҳисобга олиб, грунтли тўғонларнинг хусусий оғирлиги таъсиридаги кучланганлик-деформация ҳолатларини тадқиқ қилишнинг математик модели ва ҳисоблаш усули таклиф қилинган. Бунда иншоот моҳияти жиҳатидан бир жинсиз деб

каралиб, унинг S_n чегараланган қисми турли хил физик-механик ва деформацион хусусиятларига ($S=S_1+S_2+S_3$) эга (1-расм). Юқори ва битта ён томони (Σ_1, Σ_2) зўриқишлардан ҳоли бўлиб, қуйи қисми Σ_u эса бикр қилиб маҳкамланган.



1-расм. Иншоотни текис-деформацияланиш модели

Турли хил статик кучлар таъсиридаги иншоотнинг мувозанатли ҳолатини (1-расм) ифодалаш учун мумкин бўлган кўчиш принциpidан фойдаланиб, умумлашган текис-деформация ҳолатига мувофиқ мумкин бўлган кўчишларда барча фаол кучларнинг бажарган ишларининг йиғиндисини нолга тенглаймиз, яъни:

$$-\int_{S_1} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{S_2} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{S_3} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds + \int_S \bar{f} \delta \bar{u} ds + \int_{\Sigma_p} \bar{p} \delta \bar{u} d\Sigma = 0 \quad (1)$$

унинг кинематик чегаравий шarti:

$$\bar{x} \in \Sigma_u : \bar{u} = 0; \quad \delta \bar{u} = 0. \quad (2)$$

бу ерда $\bar{u} = \{u_1, u_2\}$ - кўчиш вектори; $\varepsilon_{ij}, \sigma_{ij}$ - деформация ва кучланиш тензори компонентлари; $\delta \bar{u}, \delta \varepsilon_{ij}$ - кўчиш вектори ва деформация тензорининг изохрон вариацияси; \bar{p} - сувнинг гидростатик босими; \bar{f} - масса кучлари вектори.

Тўғонга сувнинг гидростатик босими Σ_p қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\bar{p} = \rho_0 g (h - y) \quad (3)$$

бу ерда ρ_0 - сув зичлиги; g - эркин тушиш тезланиши; $(h - y)$ - тўғоннинг босим чегарасидаги нукта чуқурлиги.

Тўғон танасининг ҳар бир соҳасидаги (S_1, S_2, S_3) материалнинг физик хусусиятларини ифодалаш учун: ε_{ij} деформацияларга эга σ_{ij} кучланиш тензори компонентларини боғловчи умумлаштирилган текис-деформация ҳолати учун Гук қонунидан фойдаланилади.

Кўриб чиқиладиган масала чекли элементлар усулини қўллаган ҳолда ечилиб, элементлар ичидаги кўчиш майдонини чизикли аппроксимацияга эга бўлган учбурчакли чекли элементдан фойдаланилади. Чекли элементли дискретизациялашдан кейинги масала N -ли тартибли алгебраик тенгламалар системасига келтирилади:

$$[K] \{u\} = \{F\} \quad (4)$$

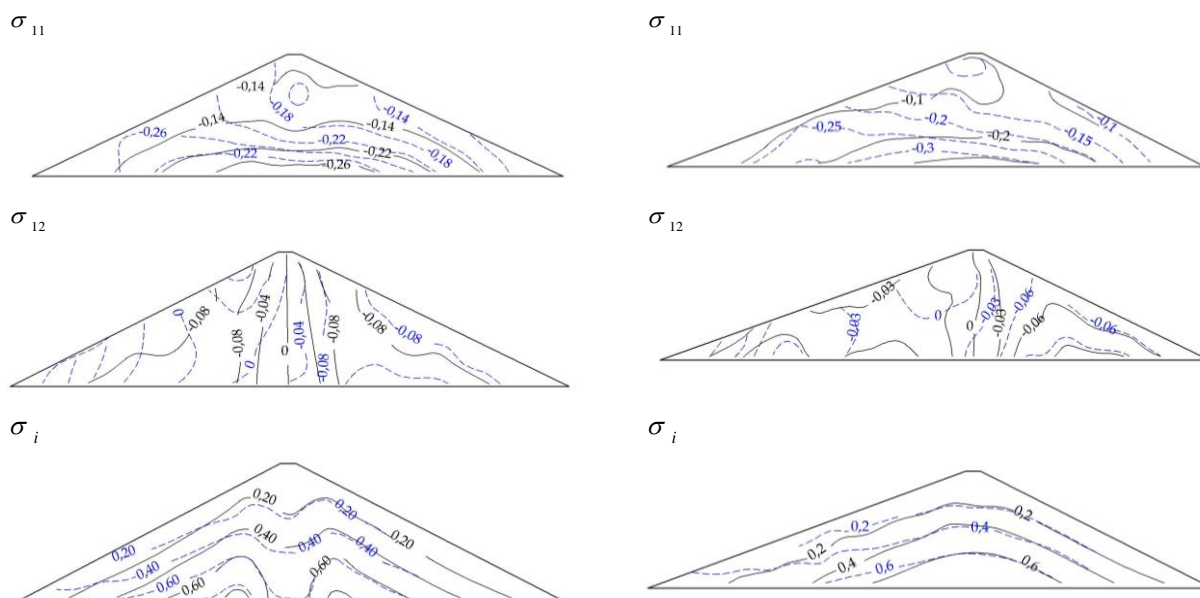
бу ерда: $[K]$ - иншоот умумий бикрлик матрицаси; $\{F\}$ - иншоотнинг тугун нуқталарига қўйилган (яъни масса кучи ва гидростатик босимдан) ташқи юк вектори; $\{u\}$ - иншоотнинг аниқланаётган тугунли кўчиш вектори.

Ҳосил қилинган (4) алгебраик тенгламалар системаси Гаусс усули билан ечилади.

Пачкамар, Зомин ва Гиссарак грунтли тўғонларининг конструктив хосликлари ва грунтларининг бир жинсиз механик тавсифларини ҳисобга олиб, сув омборини турли хил сатҳларда тўлдирилиши ва гидростатик босим таъсирида тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатлари тадқиқ қилинган.

2, 3-расмларда сув омборини тўлиқ ва ярим тўлдирилган ҳолатларда бир жинсиз Пачкамар (ядроли), Зомин (экранли) тўғонлари учун нормал - σ_{11} (а), уринма- σ_{12} (б) ва интенсив кучланишлар- σ_i (в)нинг тақсимланиши келтирилган.

Сув омбори сув билан ярим тўлдирилганда гидростатик сув босими юқори таянч призмада қайта тақсимланади. Бунда юқори призманинг ён бағирли зонаси яқинида (яъни: гидростатик босимнинг мавжуд қисмида) кучланишнинг тензор компонентлари σ_{11} (5-40% га), σ_{22} (5-30% га), σ_{12} (15-35% га) ва интенсив кучланиш σ_i (5-10% га) ортади. Тўғоннинг ўрта қисмида ва ядро зонаси яқинида кучланишнинг тақсимланиши тўғоннинг кучланганлик деформация ҳолатини деярли ўзгартирмайди. Сув омбори сув билан максимал тарзда тўлдирилганда, тўғоннинг кучланганлик деформация ҳолатини кучли ўзгартиради ва кучланишни тақсимланишининг симметрик тавсифи бузилади. Бунда юқори таянч призмада кучланиш компонентларининг миқдори ортади, яъни: σ_{11} (15-60% га), σ_{22} (10-45% га), σ_i (10-30% га), σ_{12} эса сувсиз ҳолатга нисбатан деярли 2-3 мартага, интенсив кучланиш эса - σ_i (10-30% га) ортади.



Сув омбори тўла тўлдирилган ҳолатдаги σ_{11} - нормал, σ_{12} - уринма ва σ_i - интенсив кучланишлар: ----- сувнинг гидростатик босими ҳисобга олинган; ——— гидростатик босим ҳисобга олмаган.

2-расм. Пачкамар тўғони кучланишларининг тенг даражадаги тақсимланиш изочизиклари

3-расм. Зомин тўғони кучланишларининг тенг даражадаги тақсимланиш изочизиклари

Хусусий оғирлик таъсиридаги (гидростатик босимни ҳисобга олмаган) соз тупроқли экранга эга грунтли тўғоннинг кучланганлик-деформация ҳолатида σ_{11} , σ_{22} , σ_{12} кучланиш компонентлари ва σ_i интенсив кучланишнинг симметрик кўринишда тақсимланади. Сув омбори сув билан тўлик тўлдирилганда гидростатик босим кучланишларнинг ташкил этувчиларини тавсифиларини кучли ўзгартиради. Гидростатик босим ҳисобига тўғоннинг юқори қисмларида кучланиш компонентларининг миқдори ортади, яъни: σ_{11} (10-60% га), σ_{22} (5-45% га), σ_{12} (10-50% га) ва интенсив кучланиш σ_i (10-25% га) ортади. Гидростатик босимдан ҳоли бўлган қисмларда эса тўғоннинг кучланганлик деформация ҳолатларининг характери деярли ўзгармайди (3-расм).

Баланд Гиссарак грунтли тўғонининг кучланганлик деформация ҳолати тадқиқотидан кўрнадики, натижалар сифат жиҳатидан Пачкамар тўғонининг кучланганлик-деформация ҳолати тавсифини такрорлайди. Фарқ асосан кучланганлик ўзгаришининг миқдорий тавсифидан иборат бўлади.

Грунтли иншоотнинг мустаҳкамлигини баҳолашда грунт массиви мувозанатининг бузилиши унинг устуворлигини йўқотилиш оқибати ҳисобланиб (пластик деформацияни ортиши эътиборга олинмаяпти) ва грунт массиви бузилиши массивнинг битта қисмини бошқа қисмга нисбатан силжиши ҳисобига содир бўлиши, чегаравий-мувозанат ҳолати шарти асосий кучланганлик тўғри чизикли эгилувчи доира кўринишида қабул қилиниши тахмин қилинади. Мустаҳкамлик захирасининг коэффиценти грунт иншоотининг ҳар бир нуқтасидаги нисбат билан аниқланади:

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

Бу коэффицентни бутун иншоот бўйлаб ва ён бағир зоналари бўйича тақсимланишининг тўлик манзарасининг ифодасини олиш зоналар мавжудлиги, ўлчамлари ва жойлашувини ўрнатиш имкониятини бериб, улардан қуйидаги учта шартлардан биттаси бажарилади: $K > 1$ -иншоотнинг бу соҳасида мустаҳкамлик захираси бўлади, яъни чегаравий ҳолатгача бўлади; $K = 1$ - грунт чегаравий мувозанат ҳолатида бўлади; $K < 1$ -грунтнинг мустаҳкамлиги иншоотнинг мазкур участкасида бузилган бўлади ва ноустуворликнинг маҳаллий зонасини ҳосил қилади.

(5) шарт грунт массивининг турли хил нуқталаридаги топилган кучланганлик ҳолати бўйича чегаравий ҳолатни бир хил текшириш ва сирпаниш майдони ҳолатини аниқлаш имкониятини беради. Сув омбори сув билан турли хил даражаларда тўлдирилганда иншоотнинг хусусий оғирлиги таъсири остидаги тўғонларнинг амалдаги геометрик ўлчамлари, конструктив ўзига хосликларини ҳисобга олиб, Пачкамар, Зомин ва Гиссарак грунтли тўғонлари учун олинган кучланганлик ифодаларидан σ_{11} , σ_{12} , σ_{22} , σ_1 , σ_2 , τ_{\max} фойдаланиб, (5) формула бўйича уларнинг мустаҳкамликлари баҳоланади.

Олинган натижаларнинг таҳлили кўрсатадики, статик таъсирларда (хусусий оғирлик ва гидростатик босим таъсири остида) кўриб чиқиладиган

тўғоннинг мустаҳкамлиги, шунингдек уларнинг ён бағирларининг мустаҳкамлиги таъминланган (изочизикларда келтирилган рақамлар “К” мустаҳкамлик заҳираси ифодасини кўрсатади). Бунда олинган натижалар бўш сув омборининг ёнбағир зоналарининг мустаҳкамлиги тўлдирилганга қараганда камлигини кўрсатади. Ён бағир зоналарда мавжуд гидростатик сув босими қарама-қарши йўналишда уринма ва нормал кучланиш, яъни: σ_{12} ва σ_{11} ни ҳосил қилади. Бу кучланишлар ўз навбатида хусусий оғирлик таъсирида тўғон танасида юзага келадиган кучланишларни ушлаб туради.

Диссертациянинг иккинчи **“Намликнинг тарқалишини ҳисобга олиб, грунтли тўғоннинг кучланганлик-деформация ҳолати ва мустаҳкамлигини баҳолаш ва прогнозлаш”** боби сув омбори суви билан бевосита контактда бўлган тўғоннинг юқори қиялигидан намликнинг тўғон танасида тарқалиши натижасида кучланганлик-деформация ҳолатининг трансформациясини баҳолаш ва масалаларни ечиш усулини ишлаб чиқишга бағишланган. Усулда асос сифатида грунт массивининг чекли элемент дискретизацияси олинган.

Тўғон танасидаги фильтрация жараёнини моделлаштириш учун Лаплас ва Пуассон тенгламаси ҳисобланган умумий кўринишдаги квазигармоник тенгламаси билан тасвирланадиган ғовак муҳит орқали, намлик фильтрациясидан фойдаланамиз. Бундай ҳолатда номаълум физик қийматлар w , яъни намланганликнинг ҳолатини ифодаловчи текис масалалар учун квазигармоник тенглама куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial w}{\partial y} \right) + (Q^* - \mu \frac{\partial w}{\partial t}) = 0. \quad (6)$$

Сўнгги кўшилувчини ҳисобга олиш билан намликнинг тўғон танаси бўйлаб тарқалиши ҳақидаги динамик масалага –фильтрация масаласига олиб келинади. Бу ерда: $w(t,x,y)$ – кўриб чиқиладиган соҳадаги номаълум бир хил намлик функцияси; k_x, k_y – координаталар ва вақтнинг маълум функциясини ифодаловчи фильтрация коэффицентлари; Q^* – тўғон танасидаги намлик манбалари қувватини ифодаловчи координата ва вақтнинг маълум функцияси; μ – намланишнинг солиштирма коэффиценти; \bar{p}_c - сувнинг гидростатик босими.

Масаланинг қўйилишини аниқлаштириш учун юқори қияликнинг қуйи қисми $S_p = \sum_p$ сув омборини тўлдириш даражасигача h максимал тарзда намланган деб ҳисоблаймиз (1-расм). Намланганликнинг максимал даражаси $w_{max} = 0,38$ ни ташкил қилади. Шунинг учун тўғоннинг S_p қисмидаги чегаравий шарт w функцияси учун куйидагича бўлади:

$$\bar{x} \in S_p : w = w_{max} \quad (7)$$

Чегаранинг қолган участкаларида куйидаги шарт бажарилиши керак:

$$k_x \frac{\partial w}{\partial x} l_x + k_y \frac{\partial w}{\partial y} l_y + \alpha w = 0, \quad (8)$$

бу ерда: l_x, l_y – ташқи нормалнинг чегаравий юза қисмга йўналтирувчи косинуслар; αw – конвекция йўли билан намлик йўқолиши.

$k_x=k_y$, ва $\alpha=0$ бўлганда (8) шарт чегарадан ўтиб бўлмасликнинг маълум шартига олиб келинади (тўғоннинг намланмайдиган асоси)

$$\bar{x} \in \Sigma_u : \frac{\partial w}{\partial n} = 0, \quad (9)$$

$\alpha \neq 0$ бўлганда эса чегара (асос) намланадиган ҳисобланади.

(6) – (8) даги ҳамма коэффициентлар (k_x, k_y, Q^*) доимий бўлади, ёки координата ва вақтнинг берилган функциялари ҳисобланади. (6) тенглама куйидаги шартларга эга функция учун бошланғич ва (7) – (8) чегаравий шартлар билан биргаликда

$$w(t=0)=w_0 \quad (10)$$

маълум вақт оралиғидаги масаланинг ечимини бир хил аниқлайди.

Грунтда намликнинг тарқалиши ҳақидаги масалани ечиш учун чекли элементлар усулидан (ЧЭУ) фойдаланилади, шунинг учун тўғон грунгида намлик тарқалишини ифодаловчи физик интерпретация, математик жиҳатидан дифференциал тенгламага эквивалент бўлган функционални куриш зарур.

Дифференциал тенгламага (6) эквивалент функционал куйидаги кўринишга эга

$$w = \int_S \left[\frac{1}{2} \left\{ k_x \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right\} - Qw \right] ds, \quad (11)$$

бу ерда: $Q=Q^* - \mu \frac{\partial w}{\partial t}$.

Функционал минимизацияси учун ЧЭУ процедурасидан фойдаланиш (11) кўриб чиқиладиган вариацион масалани биринчи тартибдаги оддий дифференциал тенгламанинг куйидаги системасига келтиради:

$$[K] \{w(t)\} + [C] \frac{d}{dt} \{w(t)\} + \{F(t)\} = 0, \quad (12)$$

бу ерда: $[K]$ ва $[C]$ – намлик тарқалиши ва бикрлик матрицаси; $\{F\}$ – тугунлар бўйича мос келувчи элементлар матрицасини $[k]^e$, $[c]^e$ ва $\{f\}^e$ бирлаштириш билан шакллантирувчи бутун тизимнинг куч вектори.

Дифференциал тенглама (12) системаси ечими биринчи тартибдаги оддий дифференциал тенглама системаси ечимига мослаштирилган Ньюмаркнинг кадамли методи билан амалга оширилади.

Аниқ вақт momentiдаги масалани ечишда намлантирилган грунтнинг физик-механик параметрлари тўғон нуқталаридаги намланганликка W мувофиқ куйидаги формулалар бўйича аниқланади:

$$\mu_n = 0,096 \exp(4,02(1 - w/w_{\max})), \quad (13)$$

$$K_n = 0,5 \exp(2,5(1 - w/w_{\max})),$$

$$\rho_n = 0,00176(1+w). \quad (14)$$

бу ерда: μ_n - силжиш модули; K_n – ҳажмий сиқилиш модули; ρ_n - грунт зичлиги; $n=1,2,3$ индекс мазкур параметр тегишли бўлган соҳа рақамини (s_1, s_2, s_3) англатади.

Грунтда намлик тарқалиши тўғрисидаги бошланғич шартга эга (10) вариацион масала (11) асосида ЧЭУ ни биринчи тартибдаги дифференциал тенгламалар системаси учун масалани ечимига олиб келамиз (юқорида кўрсатилган каби), яъни:

$$[C] \{\dot{w}(t)\} + [K] \{w(t)\} + \{F(t)\} = 0 \quad (15)$$

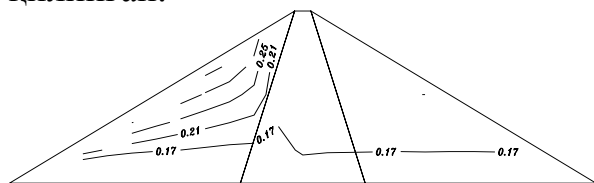
қуйидаги бошланғич шартлар билан

$$\{w(0)\} = 0. \quad (16)$$

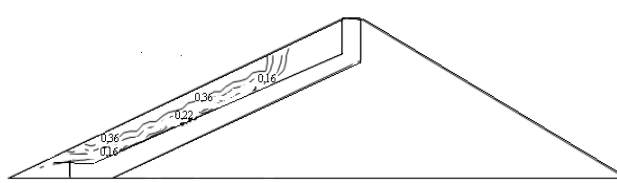
Мазкур масалани ечиш натижасида, t - вақтда тўғон танасидаги намлик тақсимланиши майдонига эга бўламиз. Тўғон танаси бўйича намликнинг мазкур тақсимотини кейин ҳисобга олиб, t -вақт momentiда грунтнинг юқорида олинган бир жинссиз намланишини ҳисобга олиб, тўғоннинг ҳар бир нуқтасидаги кучланиш $\sigma_{ij}(\bar{x})$ ва силжишни $\bar{u}(\bar{x})$ баҳолаш бўйича масала ечилади.

Грунтли (Пачкамар, Гиссарак ва Зомин) тўғонлар учун мазкур масалани ечишда ядро ва экрандаги грунт фильтрацияси коэффициентлари $k_x=k_y=0.01$ м/суткага тенг қилиб қабул қилинади. Таянч призмаларига $k_x=k_y=2$ м/суткага тенг фильтрация коэффициентларига эга кумлоқ-шағал, кумлоқ грунтдан тўкилган. Юқори ёнбағир қисми сув омборини тўлдириш даражасига мувофиқ келувчи нормал димланган сатҳгача бўлган бошланғич намлик $w_0 = 0.38$ га тенг, тўғоннинг қолган қисми оптимал намликка $w_{\text{опт}} = 0.17$ эга.

Асоснинг сув ўтказувчан ва сув ўтказмаслигини ҳисобга олиб, сув омборини турлича тўлдирилганда вақт бўйича Пачкамар (4-расм) ва Зомин (5-расм) тўғоларининг танаси бўйича намликнинг тарқалиши тадқиқ қилинган.



4-расм. Сув омбори $h=63$ м даражасигача тўлдирилгандан сўнг 28 сутка ичида Пачкамар тўғони танасида намликнинг тарқалиши



5-расм. Сув омбори $h=63$ м даражасигача тўлдирилгандан сўнг 28 сутка ичида Зомин тўғони танасида намликнинг тарқалиши

Олинган натижалардан кўринадики, юқори ёнбағирнинг катта қисмини сув билан намланиши давомийлиги, яъни намликнинг тарқалиши шакли бўйича эгри депрессияга яқинлашади. Бунда аста-секинлик билан тўғоннинг юқори ёнбағри тўлиқ намланади. Буни $w=0.21$ намликка эга чизиклар ҳолати бўйича кузатиш мумкин бўлиб, улар вақт ўтиши билан ядронинг юқори ёнбағри чегарасига яқинлашади. Ядронинг ва қуйи ёнбағирнинг марказий қисми намлиги оптимал ($w=0.17$ намланганликка эга чизиклар) даражада қолади.

5-расмдаги юқори даражада намлик чизиклари сув муҳити билан чегараланувчи тўғоннинг юза қисми яқинида жойлашади. Бунда контакт юза қисмининг ортиши бир хил вақт интервалида тўғон ичидаги намликнинг катта фильтрациясига олиб келади. Экраннинг ўнроқ томонида жойлашган тўғон соҳаси бошланғич намлик шароитида, яъни $w=0.16$ дан ортмаган ҳолатда қолади.

Пачкамар сув омборини тўлдириш ёнбағирдаги гидростатик босим ҳисобига ҳам, тўғон танаси бўйлаб намлик тарқалиши ҳисобига ҳам кучланганлик майдонининг симметрик тасвирланишини янада ҳам ўзгартиради. Зомин тўғонида экран грунтда намлик тарқалишига қаршилик қилади. Унинг устида йиғилган суюқлик юқори ёнбағир зонасидаги статик юкни орттиради ва бу ерда сиқилишдаги кучланиш ортади. Эркин сув юза қисмида мустаҳкамлик $K \leq 1$ заҳира коэффициентига эга зона Пачкамар тўғонида кузатилгани каби шаклланади.

Диссертациянинг учинчи «**Грунтнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятларини ҳисобга олиб, грунтли тўғонларнинг динамик тавсифи ва динамик ҳолатини баҳолаш ва прогнозлаш**» бобида грунтнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятларини ҳисобга олиб, грунтли тўғонларнинг динамик тавсифи ва динамик ҳолатини баҳолаш учун математик модель, ечиш усуллари ва ҳисоблаш алгоритмлари келтирилган. Грунтнинг бир жинсиз эластиклик ва қовушқоқ-эластиклик тавсифлари ва иншоотнинг конструктив ўзига хос хусусиятларини ҳисобга олиб, баландлиги бўйича турлича бўлган грунтли тўғонларнинг динамик тавсифлари ва динамик ҳолатлари тадқиқ қилинган.

Иншоотнинг динамик тавсифларини аниқлашда конструктив ўзига хос хусусиятлар, иншоотнинг бир жинсизлиги, материалнинг ноэластиклик хусусиятлари ва ҳақиқий геометрияси ҳисобга олиниб, конструкциянинг хусусий тебраниши тадқиқ қилиниши зарур. Хусусий тебранишини кўриб чиқишда иншоотнинг ҳамма нуқталари (1- расм) бир хилдаги гармоник қонуният бўйича, лекин турли хил амплитудалар билан тебраниши яъни координаталар функциялари ҳисобланиши таҳлил қилинади:

$$\vec{u}(\vec{x}, t) = \vec{u}^*(\vec{x})e^{-i\omega t}; \quad \vec{u} = \{u_1, u_2\} = \{u, v\}, \quad \vec{x} = \{x_1, x_2\} = \{x, y\} \quad (17)$$

$\{u_1, u_2\}$ ёки $\{u, v\}$ - иншоот нуқталарининг мос тарздаги вертикал ва горизонтал кўчиши.

Грунтли тўғонларнинг хусусий тебраниши ҳақидаги масалани қўйиш учун мумкин бўлган кўчишлар принципидан фойдаланилади, унга мувофиқ системада мавжуд инерция кучидан тортиб, ҳамма фаол кучларнинг бажарган ишларининг йиғиндиси нолга тенг бўлади, яъни:

$$\begin{aligned} \delta A = & - \int_{s_1} \sigma_{ij}^* \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_2} \sigma_{ij}^* \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_3} \sigma_{ij}^* \delta \varepsilon_{ij} ds + \\ & + \omega^2 \left(\int_{s_1} \rho_1 \ddot{u}^* \delta \bar{u}^* ds + \int_{s_2} \rho_2 \ddot{u}^* \delta \bar{u}^* ds + \int_{s_3} \rho_3 \ddot{u}^* \delta \bar{u}^* ds \right) = 0 \end{aligned} \quad (18)$$

$$\vec{x} \in \sum_n : \delta \vec{u}^* = 0$$

бу ерда: ω , $\vec{u}^*(\vec{x})$ - мос тарзда иншоот тебранишининг хусусий частотаси ва шакли; σ_{ij}^* - кучланиш амплитудаси.

ЧЭУ фойдаланиб (18) вариацион тенгламани бутун иншоот учун хусусий ифодасида алгебраик тенгламалар системасига келтиради (1- расм):

$$([K] - \omega^2 [M])\{z\} = 0 \quad (19)$$

бу ерда: $[K]$ - бикрлик матрицаси, $[M]$ - иншоот массасининг матрицаси, ω - хусусий частота, а $\{z\}$ - иншоотнинг хусусий частотасига мос келувчи хусусий вектор. Пачкамар, Зомин ва Гиссарак грунтли тўғонларининг эластиклик деформацияланиш ҳолатлари учун хусусий тебраниш частотаси ва шакли аниқланиб, турли хил динамик таъсирларда иншоотларнинг динамик ҳолатларини баҳолашда зарурдир. Бунда иншоотнинг конструктив ўзига хосликлари, геометрияси ва материалнинг физик-механик тавсифлари ҳисобга олинади.

Пачкамар ва Зомин тўғонлари тебранишининг хусусий частоталарининг биринчи ўнтасининг таҳлилидан кўринадики, уларнинг частоталари юқори частотали соҳанинг 3,1-10,9 Гц (кенг) диапазонида ётади. Баланд Гиссарак тўғонида эса унинг асосий тебраниш шакли паст частотали соҳанинг нисбатан зич 1,9-5,6 Гц диапазонидадир. Ҳамма тўғонлар учун акс этадиган асосий шакллар марказий кесимнинг силжишига эга тўғоннинг вертикал деформацияси ҳисобланади (биринчи шакл), тебранишнинг иккинчи ва учинчи шакллари мураккаб ён бағир деформацияси эга марказий кесимни акс эттиради ва бошқалар.

Масалани математик қўйиш учун мумкин бўлган кўчиш принципидан фойдаланилади, яъни:

$$\begin{aligned} \delta A = & - \int_{s_1} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_2} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_3} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_1} \rho_1 \ddot{u} \delta \bar{u} ds - \\ & - \int_{s_2} \rho_2 \ddot{u} \delta \bar{u} ds - \int_{s_3} \rho_3 \ddot{u} \delta \bar{u} ds + \int_s \bar{f} \delta \bar{u} ds + \int_{\Sigma_p} \bar{p} \delta \bar{u} d\Sigma = 0 \end{aligned} \quad (20)$$

кинематик чегаравий шартлар

$$x \in \Sigma_u : \vec{u}_o(\vec{x}, t) = \vec{\psi}_1(t) \quad (21)$$

Коши муносабатлари ва қовушқоқ-эластикликнинг чизиқли назариясининг физик муносабатлари, яъни:

$$\begin{aligned} \sigma_{11} = & K(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu \left[\frac{1}{3}(2\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22}) - \frac{1}{3} \int_{-\infty}^t \Gamma(t-\tau)(2\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22}) d\tau \right] \\ \sigma_{22} = & K(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu \left[\frac{1}{3}(2\varepsilon_{22} - \varepsilon_{11}) - \frac{1}{3} \int_{-\infty}^t \Gamma(t-\tau)(2\varepsilon_{22} - \varepsilon_{11}) d\tau \right] \\ \sigma_{12} = & \mu \left[\varepsilon_{12} - \int_{-\infty}^t \Gamma(t-\tau)\varepsilon_{12} d\tau \right] \end{aligned} \quad (22)$$

Бу ерда $\bar{\psi}_1(t)$ вақтнинг даврий функцияси, $K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$ - лаҳзали эластикликнинг ҳажмий модули, $\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}$ - лаҳзали эластикликнинг силжиш модули, E, ν - эластикликнинг лаҳзалик модули ва Пуассон коэффициенти. (20), (22), масалаларни ечишда, Коши муносабатларини эластик масаланинг тебранишларини хусусий шакллари бўйича қуйидаги кўринишда ечамиз, яъни:

$$\bar{u}(\bar{x}, t) = \bar{u}_o(\bar{x}, t) + \sum_{k=1}^N \bar{u}_k^*(\bar{x}) y_k(t); \quad \delta \bar{u} = \sum_{k=1}^N \bar{u}_k^*(\bar{x}) \delta y_k(t) \quad (23)$$

бу ерда: $\bar{u}_o(\bar{x}, t)$ -масаланинг четки шартларини қониқтирувчи маълум функция (21); $\bar{u}_k^*(\bar{x})$ -эластиклик иншоот учун хусусий тебраниш шакли; $y_k(t)$ -қидирилаётган вақт функцияси; $\delta y_k(t)$ -ихтиёрый константлар, N-(23) ни ёйилишидан олинган хусусий тебраниш шакллари сони. Ҳал этувчи тенгламага эга бўлиш учун кўчишнинг ҳар бир компоненти учун алоҳида тарзда (23) ифодани ёзиб чиқамиз:

$$u_1(x_1, x_2; t) = \psi_1(t) + \sum_{k=1}^N u_{1k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t); \quad u_2(x_1, x_2; t) = \psi_2(t) + \sum_{k=1}^N u_{2k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t) \quad (24)$$

$$\delta u_1(x_1, x_2; t) = \sum_{k=1}^N u_{1k}^*(x_1, x_2) \cdot \delta y_k(t); \quad \delta u_2(x_1, x_2; t) = \sum_{k=1}^N u_{2k}^*(x_1, x_2) \cdot \delta y_k(t) \quad (25)$$

ва улар орқали Коши муносабатини ифодалаймиз:

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N u_{1k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t); \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial}{\partial x_2} \sum_{k=1}^N u_{2k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t) \quad (26)$$

$$\varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left[\frac{\partial}{\partial x_2} \sum_{k=1}^N u_{1k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t) + \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N u_{2k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t) \right]$$

$$\delta \varepsilon_{11} = \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N u_{1k}^* \delta y_k(t); \quad \delta \varepsilon_{22} = \frac{\partial}{\partial x_2} \sum_{k=1}^N u_{2k}^* \delta y_k(t) \quad (27)$$

$$\delta \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left[\frac{\partial}{\partial x_2} \sum_{k=1}^N u_{1k}^* \delta y_k(t) + \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N u_{2k}^* \delta y_k(t) \right]$$

(20) ни (24)-(27) орқали ифодалаш, аниқланаётган кучланиш $y_k(t)$ функция орқали мос келувчи соддалаштиришлардан сўнг қидирилаётган функцияга нисбатан чизиқли интегро-дифференциал тенгламалар системасига қуйидаги кўринишда эга бўламиз

$$M_{ik} \ddot{y}_k(t) + K_{ik} y_k(t) - C_{ik} \int_{-\infty}^t \Gamma(t-\tau) y_k(\tau) d\tau = f_{1i} \ddot{\psi}_1(t) + f_{2i} \ddot{\psi}_2(t) \quad (28)$$

Интегро-дифференциал тенгламалар (28) системаси даврий кинематик таъсирларда грунтнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятларини ҳисобга олиб, грунтли тўғонларнинг динамик ҳолатини тасвирлайди.

Материалнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятларини тасвирлашда М.А.Колтуновнинг 3 та параметрик ядроларидан фойдаланилади.

$$\tilde{A}(t) = Ae^{-\beta t} t^{\alpha-1} \quad (29)$$

бу ерда: A, α, β - грунтнинг экспериментал кўчишидан аниқланадиган релаксация ядроси параметрлари; $\Gamma(\alpha)$ - гамма функцияси.

Иншоот асосидаги даврий кинематик таъсирларда грунтли тўғонларнинг турғун мажбурий тебранишларини тадқиқ қилиш натижалари келтирилган:

$$\vec{x} \in \Sigma_u : \begin{cases} u_{10}(t) = B \exp(-i\Omega t) \\ u_{20}(t) = C \exp(-i\Omega t) \end{cases} \quad (30)$$

бу ерда: B, C -амплитудалар, Ω - кинематик таъсир частотаси.

Учта грунтли тўғонларнинг кучланиш компонентлари ва u, v кўчишларнинг амплитуда-частота тавсифларининг натижалари аниқланди. Олинган натижаларнинг таҳлилидан кўрнадики, ҳар бир кўриб чиқилган нуқталарда энг катта горизонтал кўчишлар биринчи резонансда бўлиши аниқланган, вертикал кўчиш эса юқори частоталарда максимумга эришади. Иншоот тебранишининг хусусий шаклининг ўзгариши, ўз навбатида иншоотнинг кучланганлик-деформация ҳолатини ўзгаришига кучли таъсир қилади. Кўриб чиқилган нуқталардаги энг катта кучланиш (тўғоннинг хусусий тебранишига мос келувчи частоталар) ω_3 ва ω_3 диапазондаги частоталарга эга мажбурий таъсирларда юзага келади.

Х У Л О С А

«Грунтнинг намлигини ва ноэластик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатларини баҳолаш ва прогнозлаш усуллари ишлаб чиқиш» мавзусидаги докторлик (PhD) диссертацияси бўйича ўтказилган тадқиқотлар асосида куйидаги хулосалар тақдим қилинган:

1. Турли хил таъсирлар остидаги грунтнинг намланганлик ва ноэластиклик хусусиятларини ҳисобга олиб, умумлашган текис-деформация ҳолатлари учун грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатини баҳолаш ва прогнозлаш имкониятини беради.

2. Ишлаб чиқилган ҳисоблаш усуллари ва ЭХМ учун қатор дастурлар иншоотнинг умумлашган текис-деформация ҳолати ҳамда грунтнинг намланган ва қовушқоқ-эластиклик хусусиятларини ҳисобга олиб грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатини баҳолаш ва прогнозлаш имкониятини беради.

3. Ишлаб чиқилган сонли усуллар чекли элементлар усули билан грунтли тўғонларда намликнинг тарқалиши масалаларини ечишнинг имконини беради

4. Ишлаб чиқилган моделлар, ҳисоблаш усуллари ва ЭХМ дастурлари билан олинган натижалар аниқ ечимга эга бўлган маълум модели масалаларнинг ечимлари билан таққослаш имконини беради.

5. Иншоотнинг конструктив ўзига хос хусусиятлари ва грунтнинг бир жинссиз эластиклик хусусиятларини ҳисобга олиб, сув омборини сув билан турли даражада тўлдирилганда сувнинг гидростатик босими ва тўғоннинг хусусий оғирлиги таъсирида Пачкамар, Зомин ва Гиссарак грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолатини ва мустаҳкамликларининг баҳолашнинг имконини беради.

6. Бўш сув омбори тўғонининг юқори қиялигининг мустаҳкамлигини захираси коэффиценти сув омборини тўлдирилган ҳолатга қараганда кам бўлиши аниқланди. Бу мавжуд гидростатик сув босими билан хусусий оғирликнинг таъсирида тўғоннинг ёнбағир қисмларида юзага келувчи кучланишларни ушлаб қолиши билан изоҳлаш имконини беради.

7. Максимал уринма кучланишнинг максимал қиймати тўғоннинг юқори қисмида юзага келиши аниқланди, бу ерда иншоотнинг сув билан контакти тугаши, грунтли тўғонлар учун мақсадга мувофиқ эмаслиги, чунки бундай қисмларда динамик таъсирлар тўғонни ён томондан силжишини ва грунтни сиқиб чиқаришини юзага келтириш имкониятини беради.

8. Сув омбори вақт бўйича сув билан турлича тўлдирилганда тўғон асосининг сув ўтказадиган ва ўтказмайдиган ҳолатлари бўйича грунтли тўғонларнинг танасида намликнинг тарқалиш имкониятини яратади.

9. Сув омборини тўлдириш даражаси, вақт ўтиши билан грунтнинг намлилиги ва физик-механик тавсифларининг ўзгаришини ҳисобга олиб грунтли тўғонларнинг кучланганлик-деформация ҳолати ва мустаҳкамликларини баҳолаш ҳамда башоратлаш имкониятини беради.

10. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида қуйидагилар аниқланди:

- сув омборини сув билан тўлдириш даражасида боғлиқ ҳолда қияликнинг юқори қисмида мустаҳкамликнинг захира коэффицентини 1 дан кичик майдончасини шакллантириш ва бунинг ҳисобига бу ерда юзага келган чўзилишдаги кучланишни ортиш имконини беради;

-1 дан кичик бўлган мустаҳкамликнинг захираси коэффицентига эга майдон вақт ўтиши билан юқори томон йўналишда тўғон қиррасигача ортиб боради;

-сув омбори сув билан юқори даражада тўлдирилганда марказий ядрога тўғон учун 1 дан кичик мустаҳкамликнинг захираси коэффицентига эга майдон тўғоннинг қирра олди қисмларини қамраб олади;

-ҳимоя экранининг мавжудлиги қуйи ён бағирда 1 дан кичик мустаҳкамликнинг захираси коэффицентига эга зоналарнинг пайдо бўлишига қаршилик қилади;

11. Грунтнинг қовушқоқ-эластиклик хусусиятларини ҳисобга олиб, стационар кинематик таъсирларда Зомин грунтли тўғонининг динамик

ҳолати ва кучланганлик-деформация ҳолатини тадқиқ қилиш қуйидагиларни аниқлаштириш имкониятини берди:

-энг катта горизонтал кўчиш биринчи, вертикал эса энг юқори резонанс частоталарда яъни тўртинчигача бўлган частоталарда юзага келиши мумкин;

-ташқи таъсир частоталарини хусусий частоталарининг зич спектори билан мос келиши иншоотнинг кўпгина жойларида энг катта (хавфли) кучланганликнинг пайдо бўлишига олиб келади, бу ўзаро таъсир кўрсатувчи яқин частоталар билан тебранишнинг хусусий шакллари резонансда ягона юқори нуқтани ҳосил қилади.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSC.27.06.2017.Т.10.02 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ИНСТИТУТЕ ИНЖЕНЕРОВ ИРРИГАЦИИ И
МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

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

ЮЛДОШЕВ БАХТИЁР ШОДМОНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН С УЧЕТОМ ВЛАЖНОСТНЫХ И
НЕУПРУГИХ СВОЙСТВ ГРУНТА**

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

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

Ташкент – 2018

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № В2018.2PhD/Т.229.

Диссертация выполнена в Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства

Автореферат диссертации 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.ziynet.uz)

Научные руководители: Султанов Тахиржан Закирович
доктор технических наук, доцент.
Мирсаидов Мирзиёд Мирсаидович
доктор технических наук, профессор, академик

Официальные оппоненты: Махмудов Илхом Эрназарович
доктор технических наук
Исмойилов Купаймурот
доктор технических наук

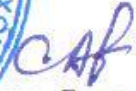
Ведущая организация: Ташкентский архитектурно-строительный институт

Защита диссертации состоится 21 июня 2018 года в 14⁰⁰ часов на заседании Разового научного совета при Научном совете DSC.27.06.2017.Т.10.02 при Ташкентском институте инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова, 39. Тел./факс: тел.:(99871)237-19-61, 237-22-09, факс: (99871)237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

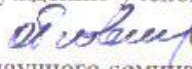
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства. (зарегистрировано № 10 Адрес: 100000, г. Ташкент, ул. Кары-Ниязова, 39. Тел./факс: тел.:(99871)237-19-45, e-mail: admin@tiame.uz).

Автореферат диссертации разослан « 9 » июня 2018 года
(реестр протокола рассылки № 16 от « 9 » июня 2018 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.


О. Я. Гловацкий
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 связи с применением построенных в мире более 800 тысяч грунтовых плотин, являющихся объектами энергетики и ирригации особое внимание уделяется разработке и усовершенствованию методов расчета прочности всех гидротехнических сооружений и обеспечению их безопасности. С этой точки зрения одной из важнейших задач считается разработка методов расчета неравномерного распределения влажностных и неупругих свойств грунта, неоднородности конструкции сооружения при оценке и прогнозе напряженно-деформированного и динамического состояния грунтовых плотин, взаимосвязанного с наполнением водохранилищ. Одной из важнейших задач в развитых государствах, в том числе в России, США, Китае, Германии и других государствах считается разработка методов, обеспечивающих прочность и надежность проектируемых и всех строящихся гидротехнических сооружений.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на усовершенствование методов расчета напряженно-деформированного состояния с учетом конструктивных особенностей и условий работы грунтовых плотин. В этой связи, одной из важнейших задач считается проведение научно-исследовательских работ, направленных на усовершенствование методов оценки прочности и сейсмостойкости, в том числе, определение методов прогнозирования напряженно-деформационного состояния при проектировании грунтовых плотин.

В республике проводятся мероприятия по проектированию и строительству многих водохранилищ, обеспечению их безопасности и надежности. В стратегии действий по развитию Республики Узбекистан на 2017-2021 годы, в том числе, намечено «...сокращение энергоемкости и ресурсоемкости экономики, широкое внедрение в производство энергосберегающих технологий, дальнейшее улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель, развитие сети мелиоративных и ирригационных объектов»³. «На 2018-2019 годы в 6 областях республики планируется строительство 11 водохранилищ с различными объемами»⁴, за счет них намечено улучшение водообеспечения 1 миллиона 200 тысяч гектар земель. Одной из важнейших задач в достижении данной цели считается разработка методов прогнозирования и оценка прочности динамического и напряженно-деформированного состояния, в том числе, с учетом условий работы плотин водохранилищ.

Данное диссертационное исследование в определённой степени служит выполнению задач, предусмотренных Законом «О безопасности гидротехнических сооружений» (1999г.), Постановлением Президента

³Постановлением Президента Республики Узбекистан ПП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан»

⁴Торжественное выступление Президента Республики Узбекистан Ш.Мирзиёева, посвященное Дню работника сельского хозяйства –Ташкент, 2017 год 9 декабря

Республики Узбекистан ПП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии дальнейшего развития Республики Узбекистан», Указами 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 исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологии Республики Узбекистан такими как: IV. «Математика, механика и информатика», VIII. «Науки о земле (геология, геофизика, сейсмология переработка минерального сырья)»

Степень изученности проблемы. По проблеме проектирования и строительства сейсмостойких гидротехнических сооружений велись обширные научные исследования М.А.Ахмедовым, О.Я.Гловацким, К.С.Султановым, М.Мирсаидовым, М.Р.Бакиевым, К.Д.Салямовой, А.А.Янгиевым (Узбекистан), Н.А.Анискиным, А.С.Антоновым, Ю.Б.Мгалобеловым, А.В.Дейнеко, Е.Н.Беллендир, В.Б.Глаговским, З.Г.Тер-Мартirosян, В.Н.Ломбардо, И.С.Шейниным, С.Г.Шульман, Г.Л.Рубинштейн, В.С.Кузнецовым, В.В.Москвитиним, Б.Е.Победря, L.V.Zhang, Y.Wang, G.Wang, D.Q.Li, G.Beer, J. R.Booker, J. P.Carter, Wang Weibiao, K.Noeg, K.Nackler, P.Tschernutter, G.V.Baecher, J.T.Christian и другими учеными.

Неоднородность грунтовых сооружений, деформационный процесс, происходящий в грунтах под влиянием внешних сил изучали Б.Э.Хусанова, К.С.Султанова, Х.З.Расулова, А.С.Хасанова, Н.А.Цытович, А.А.Ильюшена, Б.Г.Коренева, Т.Мавлонова, С.С.Вялова, Э.Е.Хачиян, М.А.Колтунова, K.R.Ram, Nakagawa Hajimi, Kawaike Kenji Baba, Yasiyuki, Zhang Hao, A.A.Balkema и другие ученые и в известной степени достигли положительных результатов.

В настоящее время наблюдается недостаточное решение научно-обоснованной сейсмостойкости и прочности грунтовых сооружений, под влиянием на них внешних сил с точки зрения качества. Это возможность использования вязкоупругой теории в выявлении реологических свойств грунта, разработка критериев для оценки прочности грунтовых плотин, неоднородность конструкции, разработки методов и алгоритмов для оценки напряженно-деформированного состояния и динамики грунтовых плотин с учетом диссипативных и нелинейных свойств материала сооружения, оценка надёжности и прочности существующих и проектируемых грунтовых плотин в недостаточной степени изучены.

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 за № 2.8 «Разработка алгоритмов и методов

расчета динамики призматических и симметричных относительно оси конструкций гидротехнических сооружений» (2014-2016), проектов по теме: А-5-098-Оценка прочности и повышение сейсмостойкости грунтовых сооружений с учетом сложных свойств и предельно-напряженного состояния грунтов (2006-2008 гг.); КХ-4ФТ-02- Разработка научных основ теории и расчета прочности плоских и пространственных элементов гидротехнических сооружений (2007-2011 гг.); КХА-15-033- Разработка методов расчета и конструктивных мероприятий для повышения прочности и сейсмостойкости грунтовых плотин (2009-2011 гг.); КХФ-4-001- Разработка основ теории прочности и сейсмостойкости грунтовых сооружений водохранилищ (2012-2016 гг.); КХА-3-008-2015-“Разработка методики оценки прочности грунтовых гидротехнических сооружений, взаимодействующих с водной средой” (2015-2017 гг).

Цель исследования состоит в разработке методов прогнозирования и оценки напряженно-деформированного состояния, грунтовых плотин с учетом влажностных и неупругих свойств грунта.

Задачи исследования:

разработка математических моделей, метода, алгоритма и программы расчета на ЭВМ для оценки и прогноза напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин для обобщенного плоско-деформированного случая;

разработка математических моделей, метода, алгоритма и программы на ЭВМ для оценки распространения влажности по телу грунтовых плотин;

разработка метода, алгоритма и программы расчета на ЭВМ для оценки и прогноза напряженно-деформированного состояния и прочности грунтовых плотин с учетом неоднородного распределения влажности и механических характеристик грунта;

разработка метода, алгоритма и программы расчета на ЭВМ для оценки динамического состояния грунтовых плотин с учетом стационарных динамических воздействий с помощью разложения результатов по форме колебаний сооружения;

оценка напряженно-деформированного и динамического состояния грунтовых плотин под влиянием статических и динамических сил с учетом распространения неравномерной влажности в грунте и вязкоупругих свойств материала сооружения.

Объектом исследования являются динамическое и напряженно-деформированное состояния под воздействием различных сил с учетом неравномерной влажности и вязкоупругих свойств грунта грунтовых плотин водохранилищ Гиссарак, Пачкамар и Заамин.

Предметом исследования являются математические модели, методы, алгоритмы и программы на ЭВМ для динамического и напряженно-деформированного состояния прогноза динамики грунтовых плотин при различных воздействиях, а также с учетом неравномерного распространения влажности в грунте и вязкоупругих свойств материала сооружения.

Методы исследования. В процессе исследования использованы принципы возможного перемещения, математическое моделирование, описывающее процесс деформирования грунтовых сооружений для обобщенного плоско-деформированного случая, уравнения Лапласа и Пуассона, описывающие процесс перемещения влажности; методы конечных элементов, метод Ньюмарка, а также общие закономерности упругости и вязкоупругости.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработана математическая модель, описывающая обобщенное плоско-деформированное состояние грунтовых плотин под действием различных воздействий с учетом влажностных и неупругих свойств грунта;

разработаны методика и алгоритм оценки и прогноза напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин для обобщенного плоско-деформированного случая с учетом упругих, вязкоупругих и влажностных свойств грунта;

усовершенствована численная методика решения задач распространения влажности по телу грунтовой плотины методом конечных элементов;

усовершенствована методика оценки динамического состояния грунтовых плотин с учетом вязкоупругих свойств грунта и разложением форм собственных колебаний плотины;

разработан метод оценки прочности и напряженно-деформированного состояния существующих плотин Пачкамар, Заамин и Гиссарак на основе математических моделей, описывающих обобщенное плоско-деформированное состояние грунтовых плотин.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана математическая модель оценки и прогноза напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин с учетом неоднородного распространения влажности и вязкоупругих свойств грунта;

разработаны методы, алгоритмы оценки, прогноза напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин с учетом неоднородного распространения влажности и вязкоупругих свойств грунта, а также различных воздействий;

разработаны программы на ЭВМ для оценки динамического и напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин при различных воздействиях с учетом неоднородной влажности и механических характеристик грунта;

Достоверность результатов исследования. Достоверность результатов исследований разработанных моделей, методики и программы на ЭВМ сопоставлена и подтверждена с решением задач известных моделей, имеющих точное решение, результаты рассмотренных задач несколько раз проверены, с практической точки зрения близки до требуемой точности.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в разработке математических моделей, методов и алгоритмов для оценки и прогноза напряженно-деформированного и динамического состояния грунтовых

плотин с учетом распространения неоднородной влажности и вязкоупругих свойств грунтов, вносящих определенный вклад в развитие расчета гидротехнических сооружений и объектов механики деформируемого твердого тела.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработанные программы на ЭВМ для оценки напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин с учетом распространения неоднородной влажности и вязкоупругих свойств грунта при различных воздействиях позволяют оценить состояние проектируемых и, в настоящее время, эксплуатируемых сооружений.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов разработки методов прогнозирования и оценки напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин с учетом влажностных и неупругих свойств грунта:

методы расчета разработанной математической модели для обобщенного плоско-деформированного состояния под влиянием различных воздействий с учетом упругих, вязкоупругих и влажностных свойств грунта внедрены в плотине Туполангского водохранилища и в АО «Узсувлойтиха» для новых проектируемых грунтовых плотин при Министерстве сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан (04/27-1285 21.11.2017 г.). Результат научного исследования дал возможность оценки прочности грунтовых плотин численным методом;

усовершенствованный численный метод расчета распространения влажности грунтовых плотин на основе метода конечных элементов внедрен в АО «UZGIP» при Министерстве сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан (04/27-1285 21.11.2017 г.). В результате научного исследования разработанный численный метод и алгоритм дал возможность точности работ математических расчетов;

разработанный метод для оценки прочности и напряженно-деформированного состояния существующих плотин Пачкамар, Заамин, Гиссарак на основе математических моделей, выражающих обобщенное плоско-деформированное состояние грунтовых плотин внедрен в АО «Узсувлойтиха» для новых проектируемых грунтовых плотин при Министерстве сельского и водного хозяйства Республики Узбекистан (04/27-1285 21.11.2017 г.). В результате научного исследования создана возможность проверки прочности эксплуатируемых и при строительстве планируемых грунтовых плотин водохранилищ.

Апробация результатов исследования. Результаты данного исследования обсуждены и одобрены на 8 международных и 31 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации всего опубликовано 58 научных работ в том числе 8 статей, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них 1 в зарубежных, 7 в республиканских журналах.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 118 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновываются актуальность и востребованность выполненного исследования, формируются цели и задачи, приводятся объект и предмет исследования, устанавливается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, указываются научная новизна и научно-практическая значимость полученных результатов, внедрение их в практику строительства, а также сведения по публикациям результатов исследования и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Оценка и прогноз напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин с учетом обобщенного плоско – деформированного состояния**» приводится методика расчета и результаты исследований напряженно-деформированного состояния (НДС) и оценка прочности Пачкамарской, Зааминской, Гиссаракской грунтовых плотин под действием собственного веса и гидростатического давления воды с учетом их реальной геометрии, конструктивных особенностей и неоднородных свойств материалов сооружений в обобщенно плоско-деформированном состоянии.

Предлагается математическая модель и методика исследования напряженно-деформированного состояния грунтовых сооружений (грунтовая плотина) под действием собственного веса с учетом гидростатического давления воды водохранилища. При этом сооружение рассматривается существенно неоднородным, так как их ограниченные части S_n обладают ($S=S_1+S_2+S_3$) различными физико-механическими и деформационными свойствами (рис.1). Верхняя и одна боковая грань (Σ_1, Σ_2) свободны от напряжения, а нижняя часть Σ_u жестко защемлена.

Для описания равновесного состояния сооружения (рис.1) находящегося

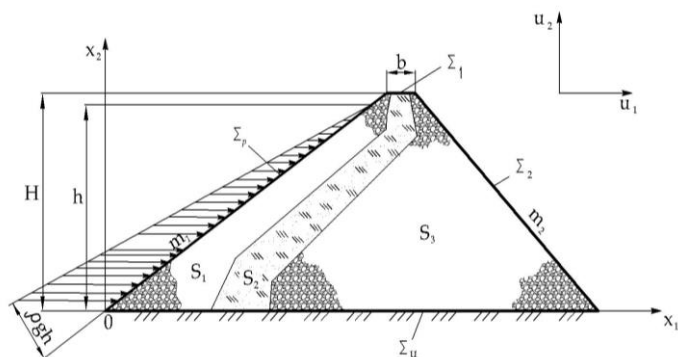


Рис.1 Плоско-деформируемая модель сооружения

под действием различных статических нагрузок используется принцип возможных перемещений для обобщенного плоско-деформированного состояния, согласно которому сумма работ всех активных сил при возможных перемещениях равна нулю, т.е.:

$$-\int_{S_1} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{S_2} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{S_3} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds + \int_S \bar{f} \delta \bar{u} ds + \int_{\Sigma_p} \bar{p} \delta \bar{u} d \Sigma = 0 \quad (1)$$

и кинематические граничные условия

$$\bar{x} \in \sum_u : \bar{u} = 0; \quad \delta \bar{u} = 0. \quad (2)$$

здесь $\bar{u} = \{u_1, u_2\}$ - вектор перемещений; ε_{ij} , σ_{ij} - компоненты тензора деформаций и напряжений; $\delta \bar{u}$, $\delta \varepsilon_{ij}$ - изохронные вариации вектора перемещений и тензора деформаций; \bar{p} - гидростатическое давление воды; \bar{f} - вектор массовых сил.

Гидростатическое давление воды на напорной грани плотины \sum_p определяются по формуле

$$\bar{p} = \rho_0 g (h - y) \quad (3)$$

где, ρ_0 - плотность воды, g - ускорение свободного падения, $(h - y)$ - глубина точки на напорной грани плотины.

Для описания физических свойств материала в каждой области тела плотины (S_1 , S_2 , S_3) используются: закон Гука для обобщенного плоско деформированного состояния, связывающие компоненты тензора напряжения σ_{ij} с деформациями ε_{ij} .

Рассматриваемая задача решается методом конечных элементов (МКЭ) с использованием треугольного конечного элемента с линейной аппроксимацией поля перемещений внутри элементов. Задача после конечно-элементной дискретизации сводится к разрешающей системе алгебраических уравнений N-ого порядка

$$[K] \{u\} = \{F\} \quad (4)$$

где, $[K]$ - общая матрица жесткости сооружений; $\{F\}$ - вектор внешней нагрузки (т.е. от массовых сил и гидростатического давления воды) приложенные в узловые точки сооружений; $\{u\}$ - искомый вектор узловых перемещений сооружений.

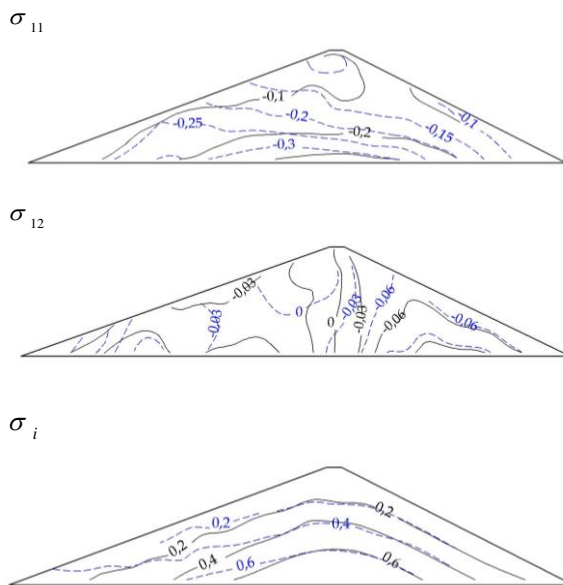
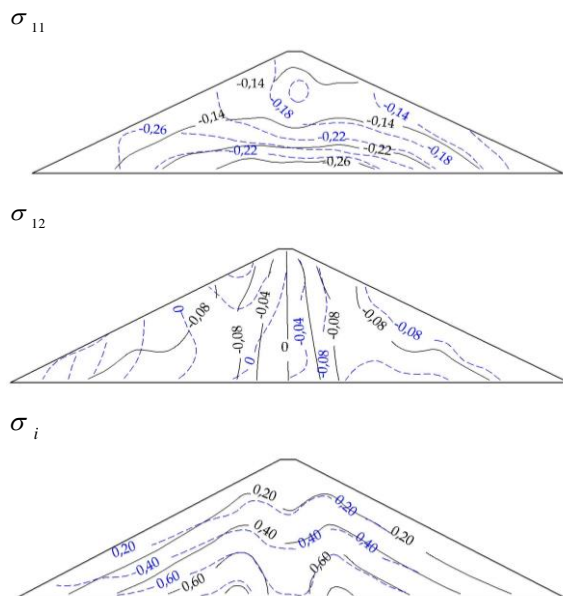
Полученные алгебраические уравнения (4) решаются методом Гаусса.

Исследовано напряженно-деформированное состояние Пачкамарской, Зааминской и Гиссаракской грунтовых плотин под действием собственного веса и гидростатического давления при заполнении водохранилища водой различного уровня для прогнозирования прочности сооружения с учетом их конструктивных особенностей и неоднородности механических характеристик грунтов.

На рис.2, 3 приведены для сравнения линии равных уровней нормальных - σ_{11} (а), касательных - σ_{12} (б) и интенсивности напряжений - σ_i (в) для неоднородной Пачкамарской (с ядром), Зааминской (с экраном) плотины при полном и половинном заполнении водохранилища водой.

При учете гидростатического давления воды при половинном заполнении водой водохранилища плотины перераспределяется в верхней упорной призме. При этом вблизи откосной зоны верховой призмы (т.е. в действующей части гидростатического давления) увеличиваются компоненты тензора напряжений σ_{11} (на 5-40%), σ_{22} (на 5-30%), σ_{12} (на 15-35%) и интенсивность напряжений σ_i (на 5-10%). А в срединной и вблизи зон

ядра плотины НДС и картина распределения изолиний напряжений почти не изменяется. Когда водохранилище максимально заполнено водой, НДС плотины сильно перераспределяется, и нарушается симметричный характер распределения изолиний напряжений. При этом в верхней упорной призме в зависимости от зоны компоненты напряжения увеличиваются, т.е.: σ_{11} (на 15-60%), σ_{22} (на 10-45%), интенсивность напряжений σ_i (на 10-30%), а σ_{12} увеличивается почти в 2-3 раза по сравнению с пустым водохранилищем, а интенсивность напряжений - σ_i (на 10-30%).



σ_{11} - нормальная, σ_{12} - касательная и σ_i - интенсивности напряжений при полном заполнении водохранилища: ----- - с учетом гидростатического давления воды; ——— - без учета гидростатического давления

Рис. 2. Линии распределения равных уровней напряжений Пачкамарской плотины

Рис. 3. Линии распределения равных уровней напряжений Зааминской плотины

Напряженно-деформированного состояния грунтовой плотины с экраном из суглинка под действием собственного веса (без учета гидростатического давления), приводит близко к симметричному распределению характера интенсивности напряжений σ_i и компонентов напряжений σ_{11} , σ_{22} , σ_{12} в теле плотины. При полном заполнении водой водохранилища гидростатическое давление сильно изменяет характер компонентов напряжений. За счет гидростатического давления увеличиваются компоненты напряжений в верхних откатных зонах, т.е., σ_{11} увеличивается на 10-60%, σ_{22} на 5-45% , σ_{12} на 10-50% и интенсивность напряжений σ_i на 10-25%. А в зонах, которые свободны от поверхностных сил (гидростатических давлений), характер НДС плотины почти не изменяется (рис.3).

Исследование НДС высокой грунтовой Гиссаракской плотины показало, что результаты качественно повторяют характер напряженно-

деформированного состояния Пачкамарской плотины. Отличие состоит в основном в количественном характере изменения напряжений.

При оценке прочности грунтовых сооружений предполагается, что нарушение равновесия грунтового массива является следствием потери упругой устойчивости массива грунта, (пренебрегается развитие пластических деформаций) и разрушение массива грунта происходит за счет сдвига одной части массива относительно другой, условие предельно-равновесного состояния принимается, в виде прямолинейной огибающей круги главных напряжений. Местный коэффициент запаса прочности, который определяется соотношением:

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

в каждой точке грунтового сооружения.

При этом получение значений полной картины распределения этого коэффициента по всему сооружению и по откосным зонам позволяет установить наличие, размеры и местоположение зон, в которых выполняется одно из следующих трех условий: $K > 1$ - в этой области сооружений грунт будет обладать запасом прочности, т.е. находиться в до предельном состоянии; $K = 1$ - грунт находится в условии предельного равновесия; $K < 1$ - прочность грунта будет на данном участке сооружения нарушена, и образуется локальная зона неустойчивости.

Условия (5) позволяют по найденному напряженному состоянию в разных точках грунтового массива производить однозначную проверку предельного состояния и определять положение площадок скольжения. Используя полученные значения напряжения $\sigma_{11}, \sigma_{12}, \sigma_{22}, \sigma_1, \sigma_2, \tau_{\max}$ для обобщенного плоско-деформированного состояния Пачкамарской, Зааминской и Гиссаракской грунтовых плотин с учетом их конструктивных особенностей, реальных геометрических размеров под действием собственного веса сооружений при различных уровнях заполнения водой водохранилища, будем оценивать их локальную прочность по формуле (5).

Анализ полученных результатов показывает, что при статических воздействиях (под действием собственного веса и гидростатического давления воды) прочность рассмотренных плотин, а также устойчивость их откосов обеспечены (цифры, приведенные на изолиниях, показывают значение коэффициента запаса прочности « K »). При этом полученные результаты показывают, что прочность откосных зон пустого водохранилища, меньше, чем заполненного.

Это объясняется тем, что гидростатическое давление воды, действующее в откосных зонах создает в противоположном направлении касательные и нормальные напряжения, т.е. σ_{12} и σ_{11} . Эти напряжения в свою очередь удерживают напряжения, возникающие в теле плотины под действием собственного веса.

Во второй главе диссертации «Оценка и прогноз напряженно-деформированного состояния и прочности грунтовых плотин с учетом распространения влажности» посвящена разработки методики решения задачи и оценено трансформации напряженно–деформированного состояния грунтовой плотины в результате распространения влаги от верхового откоса, непосредственно контактирующего с водной средой водохранилища к телу плотин. В основу методики заложена конечно-элементная дискретизация грунтового массива.

Для моделирования процесса фильтрации в теле плотины будем использовать фильтрацию влаги, сквозь пористую среду, описываемую квазигармоническим уравнением общего вида, частными случаями которого являются уравнения Лапласа и Пуассона. В этом случае квазигармоническое уравнение для плоской задачи, описывающее поведение неизвестной физической величины w , т.е. увлажненности, имеет вид

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial w}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial w}{\partial y} \right) + (Q^* - \mu \frac{\partial w}{\partial t}) = 0. \quad (6)$$

Учет последнего слагаемого приводит к динамической задаче о распространении влаги по телу плотины – к задаче фильтрации.

Здесь: $w(t,x,y)$ – неизвестная однозначная в рассматриваемой области функция увлажнения; k_x, k_y – коэффициенты фильтрации, представляющие собой известные функции координат и времени; Q^* – известная функция координат и времени, представляющая собой мощность источников увлажнения в теле плотины; μ – удельный коэффициент увлажнения; \vec{p}_c – гидростатическое давление воды.

Для уточнения постановки задачи считаем, что нижняя часть верхней напорной грани $S_p = \sum_p$ до уровня заполнения водохранилища h (рис. 1) максимально увлажнена. Максимальная степень увлажненности составляет $w_{max} = 0,38$. Поэтому граничные условия на части плотины S_p для функции w будут:

$$\vec{x} \in S_p : w = w_{max} \quad (7)$$

На остальных участках границы должны выполняться условия

$$k_x \frac{\partial w}{\partial x} l_x + k_y \frac{\partial w}{\partial y} l_y + \alpha w = 0, \quad (8)$$

где l_x, l_y – направляющие косинусы внешней нормали к граничной поверхности; αw – потеря влаги путем конвекции.

При $k_x = k_y$ и $\alpha = 0$ условие (8) сводится к известному условию непроницаемости границы (непроницаемое основание плотины)

$$\vec{x} \in \sum_u : \frac{\partial w}{\partial n} = 0, \quad (9)$$

а при $\alpha \neq 0$ граница (основание) считается проницаемой.

Все коэффициенты в (6) – (8) (k_x, k_y, Q^*) могут быть либо постоянными, либо являться заданными функциями координат и времени. Уравнение (6) вместе с граничными (7) – (8) и начальными для функции условиями

$$w(t=0)=w_0 \quad (10)$$

однозначно определяет решение задачи на определенном интервале времени.

Для решения задачи о распространении влаги в грунте предполагается использовать метод конечных элементов (МКЭ), поэтому необходимо построить функционал, математически эквивалентный дифференциальному уравнению (6), физическая интерпретация которого представляет собой распространение влаги в грунте плотины.

Эквивалентный функционал к дифференциальному уравнению (6) будет иметь вид

$$W = \int_S \left[\frac{1}{2} \left\{ k_x \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right\} - Qw \right] ds, \quad (11)$$

здесь $Q=Q^*-\mu \frac{\partial w}{\partial t}$.

Использование процедуры МКЭ для минимизация функционала (11) сводит рассматриваемую вариационную задачу к следующей системе обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка:

$$[K] \{w(t)\} + [C] \frac{d}{dt} \{w(t)\} + \{F(t)\} = 0, \quad (12)$$

где $[K]$ и $[C]$ – матрицы жесткости и распространения влаги, а $\{F\}$ – вектор нагрузки всей системы, формируемые объединением по узлам соответствующих матриц элементов $[k]^e$, $[c]^e$ и $\{ff\}^e$.

Решение системы дифференциальных уравнений (12) осуществляется пошаговым методом Ньюмарка, приспособленным к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.

Физико-механические параметры увлажненного грунта при решении задачи в конкретные моменты времени, согласно в точках плотины в зависимости от увлажненности W определяются по формулам:

$$\mu_n = 0,096 \exp(4,02(1 - w/w_{\max})), \quad (13)$$

$$K_n = 0,5 \exp(2,5(1 - w/w_{\max})),$$

$$\rho_n = 0,00176(1+w). \quad (14)$$

здесь μ_n – модуль сдвига; K_n – модуль объемного сжатия; ρ_n – плотность грунта; индекс $n=1,2,3$ означает номер тела (s_1, s_2, s_3) , к которому относится данный параметр.

На основании вариационную задачу (11) с начальным условием (10) о распространении влаги в грунте, МКЭ сводим (как показано выше) к решению задачи для системы дифференциальных уравнений первого порядка, т.е.:

$$[C] \{\dot{w}(t)\} + [K] \{w(t)\} + \{F(t)\} = 0 \quad (15)$$

с начальными условиями

$$\{w(0)\} = 0. \quad (16)$$

В результате решения данной задачи, получаем поля распределения влажности w в теле плотины в момент времени t . Далее с учетом данного распределения влажности по телу плотины, решается задача по оценке перемещения $\vec{u}(\vec{x})$ и напряжений $\sigma_{ij}(\vec{x})$ в каждой точке плотины с учетом выше полученной неоднородной влажности грунта в момент времени t .

При решении данной задачи по грунтовых (Пачкамарской, Гиссаракской и Зааминской) плотины коэффициенты фильтрации грунта в ядре и экране, приняты равными $k_x=k_y=0.01$ м/сутки. Упорные призмы отсыпаны из песчано-галечника грунта с коэффициентами фильтрации равными $k_x=k_y=2$ м/сутки. Начальное увлажнение части верхового откоса до отметки нормального подпорного уровня, соответствующей уровню наполнения водохранилища, равно $w_0 = 0.38$, остальная часть плотины имеет оптимальную влажность $w_{\text{опт}} = 0.17$.

Исследовано распространение влажности по телу Пачкамарской (рис.4) и Зааминской (рис.5) плотины по времени при различном заполнении водохранилища водой с учетом непроницаемости и проницаемости основания.

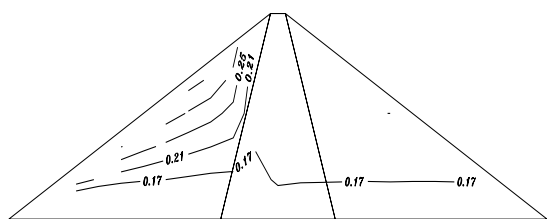


Рис.4. Распределение влажности в теле Пачкамарской плотины через 28 суток после заполнения водохранилища до уровня $h=63$ м

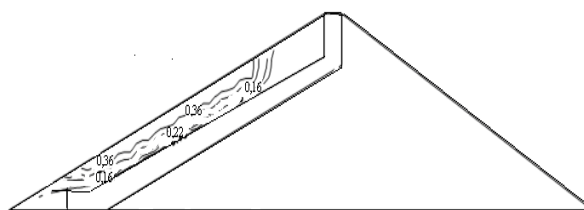


Рис.5. Распределение влажности в теле Зааминской плотины через 28 суток после заполнения водохранилища до уровня $h=63$ м

Полученных результатов показывает, что в результате продолжительного замачивания значительной части поверхности верхового откоса, т.е. семейства огибающих приближается по форме к кривой депрессии. При этом постепенно полностью увлажняется верховой откос плотины. Это можно проследить по поведению линии с влажностью $w=0.21$, которая со временем приближается к границе верхового откоса ядра. Влажность центральной зоны ядра и нижнего откоса остаются на уровне оптимальной (линия с увлажненностью $w=0.17$).

Линии повышенной влажности на рис. 5 располагаются вблизи поверхности плотины, граничащей с водной средой. Причем увеличение поверхности контакта приводит к большей фильтрации влаги внутрь плотины при одном и том же временном интервале. Область плотины, расположенная правее экрана остается в условиях начальной влажности, т.е., не превышающая $w=0.16$.

Наполнение Пачкамарского водохранилища еще более, меняет симметричную картину полей напряжений как за счет гидростатического давления на откосе, так и за счет распространения влажности по телу плотины.

В Зааминском плотине экран препятствует распространению влажности в грунте. Скопившаяся над ним жидкость увеличивает статическую нагрузку на верхнюю откосную зону и увеличивает здесь сжимающие напряжения. Над свободной водной поверхностью формируется зона с коэффициентом запаса прочности $K \leq 1$, как это наблюдалось и в Пачкамарской плотине.

В третьей главе диссертации «**Оценка и прогноз динамической характеристики и динамического поведения грунтовых плотин с учетом вязкоупругих свойств грунта**» приводятся математические модели, методы решения и алгоритмы для оценки динамической характеристики и динамического поведения грунтовых плотин с учетом вязкоупругих свойств грунта. Исследованы динамические характеристики и динамическое поведение различных по высоте грунтовых плотин с учетом конструктивных особенностей сооружений и неоднородных упругих и вязкоупругих характеристик грунта.

При определении динамических характеристик сооружения необходимо исследовать собственные колебания конструкций с учетом конструктивных особенностей, неоднородности сооружений, реальную геометрию и неупругие свойства материала. При рассмотрении собственных колебаний предполагается, что все точки сооружения (рис.1) колеблются по одному и тому же действительному гармоническому закону, но с различными амплитудами, т.е. являются функциями координат:

$$\vec{u}(\vec{x}, t) = \vec{u}^* (\vec{x}) e^{-i\omega t} \quad (17)$$

$$\vec{u} = \{u_1, u_2\} = \{u, v\}, \quad \vec{x} = \{x_1, x_2\} = \{x, y\}$$

$\{u_1, u_2\}$ или $\{u, v\}$ - вертикальные и горизонтальные перемещения точек сооружения соответственно.

Для постановки задачи о собственных колебаниях грунтовой плотины используется принцип возможных перемещений, согласно которому сумма работ всех активных сил, включая силы инерции, действующих на систему, при возможных перемещениях равна нулю, т.е.:

$$\delta A = - \int_{s_1} \sigma_{ij}^* \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_2} \sigma_{ij}^* \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_3} \sigma_{ij}^* \delta \varepsilon_{ij} ds +$$

$$+ \omega^2 \left(\int_{s_1} \rho_1 \ddot{u}^* \delta \bar{u}^* ds + \int_{s_2} \rho_2 \ddot{u}^* \delta \bar{u}^* ds + \int_{s_3} \rho_3 \ddot{u}^* \delta \bar{u}^* ds \right) = 0 \quad (18)$$

$$\bar{x} \in \sum_u : \delta \bar{u}^* = 0$$

здесь: $\omega, \bar{u}^*(\bar{x})$ - соответственно собственная частота и форма колебаний сооружений; σ_{ij}^* - амплитуда напряжений.

Использование процедуры МКЭ сводит вариационную задачу (18) к алгебраической задаче на собственные значения для всего сооружения (рис.1):

$$([K] - \omega^2 [M])\{z\} = 0 \quad (19)$$

здесь $[K]$ - матрица жесткости, а $[M]$ - матрица массы сооружения, ω - собственная частота, а $\{z\}$ - собственный вектор соответствующий собственным частотам сооружения.

Анализ первых десяти собственных частот колебаний Пачкамарской и Зааминской плотин показывает, что частоты их лежат в 3,1-10,9 Гц (широком) диапазоне высокочастотной области. Что касается высокой Гиссаракской плотины, то ее основные формы колебаний находятся в относительно узком 1,9-5,6 Гц диапазоне низкочастотной области. Основными формами, отражаемыми для всех плотин являются, вертикальная деформация плотины со сдвигом центрального сечения (первая форма); вторая и третья форма колебаний отражает сложные деформации откоса и центрального сечения, и.т.д.

Для математической постановки задачи используется принцип возможных перемещений, т.е.:

$$\delta A = - \int_{s_1} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_2} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_3} \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} ds - \int_{s_1} \rho_1 \ddot{u} \delta \bar{u} ds -$$

$$- \int_{s_2} \rho_2 \ddot{u} \delta \bar{u} ds - \int_{s_3} \rho_3 \ddot{u} \delta \bar{u} ds + \int_s \bar{f} \delta \bar{u} ds + \int_{\Sigma_p} \bar{p} \delta \bar{u} d\Sigma = 0 \quad (20)$$

кинематические граничные условия

$$x \in \sum_u : \bar{u}_o(\bar{x}, t) = \bar{\psi}_1(t) \quad (21)$$

соотношения Коши и физические соотношения линейной теории вязкоупругости, т.е.:

$$\begin{aligned}
\sigma_{11} &= K(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu \left[\frac{1}{3}(2\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22}) - \frac{1}{3} \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau)(2\varepsilon_{11} - \varepsilon_{22}) d\tau \right] \\
\sigma_{22} &= K(\varepsilon_{11} + \varepsilon_{22}) + 2\mu \left[\frac{1}{3}(2\varepsilon_{22} - \varepsilon_{11}) - \frac{1}{3} \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau)(2\varepsilon_{22} - \varepsilon_{11}) d\tau \right] \\
\sigma_{12} &= \mu \left[\varepsilon_{12} - \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau)\varepsilon_{12} d\tau \right]
\end{aligned} \tag{22}$$

Здесь $\bar{\psi}_1(t)$ - периодическая функция времени, $K = E/3(1 - 2\nu)$ - мгновенный объемный модуль упругости, $\mu = E/2(1 + \nu)$ - мгновенный сдвиговой модуль упругости, E, ν - мгновенный модуль упругости и коэффициент Пуассона

Решение задач (20), (22), соотношение Коши будем искать в виде, разложением по собственным формам колебаний упругой задачи, т.е.:

$$\begin{aligned}
\bar{u}(\bar{x}, t) &= \bar{u}_o(\bar{x}, t) + \sum_{k=1}^N \bar{u}_k^*(\bar{x}) y_k(t) \\
\delta \bar{u} &= \sum_{k=1}^N \bar{u}_k^*(\bar{x}) \delta y_k(t)
\end{aligned} \tag{23}$$

где: $\bar{u}_o(\bar{x}, t)$ - известная функция (21), удовлетворяющая краевым условиям задачи; $\bar{u}_k^*(\bar{x})$ - собственные формы колебаний для упругого сооружения; $y_k(t)$ - искомые функции времени; $\delta y_k(t)$ - произвольные константы, N - количество собственных форм удержанных в разложении (23). Для получения разрешающих уравнений перепишем выражение (23) для каждого компонента перемещений отдельно:

$$u_1(x_1, x_2; t) = \psi_1(t) + \sum_{k=1}^N u_{1k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t) \tag{24}$$

$$u_2(x_1, x_2; t) = \psi_2(t) + \sum_{k=1}^N u_{2k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t)$$

$$\delta u_1(x_1, x_2; t) = \sum_{k=1}^N u_{1k}^*(x_1, x_2) \cdot \delta y_k(t); \quad \delta u_2(x_1, x_2; t) = \sum_{k=1}^N u_{2k}^*(x_1, x_2) \cdot \delta y_k(t) \tag{25}$$

и через них выражаем соотношение Коши:

$$\begin{aligned}
\varepsilon_{11} &= \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N u_{1k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t); & \varepsilon_{22} &= \frac{\partial}{\partial x_2} \sum_{k=1}^N u_{2k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t) \\
\varepsilon_{12} &= \frac{1}{2} \left[\frac{\partial}{\partial x_2} \sum_{k=1}^N u_{1k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t) + \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N u_{2k}^*(x_1, x_2) \cdot y_k(t) \right]
\end{aligned} \tag{26}$$

$$\begin{aligned}
\delta \varepsilon_{11} &= \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N u_{1k}^* \delta y_k(t); & \delta \varepsilon_{22} &= \frac{\partial}{\partial x_2} \sum_{k=1}^N u_{2k}^* \delta y_k(t) \\
\delta \varepsilon_{12} &= \frac{1}{2} \left[\frac{\partial}{\partial x_2} \sum_{k=1}^N u_{1k}^* \delta y_k(t) + \frac{\partial}{\partial x_1} \sum_{k=1}^N u_{2k}^* \delta y_k(t) \right]
\end{aligned} \tag{27}$$

Выражение (20) через (24)-(27), напряжение через искомые функции $y_k(t)$ и после соответствующих упрощений получим систему линейных интегро-дифференциальных уравнений относительно искомым функций $y_k(t)$ в виде

$$M_{ik} \ddot{y}_k(t) + K_{ik} y_k(t) - C_{ik} \int_{-\infty}^t \Gamma(t - \tau) y_k(\tau) d\tau = f_{1i} \dot{\psi}_1(t) + f_{2i} \dot{\psi}_2(t) \quad (28)$$

Система интегро-дифференциальных уравнений (28) описывает динамическое поведение грунтовых плотин с учетом вязкоупругих свойств грунта при периодических кинематических воздействиях.

При описании вязкоупругих свойств материала используются три параметрических ядра М.А.Колтунова

$$\Gamma(t) = A e^{-\beta t} t^{\alpha-1} \quad (29)$$

где A, α, β - параметры ядра релаксации, определяемые из экспериментальных кривых ползучести грунта; $\Gamma(\alpha)$ - гамма функция.

Приведены результаты исследований установившихся вынужденных колебаний грунтовых плотин при периодическом кинематическом воздействии в основании сооружения:

$$\bar{x} \in \Sigma_u : \begin{cases} u_{10}(t) = B \exp(-i\Omega t) \\ u_{20}(t) = C \exp(-i\Omega t) \end{cases}, \quad (30)$$

где B, C – амплитуда, а Ω - частота кинематического воздействия.

Получены результаты амплитудно-частотных характеристик перемещений u, v и компоненты напряжений для трех грунтовых плотин. Анализ полученных результатов показывает, что в каждой из рассмотренных точек наибольшее горизонтальное перемещение отмечено при первом резонансе, а вертикальное перемещение достигает максимума при высших частотах. Изменение собственных форм колебаний сооружения, в свою очередь сильно влияет на изменение напряженно-деформированного состояния сооружения. Наибольшие напряжения в рассмотренных точках возникают при вынужденных воздействиях с частотами, находящимися в диапазоне между ω_3 и ω_5 (соответственные частоты собственных колебаний плотины).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по докторской диссертации (PhD) на тему «**Разработка методов оценки и прогнозирования напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин с учетом влажностных и неупругих свойств грунта**» представлены следующие выводы:

1. Создана возможность для оценки и прогноза напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин для обобщенного плоско-

деформированного случая с учетом влажностных и неупругих свойств грунта под действием различных воздействий.

2. Разработанные методика, алгоритм и созданный ряд программ на ЭВМ создают возможности для оценки и прогноза напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин позволяющих учитывать как обобщенное плоско-деформированное состояние сооружения, так и влажностные и вязкоупругие свойства грунта.

3. Разработанная численная методика дает возможность решения задач распространения влажности по телу грунтовой плотины методом конечных элементов.

4. Адекватность и достоверность разработанных моделей, методики и программы на ЭВМ создали возможность подтверждения полученных результатов сопоставлением с известными решениями модельных задач.

5. Дана возможность оценки напряженно-деформированного состояния и прочности Пачкамарской, Зааминской и Гиссаракской грунтовых плотин под действием собственного веса и гидростатического давления воды при различном уровне заполнения водохранилища с учетом их конструктивных особенностей сооружения и неоднородных упругих свойств грунтов.

6. Создана возможность выявления, что коэффициент запаса прочности верхового откоса пустого водохранилища, меньше, чем заполненного, что по-видимому объясняется удержанием напряжения, возникающего в откосных зонах плотины под действием собственного веса, действующим гидростатическим давлением воды.

7. Дана возможность обнаружения, что наибольшие значения максимальных касательных напряжений возникают на верхней отметке плотины, где заканчивается контакт сооружения с водой, что не желательно для грунтовых плотин, так как в таких зонах возможно возникновение боковых сдвижек и выпор при динамических воздействиях.

8. Дана возможность исследования распространения влажности по телу грунтовых плотин по времени с проницаемым и непроницаемым основанием при различном заполнении водохранилища водой.

9. Дана возможность оценки напряженно-деформированного состояния и прочности грунтовых плотин, с учетом уровня заполнения водохранилища, изменением влажности и физико-механических характеристик грунта с течением времени.

10. В результате проведенных исследований выявлено:

- растягивающие напряжения, возникающие на верхнем откосе водохранилища, на уровне заполнения водой дают возможность определить формирование зоны с коэффициентом запаса прочности меньше единицы,
- зона с коэффициентом запаса прочности меньше единицы, со временем увеличивается в направлении вверх к гребню плотины;
- для плотин с центральным ядром при высоком уровне заполнения водохранилища зона с коэффициентом запаса прочности меньше единицы, охватывает пригребневую зону;

- наличие защитного экрана препятствует появлению зоны с коэффициентом запаса прочности меньше единицы на нижнем откосе;

11. Исследование динамического поведения и напряженно-деформированного состояния Зааминской грунтовой плотины при стационарных кинематических воздействиях с учетом вязкоупругих свойств грунта дало возможность:

- наибольшее горизонтальное перемещение наблюдается при первом, а вертикальное может возникнуть на высших резонансных частотах, т.е. до четвертого, включительно;

- совпадение частоты внешних воздействий с плотным спектром собственных частот приводит к возникновению наибольших (опасных) напряжений на многих участках сооружения, которое, по-видимому, объясняется тем, что собственные формы колебания с близкими частотами взаимодействия между собой создают единый пик при резонансе.

**ONE –TIME SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC
COUNCIL AWARDING THE SCIENTIFIC DEGREE OF
DSc.27.06.2017.T.10.02 AT THE TASHKENT INSTITUTE OF ENGINEERS
OF IRRIGATION AND MECHANIZATION IN AGRICULTURE**

**TASHKENT INSTITUTE OF ENGINEERS OF IRRIGATION AND
MECHANIZATION IN AGRICULTURE**

YULDOSHEV BAKHTIYOR SHODMONOVICH

**DEVELOPMENT OF THE METHODS FOR ESTIMATING AND
PREDICTING STRESS-STRAIN STATE OF EARTH DAMS WITH
ACCOUNT OF MOISTURE AND INELASTIC PROPERTIES OF SOIL**

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

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

Tashkent – 2018

The theme of doctoral dissertation (PhD) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan, number № B2018.2PhD/T.229

The doctoral dissertation has been prepared at the Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems under the Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Mechanization in Agriculture

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

Scientific adviser: **Sultanov Takhirjon Zakirovich**
Doctor of Technical Sciences.

Mirsaidov Mirziyod Mirsaidovich
Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician

Official opponents: **Makhmudov Ilkhom Ernazarovich**
doctor of technical sciences, professor

Ismayilov Kubaymurat
Doctor of Technical Sciences.

Leading organization: **Tashkent Institute of Architecture and Construction**

The defense will take place 21 June 2018 at 19⁰⁰ at the meeting of One-time Scientific Council at the Scientific Council DSc.27.06.2017.T.10.02 at the Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Mechanization in Agriculture (Address 100000, Tashkent, Kary Niyoziy, 39, phone/fax:(99871)237-19-61, 237-22-09, fax: (99871)237-54-79, e-mail: admin@tiame.uz).

The doctoral dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the Tashkent Institute of Engineers of Irrigation and Mechanization in Agriculture (registered under №16, (Address 100000, Tashkent, Kary Niyoziy, 39, phone/fax: (99871) 237-19-45, e-mail: admin@tiame.uz).

Abstract of dissertation sent out on 9 June 2018 y.
(mailing report №16 on 9 June 2018 y.)



A. T. Salokhiddinov
A. T. Salokhiddinov
Chairman of the One-time scientific council on award of scientific degree of doctor of sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor.

A. A. Yangiev
A. A. Yangiev
Scientific Secretary of the One-time scientific council on award of scientific degree of doctor of sciences, Doctor of Technical Sciences.

O. Ya. Glovatskiy
O. Ya. Glovatskiy
Chairman of the seminar under the One-time scientific council on award of scientific degree of doctor of sciences, Doctor of Technical Sciences.

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of research is to develop the methods for predicting and assessing stress-strain state of earth dams, taking into account moisture and inelastic properties of soil.

The object of research is dynamic and stress-strain state of earth dams of Gissarak, Pachkamar and Zaamin reservoirs under the influence of various forces, taking into account non-uniform distribution of moisture and viscoelastic properties of soil.

Scientific novelty of the study is as follows:

mathematical model describing the generalized plane-strain state of earth dams under the influence of various effects taking into account moisture and inelastic properties of soil are developed;

a methodology and algorithm for estimating and forecasting stress-strain state of earth dams for the generalized plane-strain case, taking into account elastic, viscoelastic and moisture properties of soil are developed;

numerical method for solving the problems of moisture distribution along the body of earth dam has been improved by the finite element method;

The technique of an assessment of dynamic condition of earth dams taking into account viscoelastic properties of soil and expansion in natural oscillations modes of a dam is improved;

The method of assessment of strength and stress-strain state of operating dams (Pachkamar, Zaamin and Gissarak) have been developed on the basis of mathematical models describing the generalized plane-strain state of earth dams.

Implementation of research results. Based on results of the development of the methods for predicting and assessing stress-strain state of earth dams, taking into account moisture and inelastic properties of soil:

the methods for calculating the developed mathematical model for a generalized plane-strain state under the influence of various effects, taking into account elastic, viscoelastic and moisture properties of soil, are introduced in the dam of the Tupolang reservoir and in the JSC "Uzsuvloikha" for new projected earth dams at the Ministry of Agriculture and Water Resources of the Republic of Uzbekistan (04 / 27-1285 11/21/2017). The result of scientific research has made it possible to evaluate the strength of earth dams by numerical method;

an improved numerical method for calculating the moisture distribution of earth dams on the basis of the finite element method was introduced in JSC "UZGIP" at the Ministry of Agriculture and Water Resources of the Republic of Uzbekistan (04/27-1285, November 21, 2017). As a result of scientific research, the developed numerical method and algorithm enabled the accuracy of mathematical calculations;

the developed numerical method to assess strength and stress-strain state of operating dams (Pachkamar, Zaamin, Gissarak) on the basis of mathematical models expressing the generalized plane-strain state of earth dams was implemented in JSC "Uzsuvloyikha" for new projected earth dams at the Ministry of Agriculture and Water Resources of the Republic of Uzbekistan (04/27-1285

11/21/2017). As a result of scientific research, it became possible to test the strength of operating reservoirs dams and earth dams in the process of projecting.

Approbation of research results. The results of this study were discussed and approved at 8 international and 31 republican scientific and practical conferences.

Publication of research results. A total of 58 scientific papers were published on the theme of the dissertation, including 8 papers recommended for publication by the Higher Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan with the main scientific results of doctoral dissertations, of which 1 is published in foreign and 7 in national journals.

Structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, three chapters, conclusion, a list of references and appendix. The volume of the dissertation is 118 pages.

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works

1. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Б.Ш.Юлдошев Исследование напряженно-деформированного состояния грунтовых сооружений с учетом конструктивных особенностей и упруго-пластического деформирования грунта. //ФерПИ, научно-технический журнал –Ташкент. 2000 -№3/4. С.47-50 (05.00.00 №20)
2. Мирсаидов М., Маткаримов П., Юлдошев Б.Ш. Исследование неустановившихся вынужденных колебаний неоднородных грунтовых гидротехнических сооружений //УзР. Арх-стр., научно-технический журнал – Ташкент. 2001-№3/4 С.59-61 (05.00.00 №4)
3. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Юлдошев Б.Ш. Оценка динамики грунтовых плотин с учетом сложных свойств грунтов //ТашИИТ, ВЕСТНИК №2, - Ташкент. 2006 г. С.18-28 (05.00.00 №11)
4. Юлдошев Б., Уринов Б., Оценка распространения влаги в теле грунтовых плотин //ТашИИТ, ВЕСТНИК №2, -Ташкент, 2010 г. С.14-17 (05.00.00 №11)
5. Мирсаидов М., Султанов Т., Юлдошев Б. Конструктивные мероприятия для повышения прочности и сейсмостойкости грунтовых плотин //ТашИИТ, ВЕСТНИК №4, -Ташкент, 2010 г. С.10-14 (05.00.00 №11)
6. Мирсаидов М., Султанов Т., Юлдошев Б. Моделирование процесса нестационарного увлажнения грунта и расчет грунтовых сооружений при различных уровнях заполнения водохранилища //ТашИИТ, ВЕСТНИК №3, - Ташкент, 2011 г. С.19-23 (05.00.00 №11)
7. Мирсаидов М.М., Султонов Т.З., Ишматов А.Н., Юлдошев Б.Ш. Решение задач о нелинейных колебаниях для грунтовых плотин разложением по собственным формам колебаний //ТИКХММИ, Ирригация ва мелиорация журнал, - Тошкент, 2017 й. №2 сон. Б.28-33 (05.00.00 №22)
8. Мирсаидов М.М., Султанов Т.З., Абдикаримов Р.А., Ишматов А.Н., Юлдошев Б.Ш., Тошматов Э.С., Жураев Д.П. Прочностные параметры грунтовых плотин при различных динамических воздействиях //Инженерно-строительный журнал. Санкт-Петербург, Россия, 2018. №1 (77). С. 101-111 (01.00.00 №27)
9. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Юлдошев Б.Ш. Исследование динамического поведения грунтовых сооружений с учетом различных деформационных свойств и водонасыщенности грунтов //В журнале “Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений” -Москва 2005 г. №5, С.57-59
10. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Руми Д.Ф., Юлдошев Б.Ш. Поведение грунтовых сооружений при реальных статических и динамических воздействиях //Аннотации докладов восьмой Всероссийского съезда по теоретической и прикладной механике, 23-29 август 2001. –Пермь, 2001. -С.422.
11. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Юлдошев Б.Ш. Исследование свободных и вынужденных колебаний грунтовых сооружений с учетом упруго-пластических свойств среды и влажности грунтов. //Тезисы докладов IV Российская национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию с международным участием, 9-13 октября 2001, -Москва 2001. - С.149

12. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Юлдошев Б.Ш. Исследование динамического поведения грунтовых сооружений с учетом различных деформационных свойств и водонасыщенности грунтов //Тезисы докладов VI Российская национальная конференция по сейсмостойкому строительству и сейсмическому районированию с международным участием, 19-24 сентября 2005. – Москва. 2005. -С.41-42

13. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Султанов Т.З., Юлдошев Б.Ш. Исследование напряженно-деформированного состояния грунтовых сооружений с учетом влажности и неупругих свойств грунта //Материалы Международной научно-технической конференции "Современные проблемы и перспективы механики" 17-18 май 2006. –Ташкент. 2006. -С.306-309

14. Мирсаидов М., Юлдошев Б., Бурханова С. Оценка напряженного состояния грунтовых плотин при различном уровне заполнения водохранилища и увлажнении грунта //Труды международной научной конференции «Актуальные проблемы науки и образования в современных условиях» I-том, -Шымкент. 2008. - С.114-115.

15. Мирсаидов М., Султонов Т., Юлдошев Б.Ш. К вопросу оценки распространения влажности в теле грунтовых плотин //”Глобаллашув шароитида сув хўжалигини самарали бошқариш муаммолари ва истиқболлари” мавзусидаги Халқаро илмий амалий анжумани, 11-12 апрел 2017. –Тошкент.2017. –Б.165-169

16. Ишматов А.Н., Ярашов Ж.А., Мирсаидов М.М., Юлдошев 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». 16-17 июня 2017. – Самарканд. 2017. -С.400-402.

17. Мирсаидов М., Руми Д.Ф., Султонов Т.З., Юлдошев Б.Ш. Свободные колебания грунтовых плотин с учетом упругопластического деформирования материала //Орол денгизи хавзасидаги сувлардан фойдаланиш ва сув манбаларини бошқариш масалалари маърузалар тўплами -Тошкент, 1999. - С.288.

18. Юлдошев Б.Ш. Алгоритм решения статической задачи для грунтовых сооружений с учетом влажности. //Доклады и тезисы Республиканской научной конф. "Современные проблемы алгоритмизации программирования, Институт Кибернетика, 5-7 сентября 2001. –Ташкент. 2001. -С.206-207

19. Маткаримов П.Ж., Юлдошев Б.Ш. Исследование поведения грунтовых сооружений при различных внешних воздействиях //Доклады и тезисы Республиканской научно-технической конференции "Современные проблемы механики" 29-31 октября 2001. -Ташкент-Самарканд. 2001. –С.250-253

20. Маткаримов П.Ж., Юлдошев Б.Ш. Влияние нелинейного закона деформирования грунтов на напряженно-деформированное состояние плотины из грунтовых материалов //”Янги технологиялар - иқтисодий тараққийётнинг асосий омили” мавзусидаги Республика илмий-амалий конф. материал -Наманган. 2003. - Б.63-66

21. Маткаримов П.Ж., Юлдошев Б.Ш. Исследование напряженно-деформированного состояния плотин из грунтовых материалов за пределами упругости //”ЎЗР жанубий минтақасида ишлаб чиқаришни механика фани ютуқлари ва таълим билан ўзаро интеграциялашувнинг ҳолати ва истиқболлари”

Република илмий-амалий ва услубий конф. материал. тўплами, 2003 йил 2-3 май I жилд. -Карши, 2003. -Б.81-82

22.Мирсаидов М., Юлдошев Б.Ш. Исследование прочности плотин с учетом предельно напряженного состояния грунтов //Сборник тезисов научно-практической конференции на тему “Современные проблемы водного и сельского хозяйства”, 28-29 апреля 2006. –Ташкент. 2006. –С.57-58

23.Султонов Т.З., Юлдошев Б.Ш. Исследование упруго-пластического деформирования грунтовых сооружений. Сборник тезисов научно-практической конференции на тему //“Современные проблемы водного и сельского хозяйства”, 28-29 апреля 2006. –Ташкент. 2006. -С.84

24.Мирсаидов М., Султанов Т.З., Юлдошев Б.Ш. Оценка динамического поведения и напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин при реальном сейсмическом воздействии. //“Ўзбекистон сув хўжалиги ва мелиорацияси соҳасида бозор муносабатларини жорий қилиш муаммолари” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани. –Тошкент. 2006. –Б.110-114

25.Мирсаидов М., Годованников А.М., Юлдошев Б.Ш. Влияние водонасыщенности грунтов земляной плотины на сеймонапряженное состояние //Материалы Респуб. научно-практ. конф. “Проблемы надёжности и безопасности гидротехнических сооружений” 22-23 ноябрь 2006. –Ташкент. 2006. -С.224-225

26.Мирсаидов М., Годованников А.М., Юлдошев Б.Ш. Расчет устойчивости и деформации откосов грунтовых плотин при сейсмических воздействиях //Материалы Респуб. научно-практ. конф. “Проблемы надёжности и безопасности гидротехнических сооружений” 22-23 ноябрь 2006. –Ташкент. 2006. -С.191-192

27.Султанов Т.З., Юлдошев Б.Ш. Исследование напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин при сейсмическом воздействии //ЎЗР мустақиллигининг 16 ижтимоий ҳимоя йилига бағишланган “Сув ва қишлоқ хўжалигининг замонавий муаммолари” мавзусидаги VI-илмий-амалий анжуманининг мақолалар туплами, I-қисм, -Тошкент. 2007. –Б.169-171

28.Султанов Т., Юлдошев Б., Бектемиров Г. Оценка поля увлажненности в грунтовых плотинах Научно-практическая конференция одарённых студентов и молодых ученых //Посвященная году молодёжи на тему «Современные проблемы использования земельного и водных ресурсов в условиях дефицита водных ресурсов и перехода рыночной экономики», 16-17 мая 2008 г.

29.Султанов Т.З., Юлдошев Б.Ш., Бурханова С. Влияние временного фактора и уровня заполнения водохранилища на распределение увлажненности в грунтовых плотинах //Материалы научно-технической конференции по проблемам наземных транспортных систем с участием зарубежных ученых. 29-31 мая 2008. Часть-I. –Ташкент. 2008. -С.88-91

30.Султонов Т., Юлдошев Б., Аманов Н. Исследование колебаний грунтовых плотин при стационарных воздействиях с учетом вязкоупругих свойств грунта, //Материалы Республиканской научно - технической конференции. 16-17 сентября 2009. –Ташкент. 2009. -С.69-73

31.Юлдашев Б.Ш. Некоторые технологические и инженерные решения повышающие надежность работы грунтовых плотин. //«Ёр ресурсларидан самарали фойдаланиш ва уларни муҳофаза қилишнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги Република илмий-амалий анжумани, ТИМИ, Тошкент, 2011 йил 320-322 бетлар.

32.Султанов Т., Юлдашев Б., Уринов Б. Некоторые факторы, влияющие на повреждения грунтовых плотин при сейсмических воздействиях, «Ёр

ресурсларидан самарали фойдаланиш ва уларни муҳофаза қилишнинг долзарб муаммолари» мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани, 20-21 май 2011. – Тошкент. 2011. –Б.314-315

33. Юлдашев Б.Ш., Султанов Т.З., Руми Д.Ф., Тошматов Э. Использование сейсмопоясов для повышения устойчивости откосов грунтовых плотин. //Республиканской научно-технической конференции “Современные проблемы строительной механики в комплексе железнодорожного транспорта” ТашИИТ, - Ташкент. 2011. -С.115-117

34. Уринов Б.Х., Султанов Т.З., Юлдашев Б.Ш., Ярашев Ж., Тошматов Э. Определение собственных частот колебаний гравитационной плотины с учетом влияние водной среды водохранилища //Республиканской научно-технической конференции “Современные проблемы строительной механики в комплексе железнодорожного транспорта” ТашИИТ, -Ташкент. 2011. -С.

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

36. Султанов Т.З., Юлдашев Б.Ш., Тошматов Э. Оценка напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин под действием собственного веса сооружения на основе плоских и пространственных моделей //”Гидротехника иншоотларининг самарадорлигини, ишончилигини ва хавфсизлигини ошириш” мавзусидаги Республика илмий амалий анжумани, -Тошкент. 2013. –Б.224-230

37. Ярашов Ж.А., Мирсаидов М.М., Мавлонов Т.М., Юлдошев 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.

38. Мирсаидов М.М., Ишматов А.Н., Юлдошев Б.Ш. Решение задач динамики сооружений методом Ньюмарка //Архитектура – қурилиш фани ва давр. Республика илмий - амалий анжумани материаллари, 2 - қисм, ТАҚИ, -Тошкент. 2017. –Б.145-148

39. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Султанов Т.З., Юлдошев Б.Ш. ЭХМ учун "Namlik.for" //ЎЗР Давлат патент идораси. Гувоҳнома №DGU 00331, 06.06.2000 й.

40. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Юлдошев Б.Ш. ЭХМ учун "Seismika. for" //ЎЗР Давлат патент идораси. Гувоҳнома №DGU 00431, 09.07.2001 й.

41. Мирсаидов М., Юлдошев Б., Султанов Т. ЭХМ учун "PL-VYAUP. FOR" //ЎЗР Давлат патент идораси. Гувоҳнома №DGU 01585, 22.09.2008 й.

42. Мирсаидов М., Султанов Т.З., Юлдошев Б.Ш. ЭХМ учун "Plot-ust.for" //ЎЗР Давлат патент идораси. Гувоҳнома №DGU 01235, 20.02.2007 й.

43. Мирсаидов М., Маткаримов П.Ж., Султанов Т.З., Юлдошев Б.Ш. ЭХМ учун "Gid-stat.for" //ЎЗР Давлат патент идораси. Гувоҳнома №DGU 01236, 20.02.2007 й.

44. Мирсаидов М., Руми Д.Ф., Султанов Т.З., Юлдошев Б. ЭХМ учун "PL-UVL.FOR" //ЎЗР Давлат патент идораси. Гувоҳнома №DGU 01537, 19.06.2008 й.

45. Мирсаидов М., Юлдошев Б., Султанов Т., Тошматов Э. ЭХМ учун "VYA-ACHX. FOR" //ЎЗР Давлат патент идораси. Гувоҳнома №DGU02137, 31.01.2011 й.

46. Султонов Т., Руми Д., Юлдошев Б., Тошматов Э. ЭХМ учун Static-steady.for //ЎЗР Давлат патент идораси Гувоҳнома №DGU 03050, 24.02.2015 й.

Автореферат «ИРРИГАЦИЯ ВА МЕЛИОРАЦИЯ» илмий журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус, инглиз (резюме) тилларидаги матнлари мослиги текширилди (11.05.2018 й.).

Босишга рухсат этилди: 06. 06. 2018 йил
Бичими 60x45 ¹/₈, «Times New Roman»
гарнитурда рақамли босма усулида босилди.
Шартли босма табоғи 3,2. Адади: 100. Буюртма: № 139.

ТТЕСИ босмахонасида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Шохжаҳон кўчаси, 5-уй.

